

Influencia de los parámetros meteorológicos en la dispersión de esporas de las especies de *Alternaria* Nees ex Fr.

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

En este trabajo se ha analizado la dispersión de conidios de *Alternaria* en la atmósfera de la ciudad de Badajoz durante el período comprendido entre mayo de 1993 y agosto de 1995 mediante el empleo de un captador tipo Hirst, modelo Burkard. Se analiza la dinámica de dispersión tanto estacional como horaria, detectándose los máximos niveles en los meses de junio y julio y alcanzándose niveles máximos diarios de entre 400-600 e/m³ en los años 1993 y 1994 y de casi 1700 e/m³ en 1995. La variación intradiurna muestra dos franjas horarias de máximas concentraciones, comprendidas entre las 8-12 horas y las 19 y 20 horas y presentando en general una tendencia a dispersarse durante las horas diurnas.

Las concentraciones medias diarias se correlacionan con los valores diarios de algunos parámetros meteorológicos, obteniéndose una asociación de signo positivo con las temperaturas máximas, mínimas y medias, vientos de componente noroeste, temperatura de punto de rocío y tensión de vapor, mientras que los parámetros precipitación, humedad relativa, calmas y vientos de componente sureste se hallan correlacionados de forma negativa.

M. M. PAREDES; J. F. MARTÍNEZ, I. SILVA y A. F. MUÑOZ: Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura Badajoz.

R. TORMO: Facultad de Ciencias. Universidad de Extremadura. Badajoz.

Palabras clave: *Alternaria*, Aeromicrología, esporas, dispersión, parámetros meteorológicos.

INTRODUCCIÓN

El primer suceso en la propagación de una enfermedad fúngica es la formación y liberación de los propágulos (esporas, esporangios y fragmentos miceliales), que son transportadas principalmente a través del aire y que al depositarse sobre el huésped vegetal comienzan a desarrollar la enfermedad actuando a la vez como una nueva fuente de inóculos. La presencia de tales unidades de diseminación en la atmósfera puede ser detectada gracias a técnicas aerobiológicas, que permiten conocer en cualquier día y hora la concentración de dichos propágulos en el aire y estudiar su relación o dependencia de ciertos parámetros meteorológicos, y

con ello orientar hacia el uso eficaz de fungicidas e incluso con el propósito de una predicción del desarrollo de la enfermedad en cultivos ya establecidos (MONTESINOS *et al.*, 1995, BUGIANI *et al.*, 1996).

La posible utilidad de estas técnicas aerobiológicas como herramientas preventivas ha sido comprobada en diversos hongos fitopatógenos, teniendo en cuenta la relación entre la presencia de esporas fitopatógenas, condiciones climáticas y el brote epidémico (PONTI y CAVANNI, 1992). El conocimiento de la concentración de ascosporas de *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter, causante de la roña del manzano, se ha relacionado con el factor precipitación y se ha podido comprobar su aplicación en la prevención de in-

fecciones, (PONTI y CAVANNI, 1992). PICCO (1992), también afirma que un cierto nivel en la concentración de esporangios de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary es suficiente para el desarrollo del mildiu en cultivos de tomates. En el caso de *Alternaria porri* (Ellis) Cif, EVERTS y LACY (1990a y b) observan que la aparición de la enfermedad en los ejemplares cultivados se encuentra precedido en muchos casos por la presencia de grandes cantidades de conidios en la atmósfera.

La mayoría de los hongos patógenos pertenecen al grupo de los Hongos Imperfectos, que incluye, entre otros, al género *Alternaria* con numerosas especies de marcado interés en Fitopatología. Entre éstas destacan *Alternaria brassicae* (Berk.) Sacc., *A. brassicicola* (Schw.) Wiltshire y *A. raphani* que causan el negrón sobre diversas crucíferas, *A. chartarum* Preuss., que aparece sobre los cítricos, *A. radicina* Meire, Drechsler & Eddy que incide sobre las zanahorias, apio, eneldo, *A. porri* (Ellis) Cif. sobre ajo, cebollas y otras especies del género *Allium* causando manchas púrpuras y *A. solani* Sorauer, en patata, tomate y otras solanáceas (SMITH *et al.*, 1992).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la recogida de conidios aerovagantes, se empleó un captador tipo Hirst, modelo Burkard, analizándose el período comprendido entre el 14 de mayo de 1993 y el 15 de agosto de 1995. Dicho captador se encuentra situado en la Escuela de Ingenierías Agrarias de Badajoz, a 6 m sobre el terreno y alejado de edificios y árboles altos. Las muestras fueron analizadas al microscopio óptico a 1000 aumentos y la identificación de los conidios estuvo basada en sus caracteres morfológicos constrandéndolos con las obras de SMITH (1984 y 1986), NILSSON (1983), BASSET *et al.*, (1978) y ELLIS (1993).

El análisis de las muestras permitió estimar las concentraciones medias, expresadas en esporas/m³, tanto diarias como horarias,

en base al flujo de aire que succiona el captador (10 l/min), y con ellas se elaboraron calendarios y horarios para los tres años estudiados, 1993, 1994 y 1995, teniéndose en cuenta para los horarios los días en que hubo presencia de esporas, calculándose las medias horarias junto con su intervalo de confianza al 95%.

También se llevó a cabo un test de correlación simple en el que se analizaba la variación conjunta de las concentraciones medias diarias de esporas junto con los valores diarios de algunos parámetros meteorológicos: precipitación (mm), temperatura máxima, mínima y media (°C), humedad relativa (%), recorrido del viento (Km), calmas (horas), y vientos procedentes de los cuadrantes 1 (NE), 2 (SE), 3 (SW), 4 (NW), temperatura de punto de rocío (°C) y tensión de vapor (HPal), todos ellos proporcionados por el Centro Meteorológico de Badajoz.

RESULTADOS

Las esporas de *Alternaria* se encuentran presentes en la atmósfera de Badajoz durante todo el año (figura 2) siendo junio y julio los meses que presentan mayores niveles (cuadro 1). Tras éstos aparece un descenso progresivo hasta noviembre, presentándose a continuación una época de mínimos niveles, de diciembre a abril, tras los cuales se observa un aumento brusco de las concentraciones en mayo. Las máximas concentraciones registradas en 1993 fueron de 565 e/m³ el día 15 de junio, en 1994 fue el día 20 de mayo con 450 e/m³ y en 1995 el día 11 de julio con 1635 e/m³.

En cuanto a su horario *Alternaria* aparece durante las horas diurnas, presentando dos máximos, uno entre las 8 y 12 horas y otro entre las 19 y 20 horas, (figura 3) situándose entre ambos una pequeña disminución de las concentraciones. Las mínimas se sitúan entre las 0 y las 7 horas.

Los resultados del análisis del test de correlación permiten observar que las concentraciones diarias de esporas de *Alternaria*

Fig. 1.-Espora *Alternaria*.Cuadro 1.-Concentraciones medias mensuales (esporas/m³) de *Alternaria* en los tres años de estudio, indicándose además la media calculada a partir de éstas

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1993	-	-	-	-	75,6	146,0	137,4	51,7	72,0	33,2	12,9	4,8
1994	4,3	2,3	6,8	7,0	92,0	134,3	92,4	46,8	25,0	45,8	21,1	11,0
1995	5,0	5,6	7,6	6,1	80,3	193,7	194,4	42,9	-	-	-	-
Medias	4,7	4,0	7,2	6,6	82,6	158,0	141,4	47,1	48,5	39,0	17,0	7,9

muestran una correlación significativa e inversa con respecto al parámetro precipitación en los dos primeros años de estudio, mientras que en 1995 no se ha podido establecer ningún tipo de asociación (cuadro 2). Este hecho se puede apreciar en la figura 4 donde se observa que prácticamente los máximos niveles de este tipo se recogen en épocas de escasa o nula precipitación coincidentes con los meses de junio y julio. Además muestra en los tres años analizados correlaciones significativas y negativas con

la humedad relativa (figura 4) y positiva con el punto de rocío y la tensión de vapor. Con referencia a las temperaturas presentan unas correlaciones significativas y positivas, tanto para las temperaturas máximas, mínimas y medias. De igual forma este hecho se aprecia en la figura 4, en la que se observa que las concentraciones diarias superan las 300 e/m³ cuando las temperaturas medias alcanzan valores en torno a los 15°-20°. Del mismo modo, existe una correlación significativa y negativa durante 1993 y 1994 entre

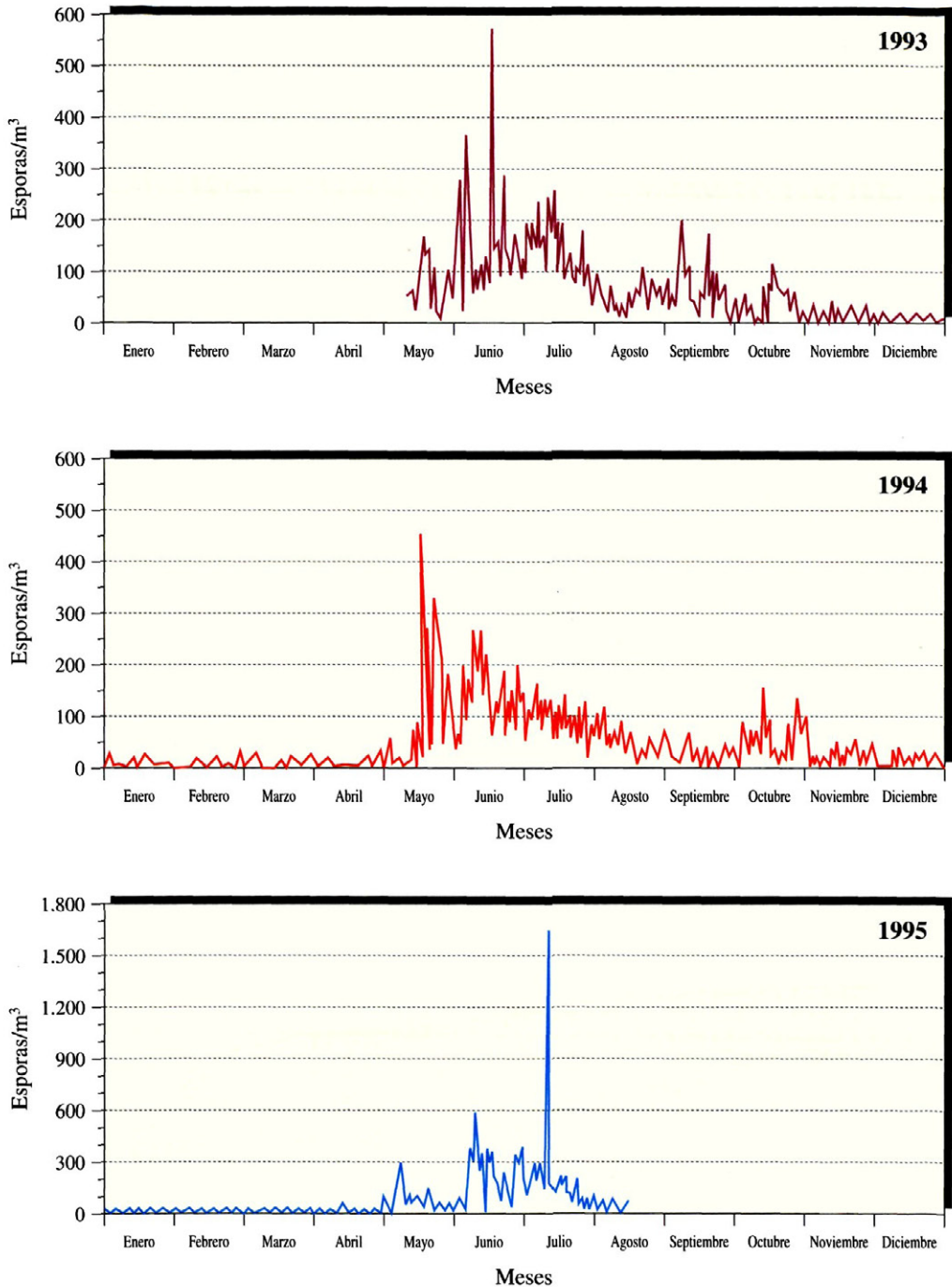


Fig. 2.—Variación de las concentraciones diarias de las esporas de *Alternaria* a lo largo de los doce meses anuales en los tres años de estudio

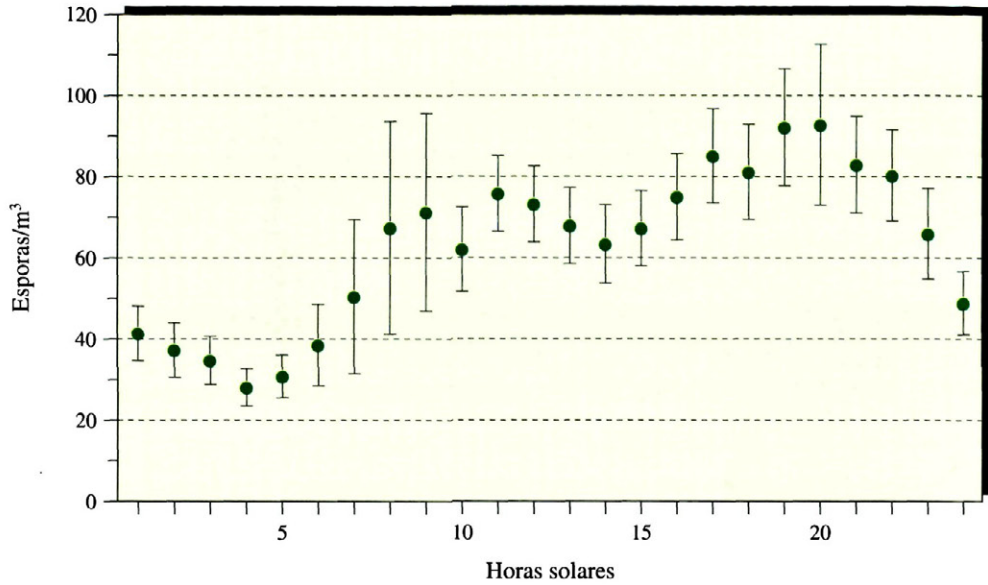


Fig. 3.-Variaciones de la concentración de esporas de *Alternaria* frente a las horas solares en la atmósfera de Badajoz. Se representa la media junto con el intervalo de confianza al 95%

Cuadro 2.-Matriz de correlación de las concentraciones de esporas de *Alternaria* durante 1993, 1994 y 1995, y los distintos parámetros meteorológicos. Se indica el valor de la correlación (r) y la probabilidad de que r = 0 (p) (en negrita aparecen las correlaciones significativas p ≤ 0,05, y se indica el número de días estudiados en cada año)

Parámetros	1993 n = 232		1994 n = 365		1995 n = 227	
	r	p	r	p	r	p
Precipitación	-0,1667	0,0110	-0,1228	0,0210	0,0160	0,8110
Humedad relativa	-0,5197	0,0000	-0,3742	0,0000	-0,2066	0,0020
Temperatura máxima	0,5204	0,0000	0,4788	0,0000	0,3324	0,0000
Temperatura mínima	0,4750	0,0000	0,4969	0,0000	0,3687	0,0000
Temperatura media	0,5202	0,0000	0,4969	0,0000	0,3687	0,0000
Recorrido del viento	0,0812	0,2180	0,0726	0,1710	0,0904	0,1770
Calmas	-0,1905	0,0040	-0,1332	0,0120	-0,1211	0,0700
Vientos cuadrante 1	-0,0207	0,7540	-0,0377	0,4780	-0,1526	0,0220
Vientos cuadrante 2	-0,1697	0,0100	-0,1687	0,0010	-0,0137	0,0410
Vientos cuadrante 3	-0,0650	0,3240	0,0137	0,7970	0,1285	0,0550
Vientos cuadrante 4	0,2609	0,0000	0,1599	0,0020	0,0956	0,1540
Punto de rocío	0,3764	0,0000	0,3526	0,0000	0,3529	0,0000
Tensión de vapor	0,3775	0,0000	0,3627	0,0000	0,3638	0,0000

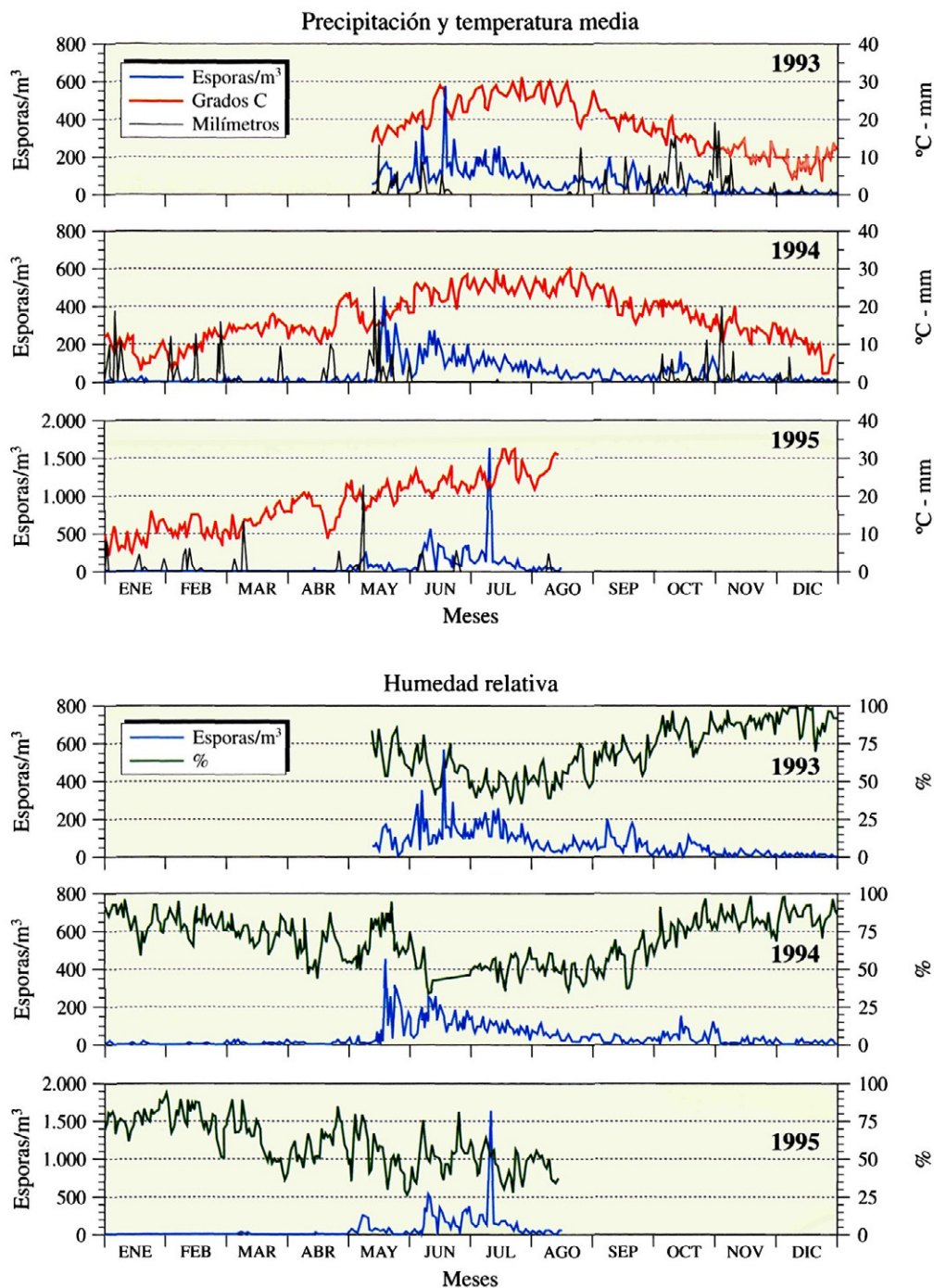


Fig. 4.—Variaciones de las concentraciones diarias de esporas de *Alternaria* junto con los valores diarios de temperaturas medias, precipitaciones y humedad relativa en los tres años de estudio

las concentraciones diarias de esporas y las calmas diarias (cuadro 2). Asimismo aparecen correlaciones significativas con las direcciones de los vientos, siendo negativa con el cuadrante 2 (dirección SE) en los tres años y positiva con el opuesto, el cuadrante 4 (dirección NW), en los dos primeros años estudiados. En relación a la dirección de los vientos, los de componente SE proceden de zonas con grandes encinares y pastizales, mientras que los de componente NW atraviesan áreas dedicadas a regadíos con cultivos que precisamente parasita este género, lo que parece confirmar las correlaciones y sus signos obtenidos con estos factores.

Los parámetros punto de rocío (cuadro 2) y tensión de vapor se hallan igualmente correlacionados significativamente y positivamente con las concentraciones medias de conidios.

DISCUSIÓN

Se ha podido constatar la presencia continua de *Alternaria* en la atmósfera de Badajoz a lo largo de todo el año, teniendo una época de máxima esporulación y dispersión de sus conidios coincidentes con el comienzo del verano, época de escasas precipitaciones, temperaturas moderadas y una humedad relativa intermedia del 50% (cuadro 2, figura 4). Este patrón es similar al encontrado en zonas con un clima semejante al de Badajoz (NOGALES *et al.* 1986; FERNÁNDEZ *et al.* 1993; DÍAZ *et al.* 1996; JATO *et al.*, 1996 y BALLERO *et al.*, 1992). En Murcia, MUNUERA y CARRIÓN (1995) realizando un trabajo monográfico sobre el comportamiento diario de *Alternaria* en aquella ciudad y su relación con los parámetros meteorológicos, encuentran además una correlación positiva con la velocidad del viento e insolación y negativa con la presión máxima, mínima y media y dirección del viento, y TRUJILLO (1988) afirma que tanto la velocidad del viento como su dirección parecen influir en las variaciones de concentración

de *Alternaria*, como igualmente lo hace la precipitación.

Sin embargo en aquellas zonas que se sitúan a una mayor latitud, las medias mensuales máximas se encuentran desplazadas hacia meses propiamente estivales como agosto, como lo atestiguan LARSEN y GRAVESEN (1991), HJELMROOS (1993) EBNER *et al.* (1992). LI y KENDRICK (1995) encuentran además una relación positiva entre altas concentraciones de *Alternaria* y vegetación mediante correlación múltiple de correspondencia. EVERTS y LACY, (1990a y b) observan que la concentración de conidios de *A. porri* en el aire del interior de un cultivo de cebollas está influenciada por diversos parámetros meteorológicos, entre ellos se encuentran correlacionados de forma directa el déficit de presión de vapor, la humedad relativa y condiciones prolongadas de rocío. En áreas localizadas en latitudes bajas, que presentan un clima tropical o desértico, la temperatura no es un factor limitante, pero sí la precipitación y la humedad relativa de forma que este tipo de conidio parece evitar los meses veraniegos y tiende a aparecer en los meses previos o posteriores a esta estación, bien debido a la actuación del monzón (en el primer caso) o bien por las tórridas temperaturas que se registran en esa época. Así lo confirman los trabajos de ABDEL-HAFEZ *et al.* (1993), DUPONT *et al.* (1967), GOODMAN *et al.* (1966), BHAT y RAYASAB (1989) y SATHEESH y RAO (1994).

Su variación horaria con una marcada tendencia a la dispersión durante las horas diurnas, puede ser debido posiblemente al progresivo aumento y descenso respectivo de la temperatura y humedad ambiental. Observaciones parecidas han sido apuntadas por FERNÁNDEZ *et al.* (1996) quien detecta máximos niveles entre las 12 y 14 horas, al igual que lo observan VITTAL y KRISHNA-MOORTHY (1981), ADAMS (1964) y EVERTS y LACY (1990b), estos últimos en el interior de un cultivo de cebollas.

Todas estas diferencias encontradas en los patrones estacionales y horarios observados

en diferentes áreas biogeográficas y climáticas, pone de manifiesto la influencia e importancia de los parámetros meteorológicos sobre la liberación y transporte aéreo de los propágulos de *Alternaria* (RICCI *et al.*,

1995) y confirman la gran importancia de la información climática de cualquier zona de cultivo en relación con la prevención y/o predicción del desarrollo de patologías vegetales.

ABSTRACT

PAREDES, M. M.; MARTÍNEZ, J. F.; SILVA, I.; TORMO, R. y MUÑOZ, A. F., 1997: Influencia de los parámetros meteorológicos en la dispersión de esporas de las especies de *Alternaria* Nees ex Fr. *Bol. San. Veg. Plagas*, **23**(4): 541-549.

On this work *Alternaria* conidia dispersion in the atmosphere of Badajoz city is studied between May 1993 and August 1995 and carried out using a Burkard spore trap. Seasonal and daily dispersion were analyzed, reaching a maximum spore concentration level of 400-600 s/m³ (spores/m³) in 1993 and 1994, whereas in 1995 a level of about 1700 s/m³ was detected. Daily periodicities of conidia showed two maximum peaks, between 8 and 12 hours and the other one around 19-20 hours, with a mainly diurnal pattern.

Correlation test results with meteorological parameters indicated a positively association with maximum, minimum and media temperatures, Northwestern winds, dew point and vapor pressure, while rainfall, humidity, calms and Southeastern winds were correlated negatively.

Key words: *Alternaria*, Aeromicrobiology, spores, dispersion, meteorological parameters.

REFERENCIAS

- ABDEL-HAFEZ, S. I. I.; A. A. H. MOUBASHER y A. BARAKAT, 1993: Seasonal variations of fungi of outdoor air and sedimented dust at Assiut region, Upper Egypt. *Grana* **32**: 115-121.
- ADAMS, K. F., 1964: Year to year variation in the fungus spore content of the atmosphere. *Acta Allergologica* **19**: 11-50.
- BALLERO, M.; N. DE GIOANNIS; G. GORETTI; S. LOMBARDINI y G. FRENGU, 1992: Comparative study about airborne spores in Cagliari and Perugia. *Aerobiologia* **8**(1): 141-147.
- BARTZOKAS, C. A., 1975: Relationship between the meteorological conditions and the air-borne fungal flora of the Athens metropolitan area. *Mycopathologia* **57** (1): 35-38.
- BASSET, I. J.; C. W. CROMPTON y J. A. PARMELEE, 1978: An Atlas of airborne pollen grains and common fungus spores of Canada. *Canada Department of Agriculture*. Quebec.
- BHAT, M. M. y A. H. RAJASAB, 1989: Efficiency of vertical cylinder spore trap and seven day volumetric spore trap in monitoring airborne pollen and fungal spores. *Grana* **27**: 147-153.
- BUGIANI, R.; P. GOVONI; T. CAVANNI y P. PONTI, 1996: Aerobiological network as a part of Warning systems for plants protection in Emilia-Romagna, Italy. *1^{er} Simposio europeo de Aerobiologia* pp 154-155. Santiago de Compostela.
- DÍAZ, C.; S. SABARIEGO y F. ALBA, 1996: Variación anual del contenido de esporas en la atmosfera de Granada. Datos de 1994. *1^{er} Simposio europeo de Aerobiologia* pp 144. Santiago de Compostela.
- DUPONT, E.; R. C. FIELD, C. R. LEATHERS y W. T. NORTHEY, 1967: A survey of the airborne fungi in the Albuquerque, New Mexico metropolitan area. *Journal of Allergy* **39** (4): 238-244.
- ELLIS, M. B., 1993: *Dematiaceous Hyphomycetes*. International Mycological Institute. Surrey, England.
- EBNER, M. R.; K. HASELWANDTER y A. FRANK, 1992: Indoor and outdoor incidence of airborne fungal allergens at low and high altitude alpine environments. *Mycological Research* **96** (2): 117-124.
- EVERTS, K. L. y M. L. LACY, 1990a: The influence of dew duration, relative humidity and leaf senescence on conidial formation and infection of onion by *Alternaria porri* *Phytopathology* **80** (11): 1203-1207.
- EVERTS, K. L. y M. L. LACY, 1990b: Influence of environment on conidial concentration of *Alternaria porri* in air on purple blotch incidence on onion. *Phytopathology* **80**: 1387-1391.
- FERNÁNDEZ, D.; M. SUÁREZ-CERVERA; T. DÍAZ y R. VALENCIA, 1993: Airborne pollen and spores of Leon (Spain). *Int. Journal of Biometeorology* **37**: 89-95.
- FERNÁNDEZ, D.; R. VALENCIA; T. MOTLAR; A. VEGA y E. SAGÜES, 1996: Variaciones estacionales e intra-

- diurnas de las esporas de *Alternaria* y *Cladosporium* en la ciudad de León. 1^{er} Simposio europeo de *Aerobiología* pp138-139. Santiago de Compostela.
- GOODMAN, D. H.; W. T. NORTHEY; C. R. LEATHERS y T. H. SAVAGE, 1966: A study of airborne fungi in the Phoenix, Arizona, metropolitan area. *Journal of Allergy* **38** (1): 56-62.
- HJELMROOS, M., 1993: Relationship between airborne fungal spore presence and weather variables. *Grana* **32**: 40-47.
- JATO, V.; R. DÍAZ; J. MÉNDEZ y I. IGLESIAS, 1996: Comparative study of *Cladosporium* and *Alternaria* between a rural and an urban area. 1^{er} Simposio europeo de *Aerobiología* 136-137. Santiago de Compostela.
- LARSEN, L. y S. GRAVESEN, 1991: Seasonal variation of outdoor airborne viable microfungi in Copenhagen, Denmark. *Grana* **30**: 467-471.
- LI, D. W. y B. KENDRICK, 1995: A year-round outdoor aeromycological study in Waterloo, Ontario, Canada. *Grana* **34**: 199-207.
- MONTESINOS, E.; C. MORAGREGA; I. LLORENTE; P. VILARDELL y S. BRUNELLI, 1995: Development and evaluation of an infection model for *Stemphylium vesicarium* on pear based on temperature and wetness duration. *Phytopathology* **85** (5): 586-592.
- MUNUERA, M. y J. S. CARRIÓN, 1995: Daily variations of *Alternaria* spores in the city of Murcia (semi-arid southeastern Spain). *International Journal of Biometeorology* **38**: 176-179.
- NILSSON, S., 1983: *Atlas of airborne fungal spores in Europe*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- NOGALES, M. T.; E. DOMÍNGUEZ, C. GALÁN y E. RUIZ DE CLAVIJO, 1986: Variación estacional del contenido en esporas del género *Alternaria* Nees ex Fr. en el aire de la ciudad de Córdoba (España). *Allergy et Immunopathology* **14** (2): 115-119.
- PONTI, I. y P. CAVANNI, 1992: Aerobiology in plant protection. *Aerobiologia* **8**: 94-101.
- PICCO, A. M., 1992: Presence in the atmosphere of vine and tomato pathogens. *Aerobiologia* **8**: 459-463.
- RICCI, S.; M. BRUNI; A. MERIGGI y R. CORSICO, 1995: Aerobiological monitoring of *Alternaria* fungal spores: a comparison between surveys in 1992 and 1993 and local meteorological conditions. *Aerobiologia* **11**: 195-199.
- SATHEESH, R. P. y G. R. RAO, 1994: Fungal spore concentrations in the air at Tiruchirapalli (India) 1987-1988. *Aerobiologia* **1** (10): 71-77.
- 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; D. H. PHILLIPS; R. A. LELLIOTT y S. A. ARCHER, 1992: *Manual de enfermedades de las plantas*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- TRUJILLO, M. D., 1988: Identificación, cuantificación y variación estacional de la aeromicroflora de Córdoba. Evaluación de muestreadores volumétricos. Tesis de Licenciatura. Córdoba.
- VITTAL, B. P. R. y K. KRISHNAMOORTHY, 1981: Air spores of an agricultural farm in Madras, India. *Grana* **20**: 61-64.

(Aceptado para su publicación: 4 septiembre 1997).