

## PRESENCIA DE ESPORAS DE *USTILAGO* (BASIDIOMYCETES) EN EL AIRE DE BADAJOZ

Paredes, M.M.\*; Martínez, J.F.\*; Muñoz, A.F.\*;  
Tormo, R.\*\* & Silva, I.\*

\* Departamento de Biología y Producción de los Vegetales,  
Escuela de Ingenierías Agrarias, crta. de Cáceres s/n. Badajoz 06071.

\*\* Departamento de Biología y Producción de los Vegetales,  
Facultad de Ciencias, Universidad de Extremadura,  
Avda. de Elvas s/n. Badajoz 06070.

(Manuscrito recibido el 3 de Septiembre de 1997, aceptado el 20 de Mayo de 1998)

**RESUMEN:** Se estudia en este trabajo la dinámica estacional y horaria de tres tipos de esporas de *Ustilago* en la atmósfera de Badajoz, empleándose un captador Burkard y analizándose el período comprendido entre el 13 de mayo de 1993 y el 15 de agosto de 1995. Las máximas concentraciones aparecieron entre los meses de abril y agosto coincidentes con la época de crecimiento de los cultivos cerealistas de la zona, alcanzándose unos niveles máximos de 829 esporas/m<sup>3</sup> para el tipo *U. maydis*, de 383 esporas/m<sup>3</sup> para el tipo *U. avenae*, y de 772 esporas/m<sup>3</sup> para el tipo *Ustilago* sp.. La curva de variación intradiurna mostró un patrón con dos picos máximos alrededor de las 11 horas y el otro alrededor de las 17-23 horas. Los resultados del test de correlación de Pearson mostraron unas correlaciones significativas y positivas con las temperaturas máximas, mínimas y medias además de la temperatura de punto de rocío y negativa con la humedad relativa y períodos de calmas. **PALABRAS CLAVE:** esporas, aeromicología, *Ustilago*, Badajoz, parámetros meteorológicos

**SUMMARY:** The aim of this work was to study seasonal and daily occurrence patterns in the air of Badajoz city from May 1993 to August 1995. The survey was carried out using a Burkard spore trap. Seasonal pattern showed a mainly maximal spore concentration trend between April and August in agreement with growing season of some cereal crops in the study area. Maximum levels of 829 spores/m<sup>3</sup> for *U. maydis* type, 383 spores/m<sup>3</sup> for *U. avenae* type and about 772 spores/m<sup>3</sup> for *Ustilago* sp. type were reached. Daily rhythms exhibited an overall pattern with maximum peaks at 11 hours and another one around 17-23 hours. Pearson's correlation test results between daily concentration values and some meteorological factors, indicated a positive association with maximum, minimum and media temperatures as well as dew point whereas calms and vapour pressure were negatively correlated.

**KEY WORDS:** Spores, aeromycology, *Ustilago*, Badajoz, meteorological parameters.

### INTRODUCCIÓN

Las especies del género *Ustilago* Roussel son responsables de gran número de enfermedades en los cultivos agrícolas denominadas carbones, actuando principalmente sobre las gramíneas, destacándose, entre otras, las especies *Ustilago avenae* (Pers.)

Rostrup, causante de carbón en avena, *U. cynodontis* (Pass.) Henn., que ataca a *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *U. hordei* (Pers.) Lagerh., causante del carbón de la cebada y la avena, *U. maydis* (DC.) Corda, que incide sobre el maíz y *U. nuda* (Jensen) Rostrup, que aparece sobre la cebada y trigo (SMITH *et al.*, 1992).

No hay que olvidar también su incidencia en afecciones alérgicas. Para MALE (1980) *Ustilago* es uno de los hongos que con más frecuencia se asocian a la patología respiratoria de origen fúngico. PÉREZ *et al.* (1995) encuentran una sensibilización cutánea a *Ustilago* en el 26% de los pacientes con síntomas respiratorios de tipo alérgico.

Las esporas de *Ustilago* han sido muestreadas en España por TRUJILLO (1988) en Córdoba, GONZÁLEZ *et al.* (1993a, 1993 b y 1994) en Huelva, HERREIRO *et al.* (1995) en Palencia y DÍAZ *et al.* (1996) en Granada. En los EE.UU., PADY (1957) realizó un estudio en Kansas. En el Reino Unido, HIRST (1952) y HAMILTON (1959) en Harpeden, DAVIES *et al.* (1963), ADAMS (1964) en Cardiff y DAVIES (1969) en Londres. En Italia: MURGIA & CRESTI (1982) en Siena y PALMAS & CONSENTINO (1990) y también BALLERO *et al.* (1992) en Cagliari. En México CALDERON *et al.* (1995) estudiaron la atmósfera de la ciudad de México D.F.

El objetivo del presente trabajo ha consistido en estudiar la presencia de esporas de *Ustilago* en la atmósfera de Badajoz, su fenología, su patrón diario, así como la influencia de los parámetros meteorológicos. Su interés radica en el valor que estos conocimientos poseen en los estudios sobre control y predicción de plagas, así como su utilidad para el alergólogo, ya que estas esporas constituyen alérgenos potenciales.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para establecer la cantidad de esporas en el aire se ha seguido, durante el período comprendido entre el 13 de mayo de 1993 y el 15 de agosto de 1995, las variaciones en

las concentraciones de sus esporas por unidad de volumen de aire, para lo cual se ha contado con un captador volumétrico tipo HIRST (1952), modelo Burkard, que recoge las partículas sólidas suspendidas en el aire con un flujo de 10 litros por minuto. El captador estaba situado en la Escuela de Ingenierías Agrarias de Badajoz, a una altura de 6 m sobre el nivel del suelo.

Como soporte de recogida de esporas se empleaba una cinta de Melinex impregnada en petrolatum white y el análisis cuantitativo consistía en la realización de dos barridos longitudinales y centrales a lo largo de todas las preparaciones, empleándose para ello un microscopio óptico a 1000 aumentos.

La identificación de las esporas se llevaba a cabo por comparación con preparaciones de referencia así como con la consulta de obras que tratan sobre esta materia (SMITH, 1984 y 1986), pudiéndose separar tres tipos, caracterizados por su ornamentación: uniformemente verrugosas, incluyendo al tipo *U. maydis*; otras con una zona verrugosa y otra lisa, el tipo *U. avenae*, y otro grupo de esporas que apenas presentan ornamentación y que no ha logrado ser identificado y adscrito al tipo *Ustilago* sp., al cotejarlo con preparaciones obtenidas a partir de cultivos infectados.

Dado que el captador recoge las muestras de forma horaria, se ha podido establecer el modelo de presencia diaria de las esporas en el aire. Para el estudio de la influencia que poseen los parámetros meteorológicos se ha contado con los datos aportados por el Centro Meteorológico Territorial de Extremadura, provenientes de la estación meteorológica de Talavera la Real, situada a 11 km del captador. Para ello se emplearon los valores diarios de los siguientes parámetros: precipitación, humedad relativa, temperaturas máxima, media y mínima, períodos de calmas, recorrido

del viento, horas en las que el viento procedía de los distintos cuadrantes, punto de rocío y tensión de vapor. Estos datos junto con los valores diarios de las concentraciones nos han permitido obtener los correspondientes coeficientes de correlación  $r$  de Pearson.

## RESULTADOS

Los tres tipos de esporas de *Ustilago* estaban presentes en la atmósfera durante todo el año alcanzándose los máximos niveles entre abril y agosto (Fig. 1, Tab. 1). Dichos máximos fueron de 829 esporas/m<sup>3</sup> el 6 de mayo de 1994 para el tipo de *U. maydis*, de 383 esporas/m<sup>3</sup> el 11 de mayo de 1995 para el tipo que comprende a *U. avenae*, y de 772 esporas/m<sup>3</sup> el dos de mayo para el tipo *Ustilago* sp.

Los patrones de variación diaria mostraron una clara tendencia a encontrarse en el aire preferentemente en dos franjas hora-

rias, más palpables en los casos de las esporas de los tipos *U. avenae* y *U. maydis* (Fig. 2), abarcando para el primer caso horas comprendidas entre las 9 y las 12 horas y entre las 19 y 22 horas; en el caso del tipo *U. avenae*, las bandas horarias se situaban entre las 8 y 12 horas y entre las 17 y 22 horas. Para el tipo *Ustilago* sp. la banda matutina estuvo restringida a sólo una hora de máxima presencia, las 11 horas, mientras que los máximos nocturnos se encontraron entre las 19 y 23 horas.

En cuanto a la posible influencia de los parámetros meteorológicos en la dispersión de estas esporas, en la Tabla 2 se puede observar como en los tres tipos existen correlaciones significativas y negativas entre la concentración de esporas y la humedad relativa, a la vez que esta relación es positiva con las tres temperaturas, la temperatura de punto de rocío y la tensión de vapor. En cuanto a la incidencia de los movimientos del aire

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>Tipo <i>U. maydis</i></b>												
1993	-	-	-	-	121,5	110,8	74,1	26,7	8,9	1,4	7,2	5,6
1994	2,9	2,6	14,3	128,0	122,3	145,6	33,0	10,7	24,3	13,8	1,0	3,4
1995	1,8	1,7	2,3	1,8	36,5	28,9	30,0	11,3	-	-	-	-
Medias	2,4	2,2	8,3	64,9	93,4	95,1	45,7	16,2	16,6	13,9	4,1	4,5
<b>Tipo <i>U. avenae</i></b>												
1993	-	-	-	-	32,4	48,6	66,1	25,7	4,4	2,7	1,0	0,5
1994	1,6	0,0	1,2	9,9	35,7	51,2	24,7	11,5	4,8	3,7	1,4	0,1
1995	0,2	2,0	0,8	0,6	34,5	11,0	4,4	0	-	-	-	-
Medias	0,9	1,0	1,0	5,3	51,3	36,9	31,7	18,6	4,6	3,2	1,2	0,3
<b>Tipo <i>Ustilago</i> sp.</b>												
1993	-	-	-	-	73,9	232,1	236,3	63,3	14,4	9,9	1,5	1,5
1994	1,2	0,2	0,8	3,1	41,8	184,0	142,7	37,9	23,9	9,7	4,1	3,1
1995	2,1	2,9	12,6	52,7	152,8	57,5	38,7	17,2	-	-	-	-
Medias	1,7	1,6	6,7	27,9	89,5	157,9	139,2	39,5	19,2	9,8	2,8	1,8

TABLA 1. Concentraciones medias mensuales de esporas (esporas/m<sup>3</sup>) de *Ustilago* en los tres años de estudio, indicándose además la media calculada a partir de éstas.

Parámetros meteorológicos y especies estudiadas	1993 n=232		1994 n=365		1995 n=227	
	r	p	r	p	r	p
<b>Tipo <i>U. maydis</i></b>						
Precipitación	-0,0682	0,301	-0,0711	0,181	-0,0144	0,800
Humedad relativa	-0,3498	0,000	-0,3084	0,000	-0,3096	0,000
Temperatura máxima	0,2747	0,000	0,2392	0,000	0,3865	0,000
Temperatura mínima	0,2309	0,000	0,1518	0,004	0,3644	0,000
Temperatura media	0,2667	0,000	0,2120	0,000	0,3913	0,000
Recorrido del viento	-0,0024	0,971	0,1355	0,010	0,0864	0,198
Calmas	-0,1380	0,036	-0,0828	0,119	-0,0429	0,523
Vientos del cuadrante 1	0,0473	0,473	0,2156	0,000	-0,1381	0,039
Vientos del cuadrante 2	-0,0928	0,159	-0,1090	0,040	-0,1178	0,078
Vientos del cuadrante 3	0,0417	0,528	-0,1349	0,011	0,0135	0,841
Vientos del cuadrante 4	0,0107	0,872	0,0692	0,193	0,1678	0,012
Punto de rocío	0,1287	0,050	0,0362	0,505	0,2550	0,000
Tensión de vapor	0,1155	0,079	0,0304	0,576	0,2577	0,000
<b>Tipo <i>U. avenae</i></b>						
Precipitación	-0,1613	0,014	0,0528	0,321	0,0054	0,936
Humedad relativa	-0,5570	0,000	-0,3137	0,000	0,0291	0,665
Temperatura máxima	0,5032	0,000	0,3622	0,000	0,0399	0,552
Temperatura mínima	0,3930	0,000	0,3350	0,000	0,0986	0,141
Temperatura media	0,4768	0,000	0,3675	0,000	0,0684	0,308
Recorrido del viento	0,0968	0,142	0,2260	0,000	0,0266	0,000
Calmas	-0,1783	0,006	-0,1750	0,001	-0,0848	0,206
Vientos del cuadrante 1	0,2151	0,001	0,0238	0,654	-0,0655	0,329
Vientos del cuadrante 2	-0,0899	0,172	-0,1821	0,001	-0,0970	0,148
Vientos del cuadrante 3	-0,0032	0,961	0,0291	0,585	0,0713	0,288
Vientos del cuadrante 4	-0,1432	0,029	0,1136	0,032	0,0552	0,410
Punto de rocío	0,2439	0,000	0,1850	0,001	0,0695	0,300
Tensión de vapor	0,2396	0,000	0,1764	0,001	0,0569	0,396
<b>Tipo <i>Ustilago sp.</i></b>						
Precipitación	-0,1362	0,038	-0,1171	0,027	0,2146	0,000
Humedad relativa	-0,5976	0,000	-0,5376	0,000	-0,2605	0,000
Temperatura máxima	0,5750	0,000	0,5951	0,000	0,2648	0,000
Temperatura mínima	0,4838	0,000	0,4799	0,000	0,2535	0,000
Temperatura media	0,5586	0,000	0,5724	0,000	0,2697	0,000
Recorrido del viento	0,0360	0,586	0,1185	0,025	-0,0520	0,438
Calmas	-0,1767	0,007	-0,1740	0,001	-0,0474	0,480
Vientos del cuadrante 1	0,1412	0,032	-0,0287	0,590	0,1540	0,021
Vientos del cuadrante 2	-0,1051	0,110	-0,1941	0,000	0,1425	0,033
Vientos del cuadrante 3	-0,1193	0,070	-0,0779	0,143	-0,0905	0,177
Vientos del cuadrante 4	0,1395	0,034	0,2747	0,000	-0,0931	0,160
Punto de rocío	0,3379	0,000	0,3736	0,000	0,1450	0,030

**Tabla 2.** Matrices de correlación de las concentraciones de esporas de *Ustilago* 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).

se aprecia en la misma tabla como en la mayoría de los casos la dispersión de estas esporas se ve influenciada negativamente por la duración de los períodos de calmas, no presentando una clara influencia el origen del viento.

## DISCUSIÓN

Se ha constatado la presencia continuada de esporas de *Ustilago* en la atmósfera de Badajoz a lo largo de todo el año, al igual que otros autores en algunas localidades del área mediterránea, como Huelva en España (GONZÁLEZ *et al.*, 1993a, 1993b y 1994) o Cagliari y Siena, en Italia (PALMAS & CONSENTINO, 1990; BALLERO *et al.*, 1992; MURGIA & CRESTI, 1982); siendo similar su período de concentraciones máximas al detectado en Córdoba, (TRUJILLO, 1988) y Palencia (HERRERO *et al.*, 1995), no coincidiendo, sin embargo, con la época otoñal de máximos niveles detectados en Granada (DÍAZ *et al.*, 1996). Este patrón anual está asociado al ritmo de crecimiento de cultivos cerealistas, que en la zona de Badajoz se corresponde precisamente con los meses de mayores concentraciones de esporas este género, lo que parece aclarar su origen y su máxima presencia. En áreas alejadas de la influencia mediterránea, PADY (1957), HAMILTON (1959), DAVIES *et al.* (1963), ADAMS (1964) y DAVIES (1969) y CALDERÓN *et al.* (1995) apuntan los meses propiamente estivales como los más propicios para su ocurrencia.

Su variación intradiurna muestra un patrón con dos máximos niveles, uno de ellos cercano a las horas del mediodía que ha sido apuntado también por HIRST (1952) y HAMILTON (1959) en Harpeden, (Reino Unido) y el otro en horas nocturnas.

Los factores meteorológicos más influyentes sobre la presencia y distribución de las esporas de *Ustilago* en el aire de Badajoz parecen ser la humedad relativa y las temperaturas, como también lo indican HAMILTON (1959) y ADAMS (1964) quienes además observan mayor presencia de esporas de *Ustilago* en ausencia de precipitaciones.

Apenas resulta significativa la incidencia de la velocidad y dirección del viento en Badajoz, sin embargo DAVIES (1969) registra mayores concentraciones en Davos (Austria) cuando el viento proviene de regiones predominantemente cerealistas y TRUJILLO (1988) en Córdoba, afirma que estos dos factores parecen ser importantes sobre este género. El escaso número de correlaciones significativas con estos dos parámetros puede ser debido probablemente al hecho de que los cultivos cerealistas en el área circundante de Badajoz no ocupan grandes extensiones, estando intercalados con otros tipos de cultivos, no constituyendo en sí un gran foco de propágulos.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por la Junta de Extremadura y el Fondo Social Europeo a través de la Consejería de Educación y Juventud (Proyecto EIB94-12).

## BIBLIOGRAFÍA

- ADAMS, K.F. (1964). Year to year variation in the fungus spore content of the atmosphere. *Acta Allergol.* 19:11-50.
- BALLERO, M.; DE GIOANNIS, N.; GORETTI, G.; LOMBARDINI, S. & FRENGU, G. (1992). Comparative study about airborne spores in Cagliari and Perugia. *Aerobiol.* 8(1):141-147.

- CALDERÓN, C.; LACEY, J.; McCARTNEY, H.A. & ROSAS, I. (1995). Seasonal and diurnal variation of airborne basidiomycete spore concentrations in Mexico city. *Grana* 34:260-268.
- DAVIES, R.R. (1969). Climate and topography in relation to aero-allergens at Davos and London. *Acta Allergol.* 24:396-409.
- DAVIES, R.R.; DENNY, M.J. & NEWTON, L.M. (1963). A comparison between the summer and autumn air-sporas at London and Liverpool. *Acta Allergol.* 18:131-147.
- DÍAZ, C.; SABARIEGO, S. & ALBA, F. (1996). Variación anual del contenido de esporas en la atmosfera de Granada. Datos de 1994. *1er Simposio Europeo de Aerobiología*. pp. 144. Santiago de Compostela.
- GONZÁLEZ, F.J.; CANDAU, M.P. & GONZÁLEZ, M.L. (1993a). Variación estacional de esporas fúngicas en el aire de Huelva de abril de 1989 a abril de 1991. *Anal. Asoc. Palinol. Leng. Esp.* 6:5-15.
- GONZÁLEZ, F.J.; GONZÁLEZ, M.L.; ROMERO, F.; PINEDA, F. & CANDAU, M.P. (1993b). Airborne fungal spores trend over a highly polluted area of south-west Spain using Cour's trap. *Aerobiol.* 9:39-45.
- GONZÁLEZ, F.J.; CANDAU, M.P.; GONZÁLEZ, M.L. & GOLFÍN, C.I. (1994). Contenido de esporas en el aire de Huelva de Abril de 1989 a Abril de 1990. In: I. LA SERNA (ed.). *Polen y Esporas. Contribución a su conocimiento*. pp. 159-167. Serv. Publ. Univ. La Laguna, Tenerife.
- HAMILTON, E. (1959). Studies on the air spora. *Acta Allergol.* 13:143-175.
- HERRERO, B.; FOMBELLA, M.A.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, D. & PASCAL, I. (1995). Variación anual de esporas en el aire de la ciudad de Palencia, de 1990 a 1992. *Polen* 7:50-58.
- HIRST, J.M. (1952). Changes in atmospheric spore content: diurnal periodicity and the effects of weather. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 36:375-393.
- MALE, O. (1980). Pilzbedingte Allergien. Unter besonderer Berücksichtigung von Art, Herkunft und Verbreitung asthmogener Myzeten. *Wien Klin. Wochenschr.* 117:29-33.
- MURGIA, M. & CRESTI, M. (1982). Primi dati sulle spore fungine aerodisperse a Siena. *Folia Allergol. Immunol. Clin.* 29:324-329.
- PADY, S.M. (1957). Quantitative studies on fungus spores in the air. *Mycol.* 49:339-353.
- PALMAS, F. & CONSENTINO, S. (1990). Comparison between fungal airspore concentration at two different sites in the South of Sardinia. *Grana* 29:87-95.
- PÉREZ, M.P.; CASTREJÓN, M.; IZA, S.V.; GONZÁLEZ, M. & MIRANDA, A.J. (1995). Prueba cutánea con aeroalergenos no probados en México. *Rev. Alerg. Mex.* 42:86-8.
- SMITH, E.G. (1984). *Sampling and identifying allergenic pollens and molds, 1*. Blewstone Press, San Antonio, Texas.
- SMITH, E.G. (1986). *Sampling and identifying allergenic pollens and molds, 2*. Blewstone Press, San Antonio, Texas.
- SMITH, I.M.; DUNEZ, J.; PHILLIPS, D.H.; LELLIOTT, R.A. & ARCHER, S.A. (1992). *Manual de enfermedades de las plantas*. Mundi-Prensa, Madrid.
- TRUJILLO, M.D. (1988). *Identificación, cuantificación y variación estacional de la aeromicroflora de Córdoba*. Evaluación de muestreadores volumétricos. Tesis de Licenciatura. Univ. Córdoba.

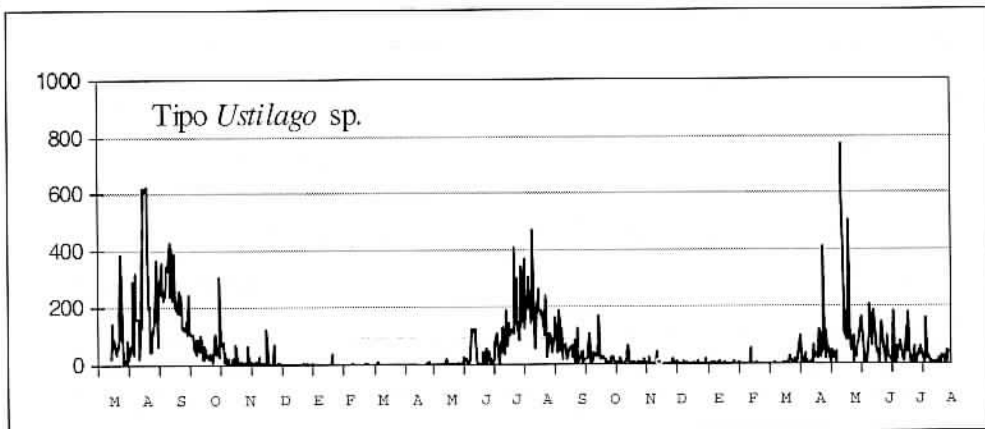
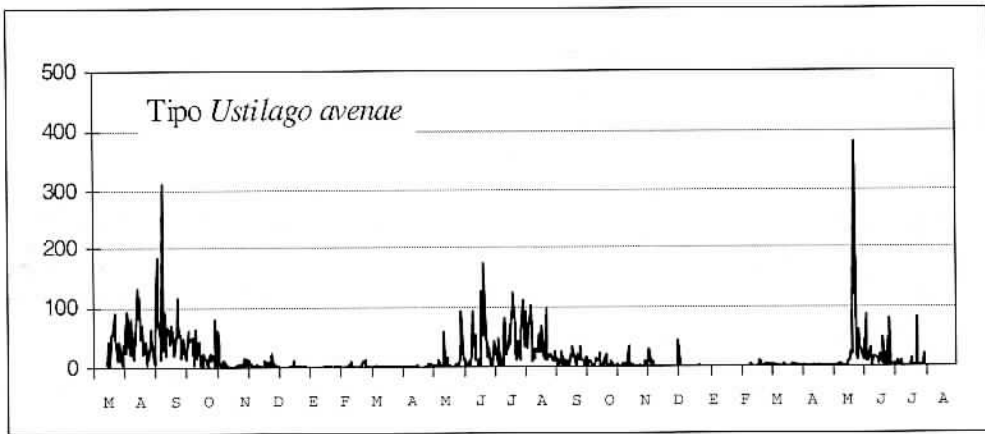
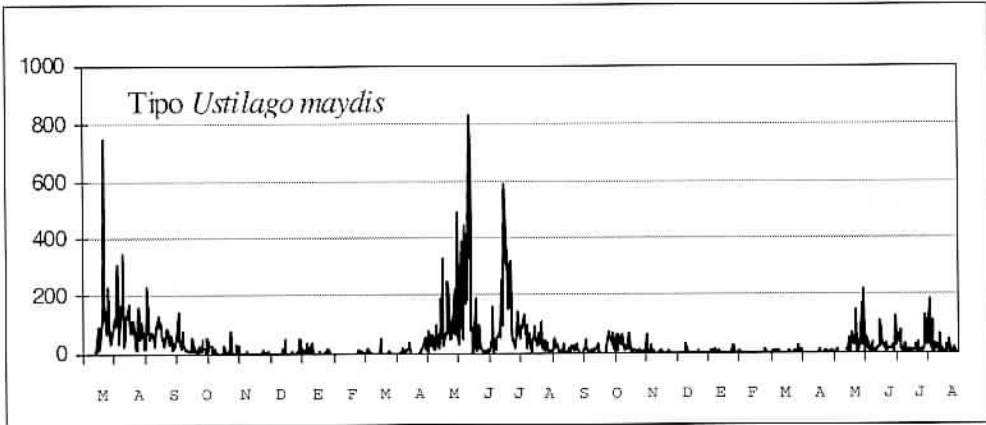
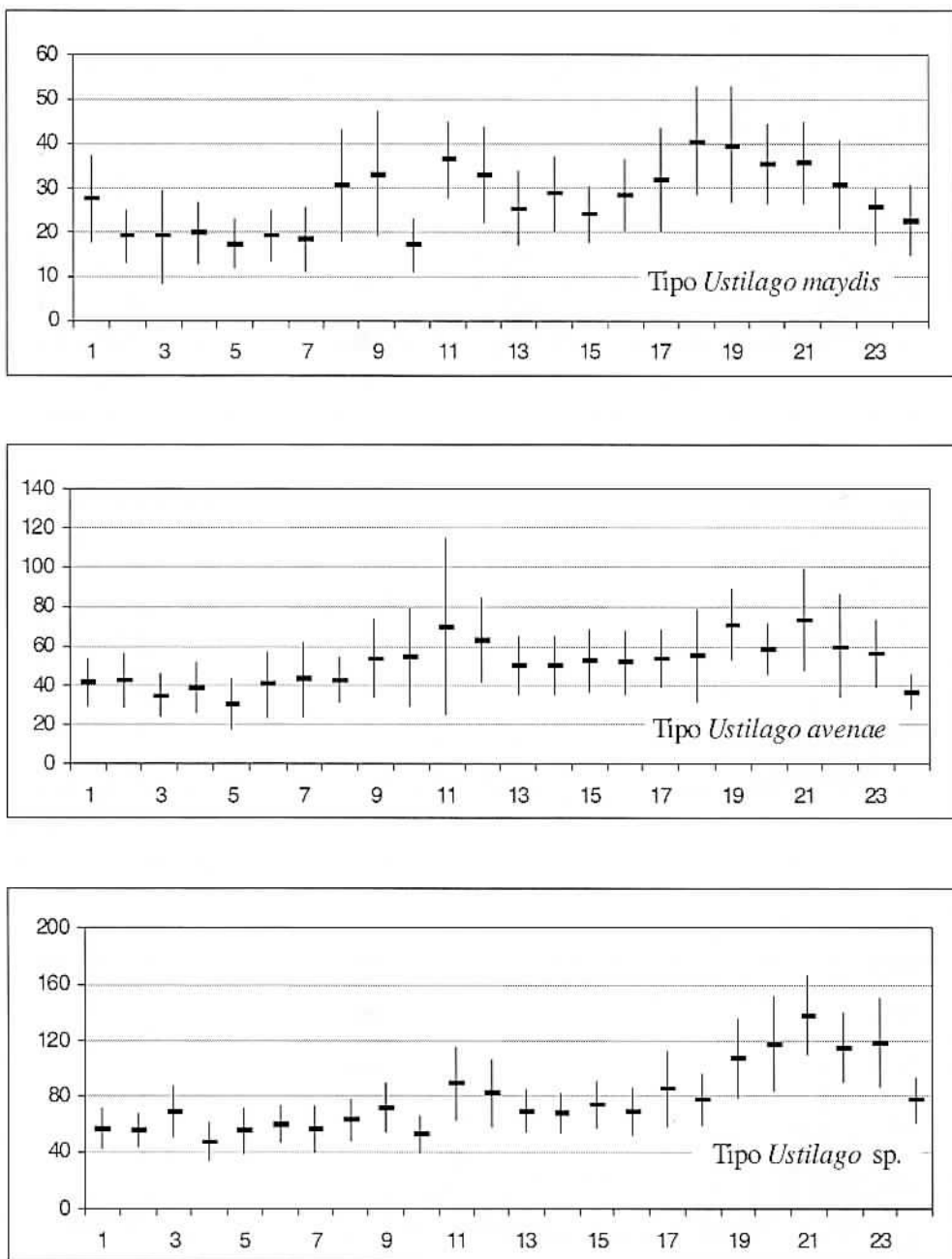


FIGURA 1. Variación de las concentraciones diarias de esporas (esporas/m<sup>3</sup>) de *Ustilago* a lo largo del período estudiado.



**FIGURA 2.** Variaciones de la concentración de esporas (esporas/m<sup>3</sup>) de los tres tipos de *Ustilago* frente a las horas solares. Se representa la media junto con el intervalo de confianza al 95%.