

Botanica Complutensis  
Vol. 26 (2002) 121-135

ISSN: 0214-4565

## *Estudio de los niveles de los principales fitopatógenos para la optimización de cosechas de Vitis vinifera en Valdeorras, Ourense (1998)*

Francisco Javier RODRÍGUEZ RAJO, M.<sup>a</sup> del Carmen SEIJO COELLO  
& M.<sup>a</sup> Victoria JATO RODRÍGUEZ

Departamento de Biología Vegetal y Ciencias del Suelo. Facultad de Ciencias de Ourense.  
Universidad de Vigo. Campus As Lagoas. 32004 OURENSE. E-mail: [javirajo@uvigo.es](mailto:javirajo@uvigo.es)

### Resumen

RODRÍGUEZ RAJO, F.J., SEIJO COELLO, M.C. & JATO RODRÍGUEZ, M.V. 2002. Estudio de los niveles de los principales fitopatógenos para la optimización de cosechas de *Vitis vinifera* en Valdeorras, Ourense (1998). *Bot. Complutensis* 26: 121-135.

Las características climatológicas de Galicia, favorecen la aparición en los viñedos de enfermedades producidas por hongos como el mildiu, el oidio o la podredumbre gris que ponen en peligro la producción de uva llegando a provocar pérdidas millonarias. Con el fin de conocer el nivel de propágulos fúngicos se ha ubicado un captador volumétrico tipo Hirst en un viñedo de la provincia de Ourense. De los tres hongos patógenos estudiados, se han encontrado cantidades importantes de esporas de *Botrytis* que suman un total de 12.303 esporas, siendo entre las 19-20 horas el momento del día en el que se alcanza su mayor concentración. Los valores totales registrados para *Uncinula* y *Plasmopara* son muy inferiores (1.456 y 242 esporas respectivamente). Las variables meteorológicas que poseen una mayor influencia positiva sobre las concentraciones de esporas en el viñedo son la temperatura de rocío para *Botrytis cinerea*, la temperatura máxima para *Uncinula necator* y la humedad para *Plasmopara viticola*. Finalmente los modelos ensayados para la predicción de infecciones que además de los valores meteorológicos tienen en cuenta la cantidad de inóculo de patógeno existente, poseen una capacidad de predicción mayor.

**Palabras clave:** *Botrytis*, *Uncinula*, *Plasmopara*, Aerobiología, Modelos predictivos, Valdeorras, Ourense.

### Abstract

RODRÍGUEZ RAJO, F.J., SEIJO COELLO, M.C. & JATO RODRÍGUEZ, M.V. 2002. Study of the main phytopatogenic level's in order to optimize the harvest of *Vitis vinifera* in Valdeorras, Ourense (1998). *Bot. Complutensis* 26: 121-135.

Estudio de los niveles de los principales fitopatógenos para la optimización de cosechas de *Vitis vinifera* en Valdeorras (1998).

The peculiar climatological characteristics of Galicia favours the appearance in the vineyards of the diseases produced by fungus as grey mould, powdery mildew or downy mildew that endangers the grape production provoking millionaire losses. With the aim to know the level of fungal spores, it was placed an Hirst type volumetric sampler in a vineyard of Ourense. Of the tree pathogenic fungus studied, it was found important quantities of *Botrytis* fungal spores, that amount a total of 12303 spores. The moment of the day with highest concentrations are the 19-20 hours. The total values registered by *Uncinula* and *Plasmopara* were minor (1456 y 242 spores respectively). Dew temperature for *Botrytis cinerea*, maximum temperature for *Uncinula necator* and external humidity for *Plasmopara viticola*, were the meteorological variables that exert the highest positive influence in the spore concentrations of the vineyard. Finally the models attempted for the prediction of the infections that takes into account the meteorological variables in addition with the quantity of pathogenic spores existing, have the best prediction capacity.

**Key words:** *Botrytis*, *Uncinula*, *Plasmopara*, Aerobiology, Predictive models, Valdeorras, Ourense.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la vid tiene un origen muy antiguo, pudiéndose afirmar que es posiblemente uno de los primeros que el hombre realizó. Según los indicios existentes, se remonta a 3000-4000 B.P. años en las regiones de Armenia e Irán, y a partir de ahí la cultura vitivinícola se transmitió a los egipcios, hebreos, fenicios y griegos hasta la civilización romana, que fue la gran impulsora del cultivo en Europa. En Galicia fue introducido en el S. II a.c. por los romanos a través del valle del Miño. Actualmente su cultura ha alcanzado un nivel de desarrollo importante lo cual se ha traducido en el reconocimiento de los caldos de producción gallega y el aumento de la superficie destinada a su cultivo. Las explotaciones vinícolas son la base de un sector primario que en Valdeorras supone la ocupación del 18,04% de la población activa.

Las características climatológicas propias de Galicia, favorecen la aparición en los viñedos de enfermedades producidas por hongos como el mildiu, el oidio o la podredumbre gris. En los últimos años, probablemente debido al aumento de las temperaturas medias anuales observadas en diferentes regiones europeas durante los meses primaverales (Frenguelli, 2001), han surgido otras enfermedades que antes estaban enmascaradas, como son la yesca, escoriosis y eutypa, que inducen un daño a largo plazo más grave al provocar la muerte de la planta (Mansilla *et al.*, 1991). Para disminuir el efecto de estas plagas, los sistemas de lucha que se utilizan habitualmente se basan en el control químico. La aplicación de los antifúngicos se realiza de forma sistemática, siguiendo calendarios preestablecidos en base a las fases fenológicas de la vid. Estos métodos provocan una excesiva aplicación de tratamientos fitosanitarios que estimulan la aparición de cepas de hongos resistentes, eliminación de la flora bacteriana beneficiosa para la viña, elevada presión medioambiental, pérdida de capacidad de autoregulación, etcétera. En los úl-

timos años con la puesta en funcionamiento de las estaciones climatológicas de aviso se predicen los momentos de mayor riesgo de infección a partir de las condiciones meteorológicas atmosféricas, ajustando así el calendario de tratamientos. Pero estos sistemas presentan el problema de no tener en cuenta la cantidad de esporas de hongo, de la que depende la capacidad de producir/extender la infección en el cultivo. El establecimiento de sensores biológicos adicionales, como el monitorizaje aerobiológico, permite conocer en cada momento el nivel de esporas de hongos fitopatógenos y por tanto el riesgo real de la aparición de las enfermedades. La integración de estos datos con los meteorológicos permite ajustar el calendario de aplicación de productos fitosanitarios según las necesidades reales de cada viñedo.

En este contexto, los objetivos de este estudio son conocer la concentración de esporas de los tres hongos con mayor incidencia patológica en el cultivo de la vid a lo largo de su período vegetativo. Asimismo se pretende evaluar la influencia que los distintos parámetros meteorológicos ejercen sobre la evolución de la concentración de esporas fúngicas, tanto estacional como a lo largo del día, para finalmente tratar de encontrar un modelo que permita predecir los niveles de esporas en los viñedos incluidos en la Denominación de Origen Valdeorras.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La comarca de Valdeorras está situada en el extremo nordeste de la provincia de Ourense, con una extensión de 972,1 Km<sup>2</sup> (Figura 1) Está enmarcada por relie-



Figura 1.—Localización de Valdeorras en Galicia.

ves montañosos (Serra do Caurel al norte, Serra do Eixe, Serra da Calva y a Segundeira por el este y sudeste, y las Bacarizas, pertenecientes al macizo de Manzaneda, por el oeste) que cierran los ricos valles fluviales de Valdeorras. Respecto a las series de vegetación, la zona de Córghomo, en la que se llevó a cabo este estudio, se encuentra dentro de la Región Mediterránea, en la Provincia Carpetano-Ibérico-Leonesa, Sector Orensano-Sanabriense (Rivas-Martínez, 1987). El clima condiciona el paisaje vegetal de esta comarca debido a que posee marcados trazos mediterráneos. El régimen térmico se caracteriza por un invierno frío (4,5 °C de media en diciembre) y un verano cálido (21,7 °C en julio) lo cual supone una elevada oscilación térmica. El régimen de humedad es mediterráneo húmedo correspondiéndole una unidad climática Mediterráneo Templado. Las precipitaciones anuales rondan los 600-800 mm. (Carballeira *et al.*, 1983)

El monitorizaje aerobiológico ha sido realizado mediante un captador volumétrico tipo Hirst (Hirst, 1952), modelo Lanzoni VPPS 2000, situado en el interior de un viñedo en la localidad de Córghomo-Vilamartín de Valdeorras (Ourense), que pertenece a las Adegas Señorío S.A.T.. Este viñedo se encuentra a una altitud sobre el nivel del mar de 475 m., la variedad de uva que se cultiva es godello, y su extensión es de una hectárea. El captador se colocó sobre un soporte metálico a 2 metros sobre el nivel del suelo, altura que se estimó suficiente para que la captura de esporas no se viese obstaculizada por el crecimiento de las vides.

Los datos meteorológicos fueron recogidos por medio de una estación meteorológica WEATHER MONITOR II<sup>TM</sup> (Davis instruments corp.) que se instaló en el mismo viñedo y al lado del captador, registrando cada hora las temperaturas máxima, mínima y media (°C), presión atmosférica (milibares), humedad relativa (%), velocidad del viento (metros/segundo), velocidad máxima del viento (metros/segundo), dirección del viento, temperatura de rocío (°C) y precipitación (mm.).

El período de estudio comprende desde el momento en que comienza la fase reproductiva de la vid hasta la vendimia de las uvas: entre el 11 de mayo de 1998, a las 11:00 horas, hasta las 12:00 horas del día 21 de septiembre del mismo año.

Para el análisis tanto cuantitativo como cualitativo de las esporas se ha utilizado un microscopio NIKON OPTIPHOT, provisto de un objetivo de 100X/1.30 OIL. Para la identificación de las esporas, se utilizó como bibliografía de referencia: Díaz (1999) y Grant Smith (1990). Finalmente los valores de los recuentos de las esporas fitopatógenas se expresaron en esporas/m<sup>3</sup>. Para la realización del estudio del comportamiento intradiurno se tuvieron en cuenta aquellos días con concentraciones diarias medias iguales o superiores a la media alcanzada durante el período de muestreo. Dentro de estos días, se seleccionaron aquellos en los que no se registraron precipitaciones, por su efecto de lavado atmosférico, calculándose con ellos la media para cada dos horas expresada en tanto por ciento (Galán *et al.*, 1991).

Con el objeto de comprobar el grado de asociación que existe entre las concentraciones de esporas de *Botrytis*, *Uncinula* y *Plasmopara*, y los principales parámetros meteorológicos, se efectuaron una serie de análisis de correlación es-

estadística considerando la variable de concentración de esporas como dependiente y a los segundos como independientes. El estudio fue realizado mediante la aplicación del test no paramétrico de correlación de Spearman (R), al comprobarse que las esporas no siguen modelos de distribución normal. Se calculó el grado de significación para los intervalos de confianza del 95% (\*) y del 99% (\*\*). Posteriormente, con el fin de establecer un modelo que permita realizar predicciones de las concentraciones de esporas se realizó un análisis de regresión múltiple. Como estimadores del modelo se utilizaron aquellos parámetros que, en el análisis de correlación de Spearman proporcionaron un coeficiente de correlación positivo y elevado, asimismo se ha utilizado como predictor la concentración de esporas del día anterior.

## RESULTADOS

En las Figuras 2 y 3 se representa la evolución tanto de los diferentes parámetros meteorológicos estudiados como de la concentración de las esporas de los tres hongos monitorizados. La presencia de *Botrytis* y *Uncinula* es constante durante el periodo de muestreo aunque mostrando oscilaciones importantes. *Plasmopara* no tiene una presencia constante y entre mediados de junio y finales de agosto alterna periodos de bajas concentraciones (< 5 esporas/m<sup>3</sup>) con periodos en los que no se detecta su presencia en la atmósfera.

La suma de concentraciones observadas en los 134 días del muestreo alcanzó cifras muy diferentes para los tres tipos fúngicos (Tabla 1). *Botrytis* fue el que alcanzó el valor más elevado con 12.303 esporas, mientras que las cifras registradas para *Uncinula* y *Plasmopara* son muy inferiores, 1.456 y 242 respectivamente. Sus concentraciones máximas diarias son asimismo muy diferentes, siendo de nuevo *Botrytis* la que alcanzó el valor más alto, 456 esporas/m<sup>3</sup> el día 21 de septiembre, 104 esporas/m<sup>3</sup> el día 9 de junio en el caso de *Uncinula* y 20 esporas/m<sup>3</sup> el 6 de septiembre para *Plasmopara*.

Los modelos de comportamiento intradiurno obtenidos son diferentes según el tipo fúngico analizado (Figura 4). Aunque con diferentes valores de representación según los intervalos horáricos, la tendencia para *Botrytis* y *Uncinula* es semejante. En ambos casos las concentraciones se elevan en las horas de la tarde con máximos a las 19-20 horas. Estas descienden progresivamente en las primeras horas del día, hasta alcanzar los valores más bajos en las horas de la mañana (7-8 en el caso de *Uncinula* y 9-10 en *Botrytis*). El modelo observado para *Plasmopara* es claramente diferente, con concentraciones más elevadas entre la mañana y primeras horas de la tarde (máxima a las 11-12 horas) y concentraciones bajas durante la noche.

La influencia que las diferentes variables meteorológicas ejercen sobre la concentración de esporas no es homogénea para los diferentes tipos fúngicos estudiados. En la Tabla 2 se observa que la temperatura de rocío es la única variable con correlación de signo positivo y un nivel de significación del 99% con las concentraciones de esporas de *Botrytis*, mientras que la velocidad media y máxima del

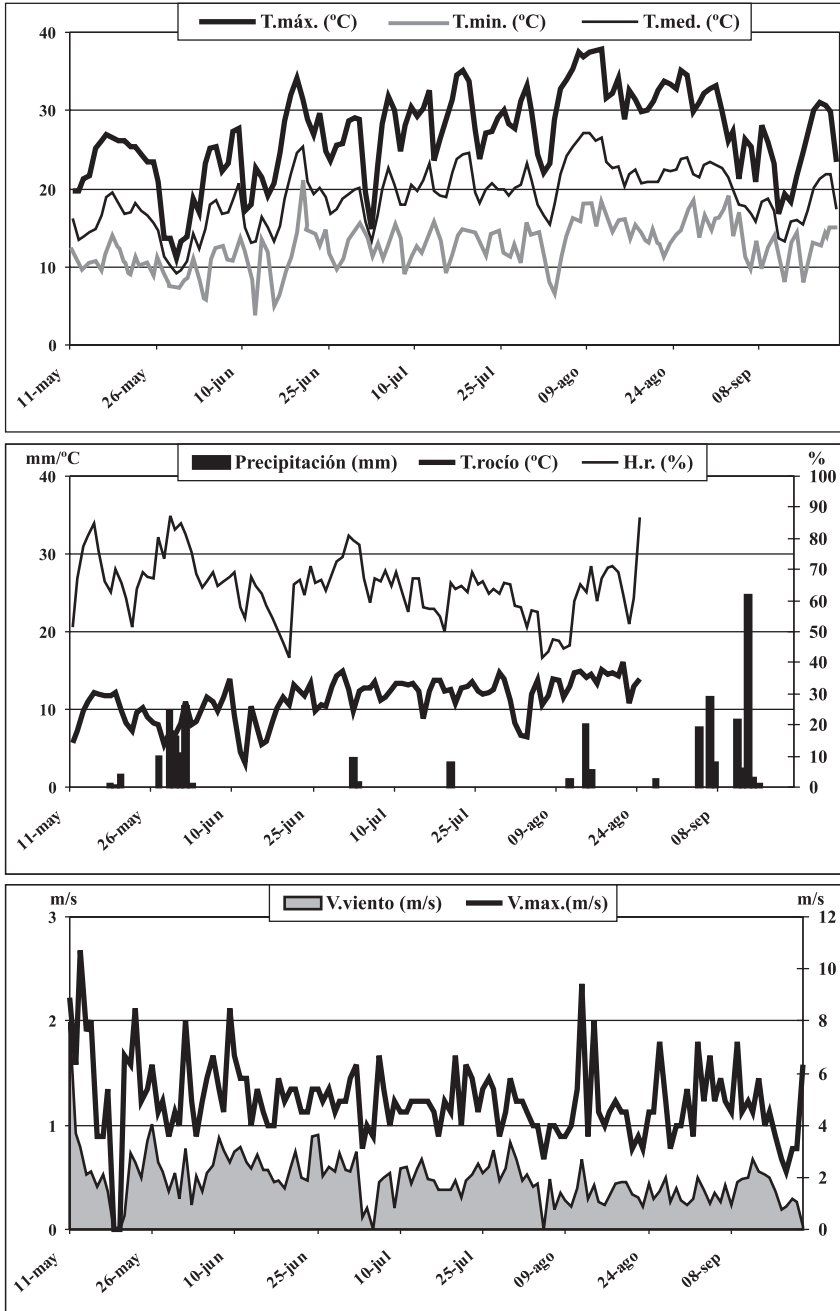


Figura 2.—Evolución de los diferentes parámetros meteorológicos durante el periodo de estudio.

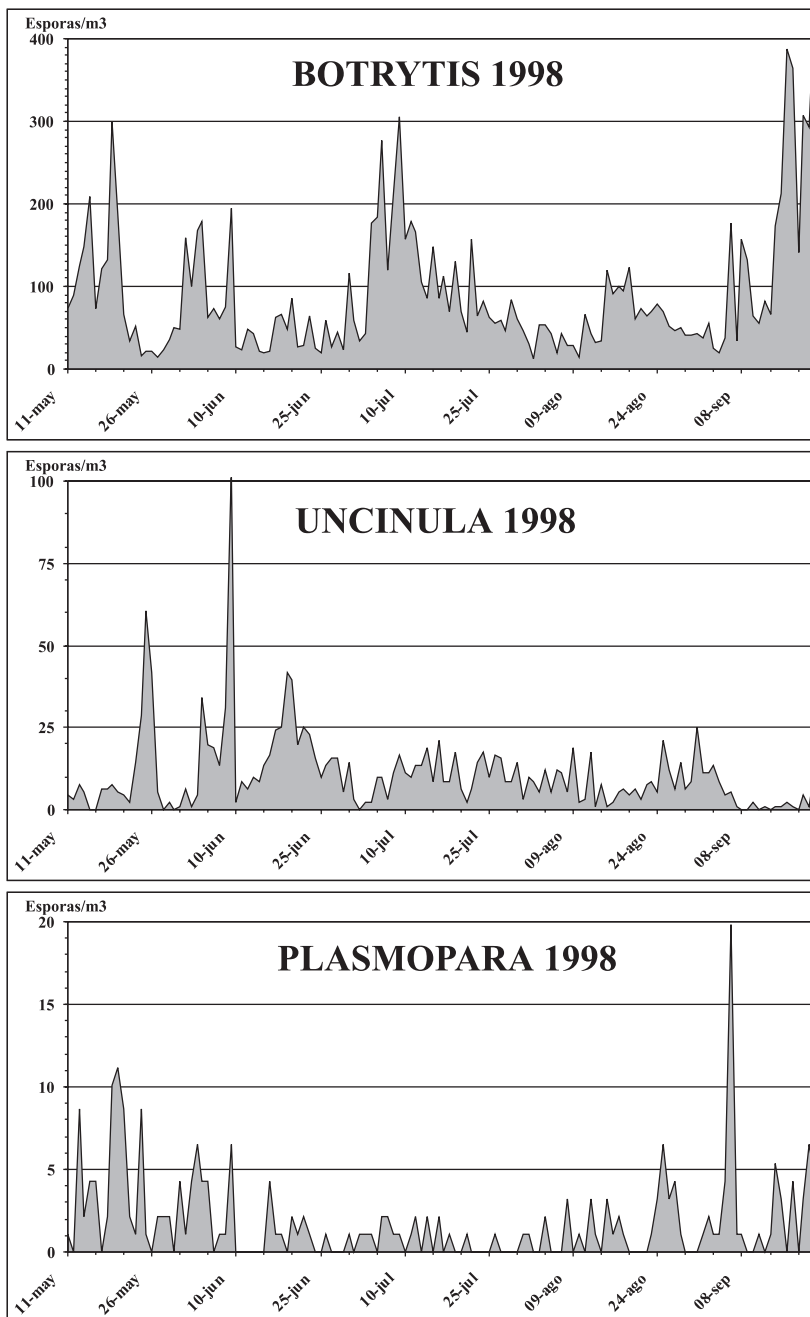


Figura 3.—Evolución de la concentración de esporas de *Botrytis*, *Uncinula* y *Plasmopara*.

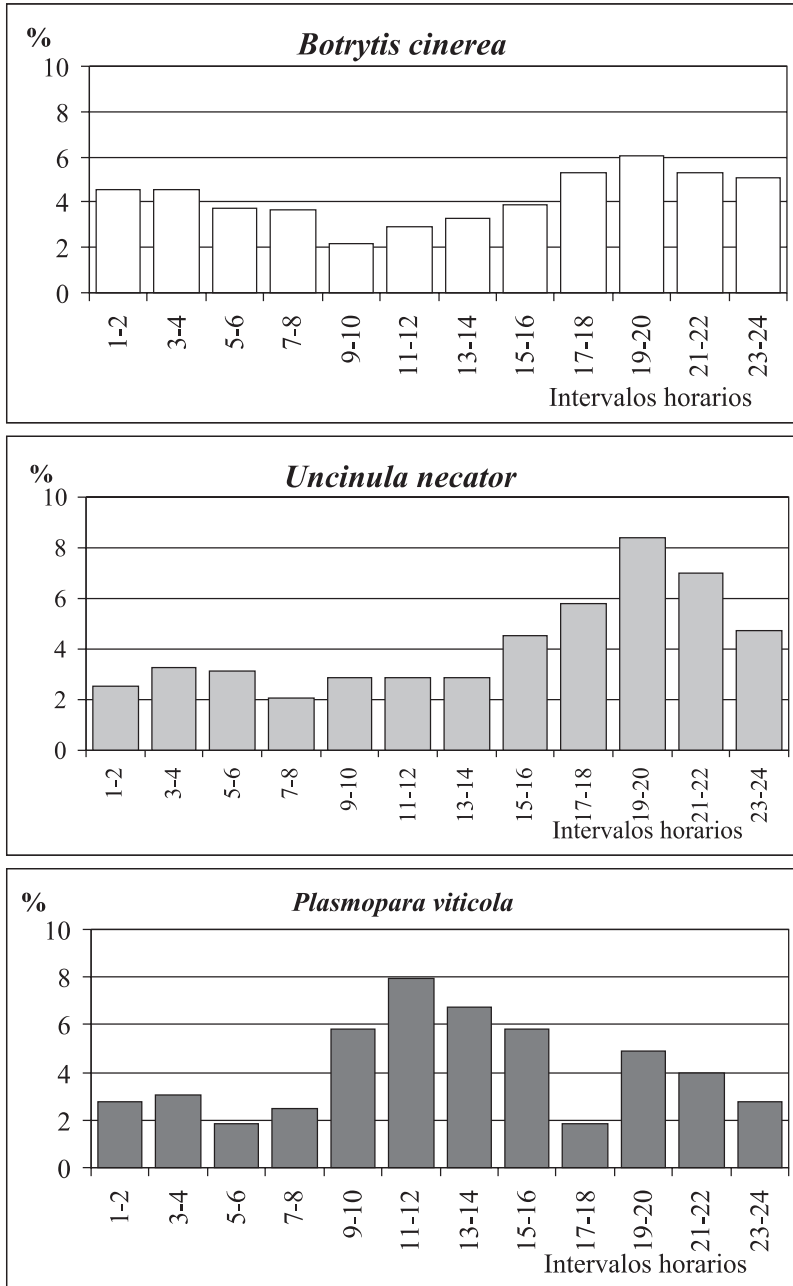


Figura 4.—Evolución a lo largo del día de la concentración de esporas de *Botrytis*, *Uncinula* y *Plasmopara*.



**Tabla 1**  
Valores de concentración de esporas de *Botrytis*, *Uncinula* y *Plasmopara*

		Máximo (Esporas/m <sup>3</sup> )	Día	Media (Esporas/m <sup>3</sup> )	Total
<i>Botrytis</i>	Mayo	300	19-may	68	1.845
	Junio	194	9-jun	66	1.975
	Julio	305	9-jul	112	3.482
	Agosto	123	19-ago	55	1.720
	Septiembre	456	21-sep	156	3.281
				<b>92</b>	<b>12.303</b>
<i>Uncinula</i>	Mayo	60	25-may	10	207
	Junio	104	9-jun	20	587
	Julio	21	16-jul	10	314
	Agosto	25	31-ago	9	266
	Septiembre	13	3-sep	4	82
				<b>11</b>	<b>1.456</b>
<i>Plasmopara</i>	Mayo	11	20-may	4	76
	Junio	6	9-jun	1	44
	Julio	2	6-jul	1	22
	Agosto	6	25-ago	1	39
	Septiembre	20	6-sep	3	61
				<b>2</b>	<b>242</b>

**Tabla 2**  
Correlación entre la concentración de esporas en el periodo de estudio y las principales variables meteorológicas utilizando el factor de correlación de Spearman (\*95%, \*\*99% de significación)

Spearman	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Uncinula necator</i>	<i>Plasmopara viticola</i>
Temperatura máxima	0,0671	<b>0,3402**</b>	-0,1313
Temperatura media	0,0603	<b>0,2984**</b>	0,1342
Temperatura mínima	0,0644	<b>0,3029**</b>	-0,1324
Humedad	0,1243	<b>-0,2211*</b>	<b>0,2346*</b>
Temperatura rocío	<b>0,2832**</b>	0,0768	-0,1299
Velocidad viento	<b>-2,2642**</b>	<b>0,2661**</b>	<b>-0,1810*</b>
Velocidad máx. viento	<b>-0,3035**</b>	0,1547	<b>-0,1976*</b>
Precipitación	0,0202	<b>-0,4215*</b>	0,1525

viento presentan una correlación negativa con el mismo grado de significación. En el caso de *Uncinula*, las variables indicadoras de la temperatura y la velocidad del viento muestran correlación positiva al 99% de significación, mientras que la co-

rrelación es negativa con la humedad y precipitación, aunque su nivel de significación es del 95%. En el caso de *Plasmopara* la correlación resultó positiva para la humedad y negativa para la velocidad media y máxima del viento, siempre con un nivel de significación del 95%.

Finalmente en la Tabla 3 se muestran los valores del test de correlación de Spearman entre la concentración de esporas a lo largo del día y las principales variables meteorológicas, registrándose los valores más elevados del coeficiente de correlación en el caso de *Botrytis*.

**Tabla 3**  
**Correlación entre la concentración de esporas a lo largo del día y las principales variables meteorológicas utilizando el factor de correlación de Spearman**  
**(\*95%, \*\*99% de significación)**

	<i>Botrytis cinerea</i>				<i>Uncinula necator</i>			<i>Plasmopara viticola</i>	
	Temp. media	Humed. exterior	Temp. rocío	Veloc. viento	Temp. media	Veloc. viento	Precip.	Temp. media	Veloc. máxima
Hora 1-2	<b>0,283**</b>	-0,092	<b>0,345**</b>	-0,087	0,102	<b>0,201*</b>	-0,085	0,151	-0,012
Hora 3-4	<b>0,236**</b>	-0,055	<b>0,304**</b>	<b>-0,201*</b>	<b>0,192*</b>	-0,016	-0,140	0,103	-0,146
Hora 5/6	0,151	0,168	<b>0,274**</b>	<b>-0,297**</b>	0,163	0,019	-0,038	0,035	-0,016
Hora 7-8	0,161	0,172	<b>0,230*</b>	<b>-0,306**</b>	<b>0,173*</b>	-0,057	0,104	0,011	-0,153
Hora 9-10	<b>0,178*</b>	0,096	<b>0,292**</b>	<b>-0,325**</b>	<b>0,181**</b>	-0,127	<b>-0,181*</b>	-0,021	0,034
Hora 11-12	<b>0,200*</b>	0,026	<b>0,304**</b>	<b>-0,272**</b>	<b>0,225**</b>	0,072	-0,053	-0,128	-0,037
Hora 13-14	0,017	0,002	0,167	-0,111	<b>0,272**</b>	0,008	-0,155	-0,122	<b>0,263**</b>
Hora 15-16	-0,115	<b>0,297**</b>	0,275	-0,126	0,083	0,135	-0,127	<b>-0,225**</b>	0,104
Hora 17-18	-0,126	<b>0,330**</b>	<b>0,207*</b>	-0,109	0,081	0,133	-0,081	0,046	-0,055
Hora 19-20	-0,003	<b>0,215*</b>	<b>0,253**</b>	-0,106	<b>0,192*</b>	<b>0,347**</b>	<b>-0,239**</b>	-0,054	0,026
Hora 21-22	<b>0,200*</b>	-0,030	<b>0,370**</b>	-0,044	<b>0,225**</b>	<b>0,219*</b>	<b>-0,175*</b>	0,016	-0,115
Hora 23-24	0,157	-0,034	<b>0,353**</b>	0,019	0,097	<b>0,375**</b>	-0,168	0,026	0,100

## DISCUSIÓN

En estudios realizados en la misma localidad en años anteriores por Díaz (1999), y por Díaz *et al.* (1997, 1998) en Leiro, localidad situada en la misma provincia de Ourense, se registraron concentraciones similares para los mismos tipos fúngicos. Las más elevadas pertenecen a *Botrytis cinerea* Pers. Ex Pers., seguidas por las de *Uncinula necator* (Schw.) Burr. y finalmente *Plasmopara viticola* Berlese y De Toni, hongo este último que al igual que apunta Díaz (1999) no se detectó su presencia en muchos de los días incluidos en este estudio (más de un tercio del total). Parece existir una relación entre los altos valores de concentración registrados por *Botrytis* y los bajos niveles de *Plasmopara*, que estaría de acuerdo con lo expuesto por Picco (1992) que sugiere que las elevadas concentraciones de *Botrytis cinerea* podrían tener una acción antagónica de tipo nutricional o tóxico, llegando a ser capaces de eliminar de una forma eficaz la presencia de esporas de

*Plasmopara viticola*. Esta hipótesis podría ser aplicable en nuestro caso si observamos las gráficas de variación de las concentraciones de esporas a lo largo del periodo de estudio.

Por otra parte las concentraciones de esporas en la atmósfera también se ven fuertemente influenciadas por la variación de los parámetros meteorológicos. Teniendo en cuenta la complejidad de los ciclos vitales de los hongos incluidos en este estudio, es difícil hacer una valoración de los resultados obtenidos en las correlaciones entre la concentración de esporas y los factores meteorológicos. La concentración de esporas en el aire viene determinada tanto por la capacidad de formación de nuevos cuerpos fructíferos como por la dispersión de las esporas en ellas formadas, procesos sobre los que un mismo factor meteorológico puede incidir de manera diferente. Así por ejemplo, en el caso de *Plasmopara*, la presencia de gotas de lluvia resulta esencial para la germinación de las zoosporas de las que se originarán nuevos esporangios productores de conidios, pero no parecen tan importantes para la posterior dispersión de dichas esporas pudiendo incluso provocar la reducción de sus concentraciones por lavados de la atmósfera.

Si tenemos en cuenta los análisis de correlación entre las concentraciones de *Botrytis cinerea* y los diferentes parámetros meteorológicos durante el período de estudio (Tabla 2), encontramos que solamente la temperatura de rocío presenta signo positivo con un intervalo de confianza del 99%. Como temperatura de rocío se considera la temperatura por debajo de la cual el vapor de agua atmosférico se condensa, por tanto si la temperatura de rocío es alta significa que hay mucho vapor de agua en la atmósfera. Al descender la temperatura del aire por debajo de la temperatura de rocío se produce la condensación (Elias *et al.*, 1996), y estas gotas de agua condensada pueden proporcionar el mínimo de humedad que requiere este hongo para su desarrollo. En este sentido trabajos realizados por Broome *et al.* (1995) y English *et al.* (1989) encuentran que la germinación de este tipo de esporas se produce como resultado de la interrelación entre la temperatura y la humedad. Aunque con la precipitación no aparece ninguna correlación significativa, Gubler *et al.* (1985) y Bettiga *et al.* (1989) afirman que las lluvias al final de la estación incrementan la severidad de la enfermedad de la podredumbre gris. En este sentido durante la primera quincena de septiembre se produce la mayor acumulación de agua recogida, y a partir del día 14 de este mes se produce un acusado incremento en los niveles de esporas de *Botrytis* registrándose los valores más elevados. La falta de correlación obtenida en nuestro caso probablemente se debe al bajo número de días en los que se produce la precipitación (24 días) así como a la no exacta sincronización entre el momento en el que dicho factor ejerce su acción sobre la conidiogénesis y el momento en que se encuentran en el aire dichos conidios, por lo que la aplicación del test estadístico puede resultar no totalmente fiable.

Finalmente la velocidad del viento también presenta un coeficiente de correlación con el mismo nivel de significación, pero en este caso el signo es negativo. El aumento de la velocidad del viento favorece la dispersión atmosférica y por tanto provoca una disminución de la concentración de esporas en las proximidades de la fuente emisora (López *et al.* 1992), si bien favorece su transporte a mayor distancia

por lo que induce la expansión de la enfermedad a otras zonas potenciales de desarrollar una infección secundaria.

Cuando tenemos en cuenta los valores del coeficiente de correlación en los diferentes intervalos horarios (Tabla 3), observamos que también la temperatura de rocío es el parámetro meteorológico que presenta los coeficientes de correlación más elevados (nivel de significación generalmente del 99%) actuando de forma positiva sobre todo en los momentos del día con concentraciones de esporas más elevadas. La humedad, que influye directamente en todas las fases asexuales del desarrollo de este hongo, presenta valores del coeficiente de correlación de Spearman significativos, generalmente al 99%, de signo positivo en el intervalo horario que define las horas en que se produce la subida de concentración de *Botrytis*. A pesar de que el intervalo de las 15-20 horas presenta elevados valores de temperaturas medias (25 °C), y según Marcilla (1968) y Ristori (1998) la germinación de las esporas de *Botrytis* se activa por temperaturas entre 20 °C y 25 °C, no se ha detectado una correlación significativa con la temperatura en este momento del día. Finalmente la velocidad del viento presenta correlación de signo negativo, con una significación del 99%, en las horas que se registran las concentraciones más bajas.

La correlación entre los valores medios diarios de concentración de esporas de *Uncinula necator* y las principales variables meteorológicas, presenta elevados coeficientes de correlación de signo positivo y con un nivel de significación del 99% con las variables de temperatura y la velocidad del viento (Tabla 2). Este último favorece la liberación de conidioforos y conidios formados en los extremos de las hifas del hongo. La correlación es negativa, nivel de significación al 95%, con la humedad y la precipitación. En nuestro caso el período con mayor acumulación de lluvias coincide con una menor concentración de esporas. Díaz (1999) observa que los picos de concentración siempre se registran cuando los valores de la humedad relativa se encuentran en torno al 60% y en los días previos se registran porcentajes de humedad superiores al 80%. En este sentido el pico máximo de concentración de oidio se registró el 9 de junio, día en el que la humedad fue cercana al 60%. Valorando estos resultados, es posible que la precipitación tenga un doble efecto en la concentración de esporas de este hongo: la primera, inmediata, con un lavado atmosférico y un arrastre de los conidios del hongo que se encuentran en la superficie de los órganos infectados, y otra a medio plazo, favoreciendo la germinación de los conidios que dispersaron las gotas de agua. Según Smith *et al.* (1992) los factores meteorológicos que poseen una mayor influencia en el ciclo biológico del oidio son la humedad y la elevada temperatura, que es condición indispensable en el desarrollo de este hongo, y actuando el viento como un agente de dispersión. Similares correlaciones fueron encontradas por Díaz *et al.* (1997) en la zona de Leiro y por Díaz (1999) en estudios anteriores realizados en Córghomo.

Si consideramos los valores del coeficiente de correlación de Spearman a lo largo de los diferentes intervalos horarios podemos comprobar que los momentos en los que se registran las concentraciones de oidio más elevadas coinciden con una correlación positiva con la velocidad del viento y negativa con la precipitación.

En el caso de *Plasmopara viticola* se encuentra una correlación positiva, al 95% de significación, con la humedad y negativa con la velocidad del viento y con su velocidad máxima. Por tanto, la humedad relativa, parámetro íntimamente ligado a la precipitación, juega un papel importante en la variación de las concentraciones de esporas de este hongo. Según Hidalgo (1993) las condiciones meteorológicas que favorecerán la contaminación primaria de esta espora son precipitaciones superiores a 10 mm. durante 1 ó 2 días consecutivos y acompañados de una temperatura media superior a los 12 °C. Para que se produzca una contaminación secundaria, solamente se requiere la presencia de lluvia para su diseminación. En nuestro estudio podemos comprobar como las mayores concentraciones tienen lugar en los días en los que se producen las precipitaciones más importantes. Los resultados de las correlaciones de los parámetros meteorológicos y las concentraciones de esporas a lo largo de las horas del día no presentan significación en la mayor parte de los casos quizá debido a la escasa concentración de esporas de *Plasmopara* detectadas.

Finalmente, y a pesar de las posibles alteraciones provocadas por la aplicación de tratamientos antifúngicos, se ha tratado de establecer para cada tipo de hongo, modelos predictivos de la concentración de esporas en la atmósfera del viñedo. Para ello se han tenido en cuenta las variables meteorológicas que alcanzaron el coeficiente de correlación más elevado y de signo positivo. Salvo en el caso de *Botrytis*, el porcentaje de variación explicado es muy bajo aún incluyendo en el modelo un estimador que podríamos considerar a priori altamente dependiente de la variable estimada, como la concentración de esporas del día anterior. En la tabla 4 se representa la ecuación de regresión para *Botrytis cinerea* utilizando como variables independientes la temperatura de rocío y la concentración de esporas del día anterior. Este análisis de regresión polinomial resulta significativo con un valor F de 26,508 (g.l. = 2,102 e p = 0,0000). Dicho análisis de regresión explicaría un 34,2% de la variabilidad de la concentración de esporas del día posterior, mientras que si considerásemos a la temperatura de rocío de forma individual, el modelo ex-

**Tabla 4**  
**Modelo de predicción de las concentraciones de esporas de *Botrytis***

<i>Botrytis</i>	R	r <sup>2</sup>	Adj. r <sup>2</sup>	F	g. I.	p	St. Err. Estim.
	0,585	0,342	0,329	26,508	2,102	0,0000	47,246
AÑO 1998	<i>Botrytis</i> = -0,633 + (0,1331 * T <sup>a</sup> rocío) + (0,5350 * <i>Botrytis</i> (día-1))						
	Beta	St. err. Beta	B	St. err. B	t(102)	P	
Intercept.			<b>-0,0633</b>	20,565	-0,0031	0,9975	
temp. rocío	0,1430	0,0823	<b>0,1331</b>	0,0767	1,7360	0,0856	
<i>Botrytis</i> (día-1)	0,5363	0,0823	<b>0,5350</b>	0,0821	6,5124	2,8310	

plicaría un bajo porcentaje de la variabilidad de los datos (7,03%). Por tanto mediante la combinación del dato de la temperatura de rocío y el valor de la concentración de esporas del día anterior se puede ayudar a prevenir la aparición de brotes de esta enfermedad, lo que reduciría la aplicación de fitosanitarios y los riesgos de contaminación en el medio ambiente.

## CONCLUSIONES

*Botrytis* es el hongo patógeno que durante el periodo vegetativo de la vid, presenta las concentraciones de esporas en la atmósfera más elevadas en los viñedos de Valdeorras, alcanzando una suma total de 12303 esporas, con un valor medio diario de 92 esporas/m<sup>3</sup>. La concentración media diaria más elevada fue 456 esporas/m<sup>3</sup> registradas el último día de muestreo. Las concentraciones de esporas encontradas en los casos de *Uncinula* y *Plasmopara* fueron mucho menores.

Al igual que ocurre de forma estacional, la distribución de las esporas a lo largo del día no se produce de forma homogénea. En este sentido es en el intervalo de las 19-20 horas cuando se registran las concentraciones más elevadas de *Botrytis* y *Uncinula*, y de *Plasmopara* a las 11-12 horas.

Como se puede comprobar por los resultados obtenidos en el análisis de correlación, los mecanismos que desencadenan la producción y liberación de esporas están influenciados por una gran cantidad de factores meteorológicos, por lo que elaborar un modelo de predicción de esporas en el aire resulta muy difícil. Los modelos en los que, además de las variables meteorológicos tienen en cuenta la cantidad de inóculo de patógeno existente, poseen una capacidad de predicción mucho más elevada que los que se basan solamente en datos meteorológicos. Por tanto los sistemas de control del nivel de esporas como sensores biológicos externos suponen una gran mejoría en el control de estas enfermedades. De todas maneras la potencia de estos modelos de predicción aumentaría con un mayor número de datos, por lo cual con el objeto de obtener unos modelos más ajustados, es necesario ampliar el estudio a años sucesivos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a las «Adegas Señorío S.A.T.» su colaboración y las facilidades proporcionadas para la ubicación del captador y de la estación meteorológica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BETTIGA, L. J.; GUBLER, W. D.; AROIS, J. J. & BLEDSOE, A. M. 1989. Integrated control of *Botrytis* bunch rot of grape. *California Agriculture*, March-April 1989: 9-11.

- BROOME, J. C.; ENGLISH, J. T.; MAROIS, J. J.; LATORRE, B. A. & AVILÉS, J. C. 1995. Development of an infection model for *Botrytis* bunch rot of grapes based on wetness duration and temperature. *Phytopathology*, 85: 97-102.
- CARBALLEIRA, A.; DE VESA, C.; RETUERTO, R.; SANTILLAN, E. & UCIEDA, E. 1983. *Bioclimatología de Galicia*. Fund. Barrié de la Maza, La Coruña: 391.
- DÍAZ, M. R. 1999. Aplicación de la Aerobiología en la Agricultura. Control de enfermedades fúngicas y producción de *Vitis vinifera*. *Tesis doctoral*. Universidad de Vigo.
- DÍAZ, M. R.; IGLESIAS, I. & JATO, V. 1997. Airborne concentrations of *Botrytis*, *Uncinula* and *Plasmopara* spores in Leiro-Ourense (NW Spain). *Aerobiologia*, 13: 31-35.
- DÍAZ, M. R.; IGLESIAS, I. & JATO, V. 1998. Seasonal variation of airborne fungal spores concentrations in a vineyard of Northwest Spain. *Aerobiologia*, 14: 221-227.
- ELIAS, F.; CASTELLVÍ, F.; BOSCH, A.; CUSIDÓ, J.; SÁNCHEZ, J.; FERRERES, E., GÓMEZ-ARNAU, A.; LÓPEZ, F.; MARTÍNEZ, J.; PÉREZ, P.; CASANELLAS, J.; PORTA, P. & Villar, J. 1996. *Agrometeorología*. Editorial Mundiprensa. Madrid.
- ENGLISH, J. T.; THOMAS, C. S.; MAROIS, J. J. & GUBLER, W. D. 1989. Microclimates of grapevine canopies associated with leaf removal and control of *Botrytis* bunch rot. *Phytopathology* 79: 395-401.
- FRENGUELLI, G. 2001. Interactions between climatic changes and allergenic plants. *Proceedings Environment and Allergy Conference*. Pavia 2001
- GALÁN, C.; TORMO, R.; CUEVAS, J.; INFANTE, F. & DOMÍNGUEZ, E. 1991. Theoretical daily variation patterns of airborne pollen in the South-west of Spain. *Grana*, 30: 201-209.
- GRANT SMITH, E. 1990. *Sampling and identifying allergenic pollens and molds*. Blewstone press. San Antonio.
- GUBLER, W. D.; MAROIS, J. J.; BLEDSOE, A. M. & BETTIGA, L. J. 1985. Control of *Botrytis* bunch rot of grape with canopy management. *Plant Disease*, 71: 599-601.
- HIDALGO, L. 1993. *Tratado de viticultura general*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.
- HIRST, J. M. 1952. An automatic volumetric spore-trap. *Ann. Appl. Biol.*, 36: 257-265.
- LÓPEZ, M. E.; MIÑANO, F.; OLIVE, J. & MUÑOZ, A. 1992. *La informática en la protección de los cultivos (Miniestaciones de alerta)*. Hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General de Estructuras Agrarias. Madrid.
- MANSILLA, J. P.; PINTOS, C. & ABELLEIRA, A. 1991. Problemática fitosanitaria del viñedo en Galicia. *Vitivinicultura*, 6: 42-43.
- MARCILLA ARRAZOLA, J. 1968. *Tratado de Viticultura & Enología Española*. Tomo I. Ed. SAETA. Madrid.
- PICCO, A. M. 1992. Presence in the atmosphere of vino and tomato pathogens. *Aerobiologia*, 8: 459-463.
- RISTORI, P. 1998. La *Botrytis* o muffa grigia. *Agronomia supp.*4: 2-4.
- RIVAS MARTÍNEZ, S. 1987. *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Serie Técnica, ICONA. Madrid.
- SMITH, I. M.; DUNEZ, J.; PHILLIPS, D. H.; LELLIOT, R. A. & ARCHER, S. A. 1992. *Manual de enfermedades de las plantas*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

*Original recibido: 14 de Enero de 2002*

*Versión final recibida: 8 de Mayo de 2002*