

# MODELO DE PREDICCIÓN PARA *Botrytis cinerea* EN UN VIÑEDO DE GALICIA (ESPAÑA)

(Predictive model for *Botrytis cinerea* in a vineyard of Galicia, Spain)

Aira, M.J.\*; Fernández-González, M.\*;  
Rodríguez-Rajo, F.J.\*\* & Jato, V.\*\*

\*Departamento de Botánica, Facultad de Farmacia,  
Universidad de Santiago (España)

\*\*Departamento de Biología Vegetal y Ciencias del Suelo,  
Facultad de Ciencias de Ourense, Universidad de Vigo (España)

**Palabras clave:** *Botrytis*, viñedo, predicción, Galicia, España  
**Key words:** *Botrytis*, vineyard, prediction, Galicia, Spain

## RESUMEN

Se realizó un recuento de las esporas de *Botrytis cinerea* en la atmósfera de un viñedo de la comarca del Ribeiro (Galicia, España), durante tres años consecutivos. Para explicar su abundancia, dicha información se ha relacionado con las fases fenológicas de la vid y con la influencia que los principales parámetros meteorológicos ejercen sobre el contenido fúngico. Tras el estudio estadístico de los datos se ha elaborado un modelo predictivo (regresión polinomial) de la concentración de dichas esporas en la atmósfera.

## INTRODUCCION

Diversas especies de hongos son importantes patógenos de plantas cultivadas y ornamentales. Entre ellas, *Botrytis cinerea* causante de la podredumbre gris, produce importantes pérdidas económicas en los viñedos. Los daños producidos en hojas, pámpanos y sarmientos no tienen demasiada importancia (salvo en circunstancias especiales), sin embargo, revisten una mayor gravedad en los racimos (Galet, 1977). Este hongo provoca una disminución en la calidad de los futuros vinos debido a la degradación de las materias colorantes, la destrucción de la película que contienen las sustancias aromáticas, la reducción del grado alcohólico, el aumento de fijación de SO<sub>2</sub> y de la acidez volátil de los vinos (Ribereau-Gayon & Peynaud, 1982). Por esta razón han sido numerosas las

Recibido: 12 Julio 2009

Aceptado: 12 Diciembre 2009

## ABSTRACT

During three consecutive years, the counting of *Botrytis cinerea* spores in the atmosphere of a vineyard in the region of Ribeiro (Galicia, Spain) has been carried out. To explain their abundance, such information has been related to the phenological stages of the vine and to the influence that the main meteorological parameters exert on the fungal content. Taking into account the statistical analysis of data, a predictive model (polynomial regression) for the concentration of these spores in the atmosphere has been prepared.

investigaciones encaminadas a analizar diversos aspectos de su ciclo vital, biología molecular, ecología y epidemiología, taxonomía, interacción hongo-hospedante, entre otros aspectos (English *et al.*, 1989; Kretschmer *et al.*, 1994; Coertze & Holtz, 2001; Latorre *et al.*, 2002; Carise *et al.*, 2008).

En este trabajo se ha estudiado su incidencia en un viñedo localizado en Cenlle (Ourense, España), una comarca en la que se producen vinos de gran calidad y fama mundial que se encuadran en la Denominación de Origen Ribeiro.

El objetivo del estudio se ha centrado en conocer la abundancia de las esporas del patógeno en el aire y analizar su relación con las fases fenológicas de la vid. Por otro lado, dada la gran importancia de los factores meteorológicos, tanto sobre el hongo como sobre su hospedante, se ha intentado determinar cuales de ellos tienen una mayor influencia sobre el contenido fúngico del aire (inóculo potencial durante el ciclo biológico de la vid).

El conocimiento de las concentraciones de los propágulos fúngicos en el aire permite, mediante la utilización de herramientas estadísticas, la elaboración de modelos predictivos de su evolución en la atmósfera. De esta forma, se podrían tomar medidas preventivas para proteger la cosecha de la severidad de los daños y, adecuar la administración de productos fungicidas. Los tratamientos químicos deben ser aplicados cuando el cultivo realmente los necesite, es decir, sólo antes del final de la incubación del patógeno y no atendiendo a calendarios preestablecidos, ya que de esta forma con un sobretratamiento se podría inducir la resistencia del patógeno al tratamiento químico.

De todas las aplicaciones estadísticas que se pueden usar en este tipo de datos, en este trabajo se han utilizado los modelos basados en regresiones. Estos permiten predecir los valores de la concentración de esporas desarrollando ecuaciones univariantes no lineares en las que participan como variables independientes aquellas que presenten una mayor capacidad productora (Aira *et al.*, 2008). En este estudio, además de las variables meteorológicas, se han añadido como variable independiente las concentraciones de esporas del día anterior, las cuales reflejan mejor de forma conjunta los factores que afectan a la producción y liberación de estas.

## MATERIALES Y METODOS

La comarca del Ribeiro se sitúa en el borde noroccidental de la provincia de Ourense (España) y tiene una superficie total de 371,4 Km<sup>2</sup> (Figura 1). El estudio se realizó en un viñedo del municipio de Cenlle, en la comarca del Ribeiro, en el que se cultivan principalmente tres variedades de uva (Treixadura, Godello y Loureira).

La situación y orografía de esta zona proporciona un ecoclima de transición oceánico-mediterráneo, lo que permite que las uvas maduren, conservando su aroma y acidez. De acuerdo al *Multicriteria Climatic Classification System* (MCC) de Geoviticultura, la mayor parte de las zonas vitivinícolas de esta comarca atravesada por el río

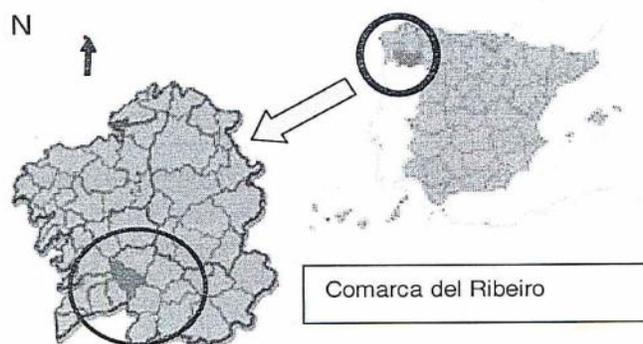


Figura 1. Localización del área de estudio

Miño, se definirían como templadas y cálidas, subhúmedas, con noches muy frías (Blanco-Ward *et al.*, 2007). Los datos de temperatura (máxima, mínima y media) y humedad (relativa y absoluta), utilizados en este estudio proceden de una estación meteorológica Hobo H8 Proseries, situada en el viñedo, mientras que la información relativa a la precipitación, temperatura de rocío, radiación solar y velocidad del viento han sido facilitados por una estación meteorológica Davids, situada en una parcela adyacente a la Cooperativa vitivinícola.

Tanto el estudio fenológico como el aerobiológico se realizaron durante el periodo activo de la vid, durante tres años consecutivos (2004 -2006). Para el primero de ellos se utilizó la escala de Lorenz *et al.* (1994), que ha sido adoptada por la Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt and Chemical industry (BBCH), sobre 60 cepas previamente seleccionadas (20 de cada una de tres variedades del viñedo). Por su parte, el estudio aerobiológico se ha realizado con un captador volumétrico Lanzoni VPPS-2000, siguiendo la metodología propuesta por la Red Española de Aerobiología (Galán *et al.*, 2007).

Con el fin de conocer la influencia que las principales variables meteorológicas tienen sobre la concentración de esporas de *Botrytis*, se realizó un análisis de correlación lineal de Spearman ( $r$ ), no paramétrico utilizado en este caso por la no existencia de normalidad en los datos. Se ha calculado el grado de significación para los intervalos de confianza del 90% (\*), 95% (\*\*), y del 99% (\*\*\*). Como variable dependiente se utilizó la concentración de esporas de cada tipo y, como variables independientes los parámetros meteorológicos, temperatura máxima, mínima, media y punto de rocío, radiación solar, lluvia, humedad absoluta y relativa y la velocidad máxima y media del viento. Para todas estas variables se han tenido en cuenta los valores registrados el mismo día y los de días anteriores (de 1 a 7). Así mismo, se ha valorado el grado de asociación entre las concentraciones registradas un día determinado y, las del mismo hongo 1, 2 y 3 días anteriores, así como las registradas el mismo día para otros dos tipos de hongos comunes en el viñedo (*Uncinula* y *Plasmopara*), de los cuales también se ha realizado el recuento de sus propágulos en el aire, durante el mismo periodo de tiempo y usando la misma metodología que para los de *Botrytis* (Albelda *et al.*, 2005).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Concentración de patógenos

La presencia de esporas de *B. cinerea* en el aire, ha sido prácticamente constante a lo largo del ciclo de crecimiento de la vid, aunque con oscilaciones importantes en sus niveles según el año de estudio (Fig. 2). Los Estudios

fenológicos en los que se han detectado los niveles más elevados han sido los de desarrollo de las inflorescencias (Estadio 5), a partir de la fases fenológicas 55 (inflorescencias hinchándose) y 57 (inflorescencias desarrolladas completamente) y, en la floración (Estadio 6); si bien en el año 2006, los niveles máximos se han retrasado al Estadio 7 (formación del fruto). La mayor incidencia de este patógeno, coincidiendo con la floración, parece estar relacionado con el polen y los exudados azucarados presentes en la flor durante esta etapa, que favorecen la colonización de estos tejidos por *B. cinerea* (Esterio et

al., 1996). Por ello la floración, junto con el período comprendido entre el inicio de la maduración y la cosecha, son los más vulnerables a este patógeno (Bulit & Dubos, 1988; Latorre, 1999).

#### Análisis de correlación

Los valores del coeficiente de correlación calculado con las esporas de *Botrytis* (Tablas 1 y 2) han resultado homogéneos durante los tres años de estudio, aunque los obtenidos durante el año 2005 fueron ligeramente

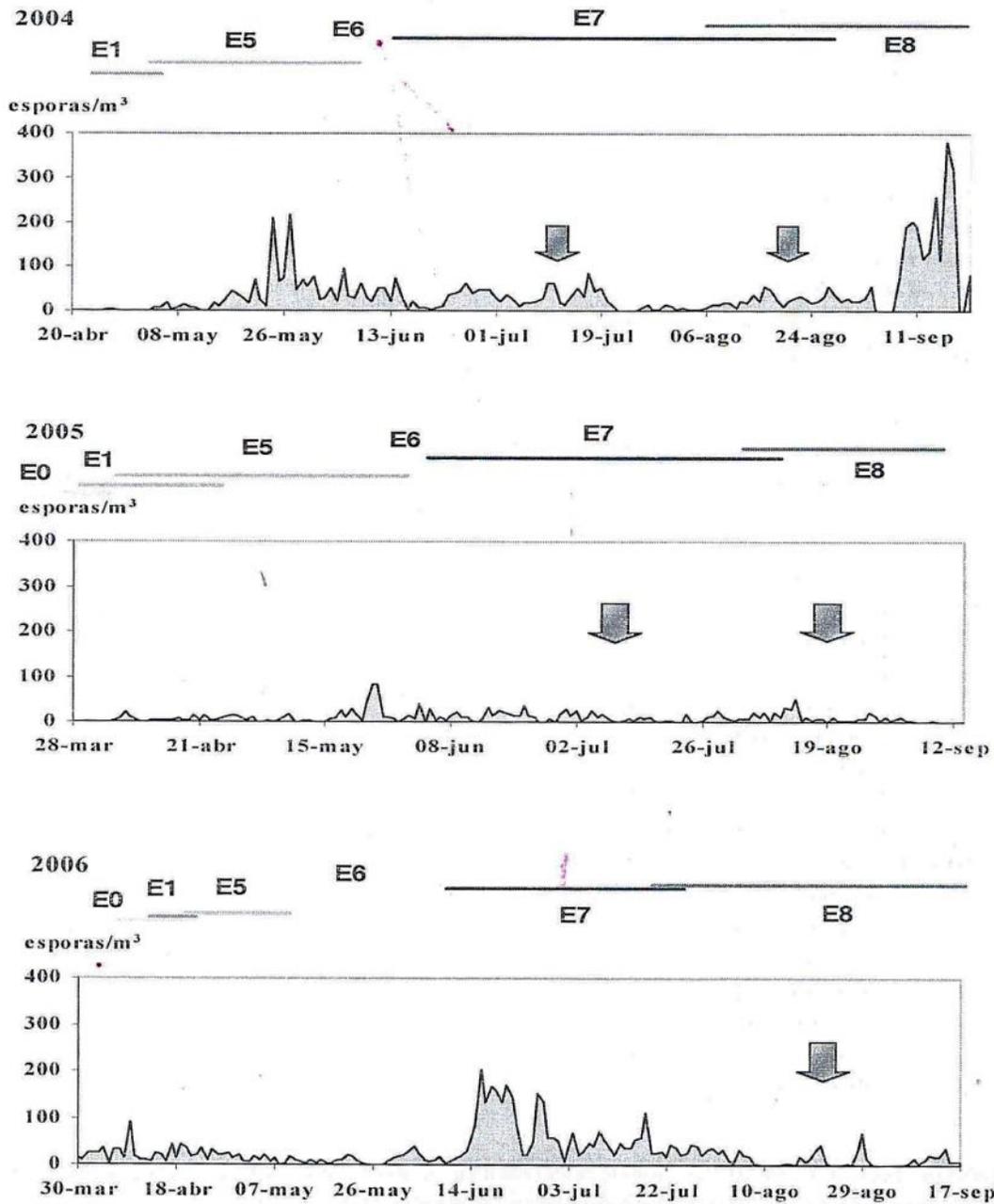


Fig. 2.- Duración de los estadios principales de la vida (E0, E1, E5, E6, E7, E8), niveles de esporas de *Botrytis* en el aire y aplicación de tratamientos (flechas)

	2004	2005	2006	2004-2006
<i>Botrytis-1</i>	0,779***	0,502***	0,672***	0,738***
<i>Botrytis-2</i>	0,680***	0,420***	0,566***	0,668***
<i>Botrytis-3</i>	0,686***	0,212***	0,539***	0,592***
<i>Plasmopara</i>	0,516***	0,344***	0,125	0,369***
<i>Uncinula</i>	0,524***	0,430***	0,160**	0,259***
TEMPERATURA MAXIMA	0,212**	0,337***	0,142*	0,243***
Temp. máxima-1	0,116	0,255***	0,112	0,181***
Temp. máxima-2	0,028	0,123	0,038	0,099**
Temp. máxima-3	0,014	0,034	0,022	0,066
Temp. máxima-4	-0,064	0,047	0,054	0,064
Temp. máxima-5	-0,099	0,006	0,056	0,051
Temp. máxima-6	-0,118	-0,015	0,147*	0,072
Temp. máxima-7	-0,107	0,012	0,167**	0,089*
TEMPERATURA MINIMA	0,215**	0,237***	0,116	0,190***
Temp. mínima-1	0,231***	0,181**	0,058	0,157***
Temp. mínima-2	0,240***	0,201**	0,066	0,169***
Temp. mínima-3	0,179**	0,158*	0,117	0,174
Temp. mínima-4	0,169*	0,126	0,124	0,161***
Temp. mínima-5	0,176**	0,128	0,177**	0,188***
Temp. mínima-6	0,189**	0,101	0,209***	0,194***
Temp. mínima-7	0,168*	0,032	0,261***	0,188***
TEMPERATURA MEDIA	0,168**	0,314***	0,139*	0,217***
Temp. media-1	0,111	0,218***	0,069	0,149***
Temp. media-2	0,052	0,153*	0,011	0,095**
Temp. media-3	-0,009	0,089	0,031	0,077
Temp. media-4	-0,070	0,079	0,025	0,063
Temp. media-5	-0,095	0,065	0,073	0,071
Temp. media-6	-0,088	0,032	0,129	0,087*
Temp. media-7	-0,085	0,031	0,165**	0,099**
TEMPERATURA DE ROCIO	0,387***	0,259***	0,299***	0,356***
Temp. rocío-1	0,402***	0,278***	0,316***	0,370***
Temp. rocío-2	0,431***	0,241***	0,366***	0,383***
Temp. rocío-3	0,391***	0,154*	0,415***	0,366***
Temp. rocío-4	0,363***	0,082	0,425***	0,343***
Temp. rocío-5	0,367***	0,081	0,402***	0,323***
Temp. rocío-6	0,329***	0,039	0,369***	0,288***
Temp. rocío-7	0,266***	0,001	0,287***	0,226***
RADIACION SOLAR	-0,011	0,364***	0,063	0,042
Rad. solar-1	-0,044	0,250***	0,022	-0,011
Rad. solar-2	-0,055	0,149*	-0,072	-0,076*
Rad. solar-3	-0,071	0,082	-0,066	-0,104**
Rad. solar-4	-0,104	0,082	-0,039	-0,110**
Rad. solar-5	-0,142*	0,024	-0,045	-0,133***
Rad. solar-6	-0,178**	-0,023	0,034	-0,123***
Rad. solar-7	-0,161*	0,122	0,109	-0,066

Tabla 1.- Valores del coeficiente de correlación de Spearman entre las concentraciones diarias de esporas de *Botrytis* con las de los tres días anteriores, con las de las esporas de *Plasmopara* y *Uncinula*, con las temperaturas máxima, mínima, media y de rocío y, con la radiación solar, así como con los valores registrados por dichos factores meteorológicos de 1 a 7 días anteriores. Grado de significación: 90% (\*), 95% (\*\*) y del 99% (\*\*\*)

	2004	2005	2006	2004-2006
<b>LLUVIA</b>	-0,206**	-0,249***	0,078	-0,114***
<i>Lluvia-1</i>	-0,165*	-0,129*	0,091	-0,069
<i>Lluvia-2</i>	-0,081	0,016	0,146	0,013
<i>Lluvia-3</i>	0,020	0,009	0,153	0,033
<i>Lluvia-4</i>	0,054	0,059	0,142	0,054
<i>Lluvia-5</i>	0,107	0,075	0,156	0,071**
<i>Lluvia-6</i>	0,163*	0,023	-0,008	0,017
<i>Lluvia-7</i>	0,169**	-0,063	-0,035	-0,010
<b>HUMEDAD ABSOLUTA</b>	0,391***	0,249***	0,300***	<b>0,354***</b>
<i>Hdad absoluta-1</i>	0,409***	0,275***	0,324***	<b>0,374***</b>
<i>Hdad absoluta-2</i>	0,442***	0,236***	0,372***	<b>0,387***</b>
<i>Hdad absoluta-3</i>	0,404***	0,155*	0,424***	<b>0,373***</b>
<i>Hdad absoluta-4</i>	0,374***	0,087	0,429***	<b>0,347***</b>
<i>Hdad absoluta-5</i>	0,380***	0,090	0,408***	<b>0,327***</b>
<i>Hdad absoluta-6</i>	0,342***	0,046	0,369***	<b>0,291***</b>
<i>Hdad absoluta-7</i>	0,281***	0,007	0,281***	<b>0,227***</b>
<b>HUMEDAD RELATIVA</b>	0,172**	-0,177**	0,068	0,039
<i>Hdad relativa-1</i>	0,260***	-0,029	0,151*	0,135***
<i>Hdad relativa-2</i>	0,344***	0,052	0,231***	0,210***
<i>Hdad relativa-3</i>	0,350***	0,066	0,223***	0,214***
<i>Hdad relativa-4</i>	0,353***	0,030	0,208***	0,197***
<i>Hdad relativa-5</i>	0,381***	0,028	0,153*	0,170***
<i>Hdad relativa-6</i>	0,359***	-0,009	0,061	0,113**
<i>Hdad relativa-7</i>	0,313***	-0,049	-0,044	0,051
<b>VIENTO (velocidad máxima)</b>	-0,138	-0,043	-0,097	-0,064
<i>Viento máximo-1</i>	-0,153*	-0,165**	-0,144*	-0,114**
<i>Viento máximo-2</i>	-0,013	-0,175**	-0,074	-0,054
<i>Viento máximo-3</i>	-0,035	-0,081	0,038	0,001
<i>Viento máximo-4</i>	-0,084	0,044	0,022	0,009
<i>Viento máximo-5</i>	-0,020	-0,004	-0,029	-0,001
<i>Viento máximo-6</i>	-0,012	-0,005	-0,096	-0,020
<i>Viento máximo-7</i>	-0,009	-0,073	-0,113	-0,042
<b>Viento (velocidad media)</b>	-0,130	-0,157**	-0,056	-0,176***
<i>Viento medio-1</i>	-0,136	-0,239***	-0,124	-0,223***
<i>Viento medio-2</i>	-0,084	-0,139*	-0,008	-0,149***
<i>Viento medio-3</i>	-0,091	-0,115	0,052	-0,141***
<i>Viento medio-4</i>	-0,134	-0,029	0,006	-0,138***
<i>Viento medio-5</i>	-0,059	-0,075	-0,016	-0,147***
<i>Viento medio-6</i>	-0,098	-0,044	-0,107	-0,162***
<i>Viento medio-7</i>	-0,088	-0,099	-0,122	-0,179***

Tabla 2.- Valores del coeficiente de correlación de Spearman entre las concentraciones diarias de esporas de *Botrytis* con la lluvia, humedad absoluta, humedad relativa y velocidad máxima y media del viento, así como con los valores registrados por dichos factores meteorológicos de 1 a 7 días anteriores. Grado de significación: 90% (\*), 95% (\*\*) y del 99% (\*\*\*)

inferiores. Al considerar los años de muestro en su conjunto, se han registrado correlaciones con nivel de significación del 99% y signo positivo, con la concentración de esporas de los tres días anteriores y la de las esporas de *Plasmopara* y de *Uncinula* y, en el caso de los parámetros meteorológicos estudiados, con la temperatura máxima y media del mismo día y del día anterior, y con la temperatura mínima y temperatura de rocío del mismo día y de 1 a 7 días anteriores. Con el mismo nivel de significación pero con un signo negativo, se obtuvieron correlaciones con la radiación solar de 5 y 6 días anteriores, la lluvia del mismo día y la velocidad media del viento tanto del mismo día como de los siete días anteriores. Finalmente, con la humedad, la correlación resultó positiva. Los coeficientes de correlación más elevados se obtuvieron con la humedad absoluta y la temperatura de rocío.

#### Modelo de regresión.

Con el objetivo de predecir los valores de la concentración de esporas en la atmósfera del viñedo, hemos realizado un modelo basado en las regresiones. Como estimadores del mismo, se seleccionaron las variables meteorológicas que presentaron los coeficientes de Spearman más elevados en los análisis de correlación previos. Además, se ha incluido como variable independiente la concentración de esporas del mismo hongo registradas el día anterior.

En el modelo obtenido para *Botrytis*, se ha tomado como variable dependiente la concentración de esporas y, como variables independientes la temperatura de rocío y la humedad absoluta de dos días anteriores. Este análisis de tipo polinomial de primer grado, resultó significativo con un valor F de 22,306 (g.l.=2,243 y  $p<0,000$ ). La recta de regresión explicaría un 9% de la variabilidad de la concentración de esporas de *Botrytis* en la atmósfera del viñedo (Tabla 3). Con el fin de obtener un modelo de

mayor capacidad predictiva, se ha introducido variable independiente la concentración de esporas del día anterior conjuntamente con los parámetros meteorológicos anteriormente mencionados. Los resultados de este análisis de regresión polinomial resultaron significativos con un valor F de 168,40 (g.l.=3,425 y  $p<0,000$ ). Esta recta de regresión explicaría un 54% de la variabilidad de la concentración de esporas de *Botrytis*.

El conocimiento de las concentraciones de esporas en el aire permite fijar las fechas de aplicación de productos fitosanitarios, limitándolas a los momentos en que se produce un riesgo real de la enfermedad. En este estudio se han detectado esporas de *Botrytis* de manera permanente constante a lo largo del ciclo de crecimiento, con oscilaciones importantes en sus niveles durante los años de estudio.

La evolución de las concentraciones de esporas presentó un comportamiento desigual en los años muestreados. Así, en el año 2004 se registró un importante incremento de la concentración de las esporas de *Botrytis* en la etapa final de la maduración de las bayas (Estadío 5) coincidiendo prácticamente con las fechas de recolección de la cosecha. Esta circunstancia fue ya señalada en otros años anteriores realizados en Leiro, localidad próxima a la ubicación del viñedo estudiado y en Córcoles, localidad incluida en otra denominación de origen en la provincia de Ourense (D.O. Valdeorras) (Rodríguez-Rajo *et al.*, 2004). Este incremento en 2004, podría estar relacionado con una mayor incidencia de la enfermedad durante la floración (ha sido el año en el que se han registrado los niveles más elevados de esporas en el aire más elevados en la floración y en la etapa final del Estadio 5), ya que se ha postulado que las infecciones latentes desarrolladas durante dicho ciclo de vida son una importante fuente de inóculo primario de las infecciones en la cosecha o postcosecha (La Vasquez, 1996; Holz *et al.*, 1997; Wolf *et al.*, 1997).

Tabla 3.- Modelos de regresión para la predicción de las esporas de *Botrytis*

	BETA	Error BETA	B	Error B	t	valor
<b><math>R=0,306</math> <math>R^2=0,094</math> <math>R^2</math> ajustado=0,090</b>						
<b><math>F(2,243)=22,306</math> <math>p&lt;0,000</math> Error std. estimados: 40,831</b>						
Intercept			-82,966	22,960	-3,614	0,000
Humedad absoluta-2	1,054	0,328	21,716	6,759	3,213	0,001
Temp. de rocío-2	-0,775	0,328	-9,939	4,208	-2,362	0,022
<b><math>R=0,737</math> <math>R^2=0,543</math> <math>R^2</math> ajustado=0,540</b>						
<b><math>F(3,425)=168,40</math> <math>p&lt;0,000</math> Error std. Estimados: 29,052</b>						
Intercept			-42,276	16,518	-2,559	0,012
<i>Botrytis</i> -1	0,697	0,034	0,737	0,036	20,488	0,000
Humedad absoluta-2	0,544	0,235	11,205	4,850	2,310	0,023
Temp. de rocío-2	-0,447	0,235	-5,723	3,008	-1,902	0,063

*Botrytis* coloniza restos florales (estambres, caliptras senescentes) y de esta forma puede persistir en los racimos, proporcionando el inóculo necesario para infecciones en dichas etapas (Jermiñi *et al.*, 1986).

El incremento de conidios de *Botrytis* en la etapa de maduración, supone un riesgo importante para la cosecha, ya que la susceptibilidad de la vid a la infección por este agente parece aumentar a medida que incrementa el grado de madurez de las bayas (Kretschmer *et al.*, 1994). En nuestro estudio, el nivel máximo alcanzado se ha registrado precisamente al final de la etapa de maduración de las bayas, en el año 2004 (384 esporas/m<sup>3</sup>), el mismo año en el que se han alcanzado el mayor total anual de esporas de *Botrytis* en el aire (5.921 esporas, frente a 4.931 y 1.700 en los años 2006 y 2005 respectivamente). Durante este Estadio las heridas, como lugares principales de entrada para el patógeno a las uvas, juegan un papel trascendental, tanto sobre la expresión sintomática como sobre la epidemiología de la enfermedad, ya que la piel de las uvas es una efectiva barrera a la penetración de conidios solitarios (Coertze & Holz, 2001). La importancia de las lluvias sobre el desarrollo de las infecciones al final de la maduración, ha sido apuntada por diversos autores (Gubler *et al.*, 1985; Bettiga *et al.*, 1989).

En nuestro estudio, la mayor incidencia de la enfermedad en esta etapa final de maduración, podría haberse visto favorecida por la lluvia de los primeros días del mes de septiembre, la cual además de favorecer la dispersión de los conidios por salpicaduras (Jarvis *et al.*, 2002) y el impacto de las gotas sobre las bayas, podría contribuir a la rotura de la piel y a través de ellas la entrada del inóculo. La mayor incidencia de *Botrytis* en los años 2004 y 2006, podría estar en relación con la humedad relativa más elevada en ambos años, y especialmente en el año 2004. En dicho año, se han registrado humedades relativas superiores al 90%, con máximas de 97%, durante varios días consecutivos, que coincidieron con los niveles de esporas/m<sup>3</sup> más elevados de los tres años. Las elevadas humedades registradas, favorecerían que se alcanzase la temperatura de rocío, la cual propiciaría la condensación del vapor de agua contenido en el aire en forma de rocío y neblina, aportando condiciones adecuadas para la germinación de los conidios. Aunque diversos estudios han señalado que la presencia de agua libre favorece el desarrollo de la infección (Marois *et al.*, 1986), en los últimos años se ha sugerido que cuando existe elevada humedad ambiental (93% RH), los conidios del aire tendrían igual potencial para infectar sobre superficies secas o húmedas (Coertze & Holz, 2001), si bien la adherencia de los conidios es más fuerte cuando se deposita sobre una gota de agua o sobre una superficie húmeda, que sobre una superficie seca (Spotss & Golz, 1996). Se ha señalado la existencia de infección con HR superior al 90%, ya que

es posible que ocurran condensaciones imperceptibles sobre el hospedante, que proporcionen el agua necesaria para iniciar la germinación y, eventualmente producir una severa infección (Latorre & Rioja, 2001).

La temperatura y la humedad ambiental han sido ampliamente reconocidas como factores determinantes en el desarrollo de la infección por *Botrytis* (Nair *et al.*, 1995; Broome *et al.*, 1995), estableciendo que la germinación de las esporas, su desarrollo, y la virulencia de la enfermedad son consecuencia de la interrelación entre ambos parámetros. En este estudio, también la temperatura favorecería el desarrollo del hongo y el incremento de concentraciones de sus esporas, ya que especialmente los máximos de septiembre (>200 esporas/m<sup>3</sup>), se produjeron con temperaturas medias de 20°C, temperatura considerada como óptima para la infección (Latorre *et al.*, 2002).

En los tres años de estudio se han aplicado dos tratamientos con productos fitosanitarios, uno en la primera quincena de julio, coincidiendo con el Estadio 7 (formación del fruto), concretamente en las Fases 75 ó 79 y, la segunda en el mes de agosto, Estadio 8 (maduración de frutos) (Tabla 4). Teniendo en cuenta los elevados niveles de este patógeno alcanzados en la floración (Estadio 6), la vulnerabilidad de la vid a este patógeno en estos Estadios, así como la importancia de las infecciones latentes durante este período para infecciones posteriores, se podría considerar la posibilidad de adelantar el primero de dichos tratamientos a ese momento (Estadio 6).

Los resultados de la correlación entre las concentraciones de *Botrytis* en el aire y los principales parámetros meteorológicos confirman la importancia de la humedad y la temperatura de rocío (factores íntimamente ligados entre sí) en el desarrollo de las infecciones, habiéndose obtenido los coeficientes más elevados entre las concentraciones de un día y los valores registrados por ambos parámetros dos o tres días antes. En la Figura 3 se reflejan, las diferencias observadas entre los datos estimados de niveles de *Botrytis* (mediante la aplicación de las ecuaciones de regresión obtenidas) y los datos reales registrados en el año 2007, observándose un buen ajuste entre ambas.

Por su parte, el t-Test para muestras dependientes realizado para comprobar si existen variaciones signifi-

Tabla 4.- Aplicaciones de productos antibottríticos

Tratamientos antibottritis aplicados			
	Fecha	Fase fenológica	Esporas/m <sup>3</sup>
2004	12 Julio	75/79	18
	25 Agosto	81/83	22
2005	14 Julio	79	11
	23 Agosto	81/83	2
2006	6 Julio	75	28
	23 Agosto	81/83	42

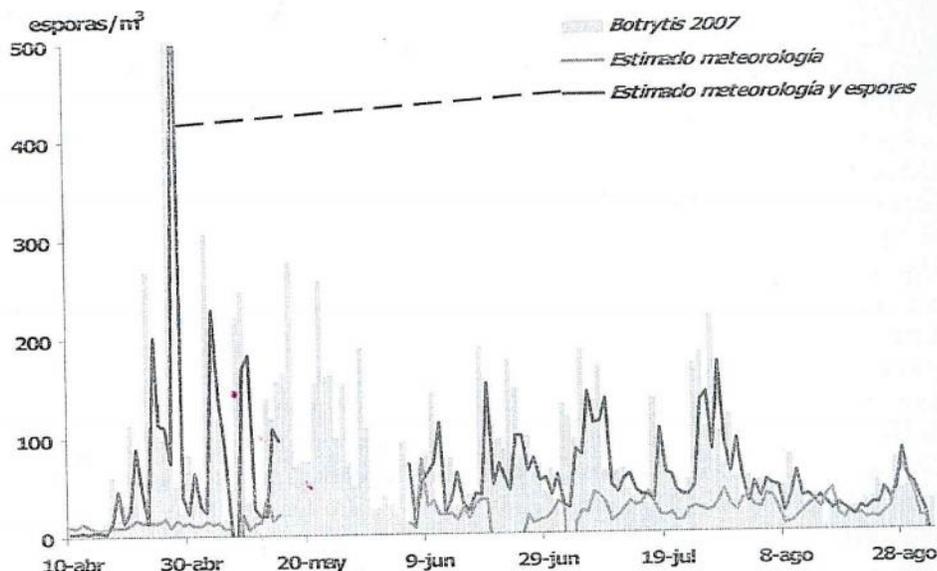


Fig. 3.- Niveles de esporas de *Botrytis*, observadas y predichas en el año 2007

ficativas entre los mismos, nos indicó la inexistencia de tales diferencias cuando el modelo aplicado es el que incluye parámetros meteorológicos seleccionados (temperatura de rocío y la humedad absoluta de dos días antes) y, la concentración de esporas del día anterior (Tabla 5).

En conclusión, los altos niveles de humedad, favorecen las concentraciones elevadas de esporas de *Botrytis* y las fases fenológicas 55 (inflorescencias hinchándose), 57 (inflorescencias desarrolladas completamente), el estadio principal 6 (floración) y el final

de la fase de maduración son las más vulnerables al ataque del fitopatógeno.

Los parámetros meteorológicos que manifestaron una correlación más elevada con el nivel de esporas en el aire, fueron la humedad absoluta y la temperatura de rocío de dos ó tres días precedentes. Ambos parámetros, conjuntamente con los niveles de esporas del día anterior, fueron las variables independientes con mayor capacidad predictor, en el modelo de regresión obtenido para las concentraciones de esporas en el aire.

Tabla 5.- t-Test de muestras paralelas para *Botrytis*

Modelo	N	<i>Botrytis</i> 2007		Esporas estimadas		t	df	P
		Media	Desv. Std	Media	Desv. Std			
Meteorología	125	77	95,670	16,942	22,524	6,7	124	0,000
Meteorología y esporas	125	77	95,670	61,245	70,723	1,6	124	0,110

## REFERENCIAS

- Aira, M.J.; Rodríguez-Rajo, F.J. & Jato, V. (2008). 47 Annual record of allergenic fungi spore: Predictive models from the NW Iberian Peninsula. *Ann Agric Environ Med* 15:1-8
- Albelda, Y.; Rodríguez-Rajo, F.J.; Jato, V. & Aira, M.J. (2005). Concentraciones atmosféricas de propágulos fúngicos en viñedos del Ribeiro (Galicia, España). *Boletín Micológico* 20:1-8
- Bettiga, J.L. ; Gubler, W.D.; Arois, J.J. & Bledsoe, A.M. (1989). Integrated control of *Botrytis* bunch rot of grape. *California Agriculture* 9-11
- Blanco-Ward, D.; García, J.M. & Jones, G.V. (2007). Spatial climate variability and viticulture in the Miño River Valley of Spain. *Vitis* 46:63-70
- 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
- Bullit, J. & Dubos, B. (1988). *Botrytis* bunch rot and blight. In Pearson & Goheen (Edits.). *Compendium of Grapes Diseases*. The

American Phytopathological Society, St. Paul., Minnesota

**Carise, O., Savary, S. & Willocquet, L.** (2008). Spatiotemporal relationships between disease development and airborne inoculum in unmanaged and managed *Botrytis* leaf blight epidemics. *Phytopathology* 98:38-44

**Coertze, S. & Holtz, G.** (2001). Germination and establishment of infection on grape berries by single airborne conidia of *Botrytis cinerea*. *Plant Disease* 85:668-677

**Díaz, M.R., Iglesias, I. & Jato, V.** (1997). Airborne concentrations of *Botrytis*, *Uncinula* and *Plasmopara* spores in Leiro-Ourense (NW Spain). *Aerobiología* 13:31-35

**Díaz, M.R., Iglesias, I. & Jato, V.** (1998). Seasonal variation of airborne fungal spore concentrations in a vineyard of North-West Spain. *Aerobiología* 14:221-227

**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

**Esterio, M.; Auger, J.; Droguett, A. & Arroyo, A.** (1996). Effectiveness of biological integrated and traditional control programs of *Botrytis cinerea* in table grape in the Central Valley of Chile. XI Int. Botrytis Symp. Wageningen. The Netherlands

**Galán, C., Cariñanos, P., Alcázar, P. & Domínguez, E.** (2007). *Manual de Calidad y Gestión de la Red Española de Aerobiología*. Servicio de Publicaciones. Universidad de Córdoba.

**Galet, P.** (1977). Les maladies et les parasites de la vigne. Tome 1 et 2. Imprimerie du «Paysan du Midi». Montpellier (Francia).

**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

**Holtz, G.; Coertze, S. & Basson, E.J.** (1997). Latent infection of *Botrytis cinerea* in grape pedicels leads to post harvest decay. *Phytopathology* (Abs.) 87:S43

**Jarvis, W.R.; Gubler, W.D. & Grove, G.G.** (2002). Epidemiology of powdery mildews in agricultural pathosystems. Pags. 166-199. In Bólaner R.R., Bushnell W.R., Dikana A.J. & Timothy L.W. (eds.). *The powdery Mildews a Comprehensive Treatise*. T. Paul. Minnesota. USA

**Jermini, M.; Jelmini, G. & Gessler, C.** (1986). La lutte contre le *Botrytis cinerea* du Merlot au Tessin. Le rôle des infections latentes. *Rev. Suisse Vitic. Arboric.* 18:161-166

**Kretschmer, M., Kassemeyer, H. & Hahn, M.** (1994). Age-dependent Grey Mould susceptibility and tissue-specific defence gene activation of grapevine berry skins after infection by *Botrytis cinerea*. *American Journal of Enology and Viticulture* 45:133-140

**Latorre F.** (1999). Differences between airborne pollen and flowering phenology of urban trees with reference to production, dispersal and interannual climate variability. *Aerobiol.*, 15:131-141

**Latorre, B.A. & Rioja, M.E.** (2001).- Efecto de la temperatura y humedad relativa sobre la germinación de conidias de *Botrytis cinerea*. *Cien. Inv. Agr.* 29:67-72

**Latorre, B. & Vázquez, G.** (1996).- Situaciones de *Botrytis cinerea* latente en uva de mesa de la zona Central. *Aconex* 52:16-21

**Latorre, B.A., Rioja, M.E. & Lillo, C.** (2002). Efecto de la temperatura en el desarrollo de la infección producida por *Botrytis cinerea* en flores y bayas de uva de mesa. *Ciencia e Investigación Agraria* 29:145-151

**Lorenz, D.H.; Eichorn, K.W.; Bleiholder, H.; Klose, R.; Meier, U.; Weber, E.** (1994). Phänologische Entwicklungsstadien der Weinrebe (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*). Codierung und Beschreibung nach der erweiterten BBCH-Skala. *Vitic. Enol. Sci.* 49:66-70

**Marois, J.J.; Nelson, J.K.; Morrison, J.C.; Lile, L.S.; Bledsoe, A.M.** (1986). The influence of berry contact within grape clusters on the development of *Botrytis cinerea* and epicuticular wax. *Am. J. Enol. Vitic.* 37:293-296

**Nair, N.G.; Guibaudoulton, S.; Barchia, I. & Emmett, R.** (1995). Significance of carry over inoculum, flower infection and latency on the incidence of *Botrytis cinerea* in berries of grapevines at harvest in New South Wales 35:1177-1180

**Ribereau-Gayon, J. & Peynaud, E.** (1982). *Ciencia y Técnicas de la viña*. Editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires. Argentina.

**Rodríguez-Rajo, F.J., Seijo, M.C. & Jato, V.** (2002). Estudio de los niveles de fitopatógenos para la optimización de cosechas de *Vitis vinifera* en Valdeorras (1998). *Botánica Complutensis* 26: 121-135

**Spotts, R.A. & Holz, G.** (1996). Adhesion and removal of conidia of *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum* from grape and plum fruit surfaces. *Plant Dis.* 80:688-691

**Woff, T.K.; Baudin, A.B.A.M. & Martínez-Ochoa, N.** (1997). Effect of floral debris removal from fruit clusters on *Botrytis* bunch rot of Chardonnay grapes. *Vitis* 36:27-33