

Predicción de la polilla del racimo de la vid (*Lobesia botrana*) en seis Denominaciones de Origen de Castilla y León

I. ARMENDÁRIZ, A. PÉREZ-SANZ, L. MIRANDA

Se comparan los datos de la incidencia de la polilla del racimo de la vid (*Lobesia botrana*) en seis Denominaciones de Origen de Castilla y León, tanto en el caso de parcelas próximas a estaciones meteorológicas como en el conjunto de los viñedos estudiados en cada D.O. Se cuantifican los máximos de población de las tres generaciones de la polilla y se comparan las fechas de aparición con las previsiones realizadas con el modelo de Touzeau. En la mayoría de los casos hay un excedente de grados-día que se traduce en un importante desfase temporal entre las fechas indicadas por el modelo y las realmente constatadas en campo. Se discuten otras posibilidades de previsión. La consideración de los valores históricos y la constatación de la normalidad del clima aparecen como el enfoque sencillo más válido a la hora de establecer los momentos de tratamiento.

I. ARMENDÁRIZ. Apoyado por el Fondo Social Europeo a través de la Convocatoria del Sistema INIA-CCAA. i.armendariz2009@gmail.com

Palabras clave: plagas, meteorología, integral térmica, modelos.

INTRODUCCIÓN

La polilla del racimo (*Lobesia botrana* Denis y Schiffermüller), plaga clave de los viñedos del área mediterránea (COSCOLLA, 1997), presenta en Castilla y León tres generaciones anuales, aunque pueden llegar a cuatro en los viñedos leoneses del Bierzo (SANTIAGO *et al.*, 2007), apareciendo ligada al cultivo de la vid, aunque no sea ésta su única planta hospedadora (THIERY y MOREAU, 2005).

El potencial biótico de la polilla del racimo se ve influenciado, entre otros factores, por las condiciones climáticas, principalmente temperatura y humedad relativa, con diferentes umbrales de desarrollo para las fases del ciclo, así como por el fotoperíodo (GARCIA-MARÍ *et al.*, 1994; ARMENDARIZ *et al.* 2007).

El hecho de que no haya una relación directa entre la presencia de adultos en las

trampas y la magnitud de los daños en el cultivo hace que el control no se haga siempre de forma racional y efectiva. Por ello son numerosos los trabajos realizados con el objetivo de prever los distintos acontecimientos del ciclo biológico de la polilla y optimizar los tratamientos.

Se han propuesto así diferentes modelos; TOUZEAU (1981), CRAVEDI y MAZZONI (1994), MILONAS *et al.* (2001), SCHMIDT *et al.* (2003), MORAVIE *et al.* (2006) y GALLARDO *et al.* (2009) que toman en cuenta distintos factores, tanto climáticos como del ciclo de la polilla. Dichos modelos difieren en su metodología; desde modelos lineales, los más sencillos, a fenológicos no lineales y a modelos estocásticos, como el de MORAVIE *et al.* (2006), basado en un enfoque bayesiano y en modelos jerárquicos. Basados en estudios previos, presentan una efectividad para una zona y un tiempo concreto, que debe ser validada en otras circunstan-

cias. Esta consonancia entre modelo y realidad se debe traducir en un control más eficiente de la plaga.

Dentro de estos modelos destaca por su aceptación el de TOUZEAU (1981), que emplea los grados-día con un umbral de 10 °C desde el 1 de enero para prever el ciclo biológico de la polilla en la región francesa de Midi-Pyrenées.

Un conjunto de estaciones meteorológicas cercanas a las parcelas de ensayo permiten establecer las relaciones entre datos climáticos y el ciclo biológico de la plaga. La longevidad y supervivencia de los distintos estados biológicos de la polilla aparecen ligados a la a la temperatura y a la humedad relativa (SCHMIDT *et al.*, 2003).

Durante los años 2004 y 2008 se ha llevado a cabo el seguimiento del ciclo de la polilla de la vid en viñedos de la Denominación de Origen (D.O.) Arribes del Duero. A la vez este seguimiento se ha realizado en varias DD.OO. de Castilla y León por el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León en cooperación con los técnicos de las DD.OO. y las estaciones de avisos de la Junta de Castilla y León. En ARMENDARIZ *et al.* (2007, 2008 y 2009) y SANTIAGO *et al.* (2007) pueden encontrarse datos pormenorizados sobre la incidencia de la polilla en estas campañas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante los años 2004 a 2007 se realizó el seguimiento de la presencia de individuos adultos de la polilla del racimo en viñedos de seis DD.OO. de Castilla y León; Arribes, Bierzo, Cigales, Ribera del Duero, Tierra de León y Toro.

El seguimiento de la polilla se efectuó mediante trampas delta con feromona de la casa comercial ECONEX, un difusor de feromona ((E,Z)-7,9-dodecadienil acetato) con una carga de 1mg. y una duración mínima en campo de 40 días. Se emplearon dos por parcela, separadas al menos a 50 metros. La trampa se sujetó a una estaca de madera

a 1,5 m de altura y en su interior se colocó una placa engomada y un difusor de feromona, que se cambió regularmente cada 6 semanas.

Los muestreos fueron semanales, desde comienzos de abril a octubre, finalizándose con la vendimia, y realizándose el recuento del número de adultos en las placas engomadas y registrando igualmente el estado fenológico predominante del cultivo según BAGGIOLINI (1952), observando cepas en al menos tres puntos de la viña.

El número de parcelas estudiadas en cada D.O. ha sido variable. Del conjunto de las mismas se obtuvo una curva de vuelo general para la D.O. en cada año. El Cuadro 1 indica las características de la parcela escogida para un estudio más detallado. El criterio es la proximidad a una estación meteorológica, una al menos por zona de estudio. Ello permite conocer las condiciones climáticas, refiriéndolas a la parcela de estudio más cercana e igualmente extrapolarla a la media de la D.O. La discontinuidad en la toma de datos obliga a emplear más de una parcela de seguimiento cercana para una misma estación meteorológica. Únicamente en las DD.OO. Bierzo y Cigales los datos proceden de una sola estación (Cuadro 1).

Para la comparación con los datos de Touzeau, validados en la región francesa de Midi-Pyrenées, se han empleado los datos meteorológicos provenientes de una estación sita en el aeropuerto Franczal, de la localidad de Toulouse (www.tutiempo.net). El criterio de elección ha sido la disponibilidad de los datos en el período 2004-2008.

Se emplea una simplificación del modelo de Touzeau (CEPEDA *et al.* 2008), considerando que los máximos de cada generación deben producirse cuando se acumulan 125, 500 y 950 °D desde el 1 de enero con un umbral inferior de 10 °C y otro superior de 30 °C, sin tener en cuenta otros muchos parámetros empleados por el modelo. Los datos reales constatados en campo permiten valorar la fiabilidad de este aserto (CEPEDA *et al.* 2008; ORTEGA y ALONSO, 2008). Otros autores proponen otros métodos de

Cuadro 1. Características de las parcelas individuales de seguimiento en cada D.O.

D.O.	Parcela	Variedad	Año plantación	Municipio	UTM	Huso	Altitud	N.º máx. parcelas D.O.	Distancia a estación en km
Arribes	P1	Malvasía y Málaga	1982	Fermoselle	X: 720272 Y: 4578681	29	735	10	0
	P2	Morisco, Selva y Malvasía	1980, 2000	Fermoselle	X: 717754 Y: 4574322	29	637		0
Bierzo	P3	Tinta y Mencía	1962	Iglesias del Campo	X: 684927 Y: 4718727	29	763	26	1,89
Cigales	P23	Tinta del País y Garnacha	1989 y 1993	Mucientes	X: 356106 Y: 4621630	30	756	27	3,66
Ribera	P11	Tinta del País		Peñaranda de Duero	X: 459641 Y: 4611661	30	867	25	6,79
	P28	Tinta del País		Quemada	X: 452019 Y: 4614891	30	849		6,69
Tierra de León	P4	Mencía		Villamañán	X: 285209 Y: 4688948	30	798	5	10,46
	Viuda	Prieto Picudo		Gordoncillo	X: 300664 Y: 4669519	30	766		25,51
Toro	P14	Tinta de Toro		El Pego	X: 316579 Y: 4597499	30	698	23	13,82
Toro	P32	Tinta de Toro		Morales	X: 304580 Y: 4599228	30	712		3,24

cálculo de los grados-días, como es la triangulación y el método de la función seno (GONZÁLEZ y HERNÁNDEZ, 1990). Dado que el interés del trabajo es valorar el procedimiento de Touzeau se empleará el método más sencillo citado anteriormente.

RESULTADOS

Comparación de estaciones meteorológicas

La Figura 1 muestra el cladograma de comparación de varios datos (H.R. media, precipitación anual, Tª media, grados día a 31 de diciembre y porcentaje de días con H.R. y Tª adecuados o no para el desarrollo del insecto según el ecoclimatograma o climodiagrama de Stellwaag (CEPEDA *et al.* 2008; ORTEGA y ALONSO, 2008), de las

ocho estaciones meteorológicas empleadas y datos semejantes de la estación del aeropuerto Franczal de Toulouse, para el conjunto de los cuatro años de estudio. La estación más separada es la de Toulouse, apareciendo dos subgrupos bien diferenciados, Arribes-Toro y León-Ribera-Bierzo-Cigales.

Datos individuales: Arribes del Duero

En esta D.O. se instalaron dos estaciones automáticas con lo que se puede realizar el seguimiento de los dos viñedos en que estaban (P1 y P2). En el conjunto de la D.O. se cuenta con diez parcelas de seguimiento. La presencia de la polilla es reducida en esta zona (ARMENDARIZ *et al.*, 2009). El Cuadro 2 indica, como ejemplo, los momen-

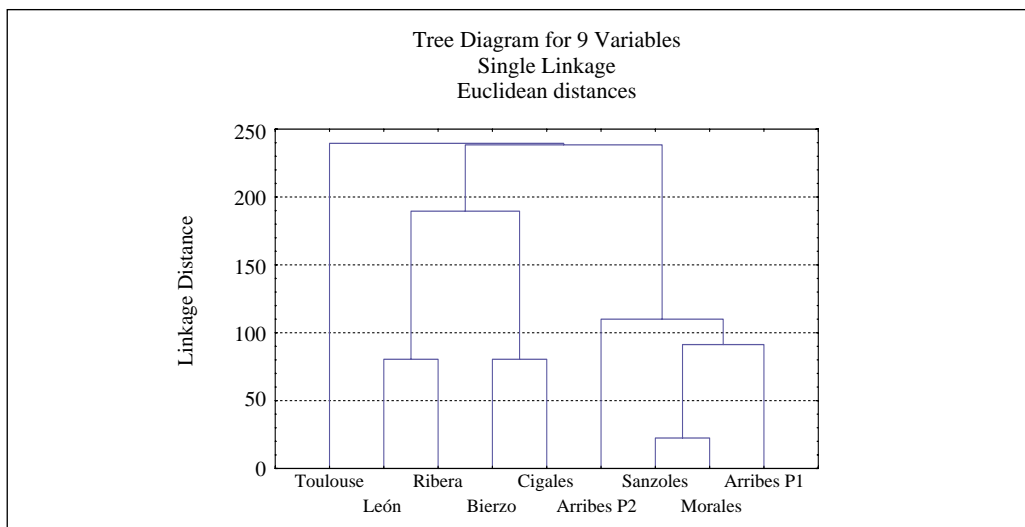


Figura 1. Cladograma de comparación de estaciones meteorológicas entre 2004 y 2007

Cuadro 2. Máximos de vuelo de las tres generaciones en la parcela P1 de Feroselle y en el conjunto de la D.O. Arribes, indicando su fecha, intensidad (polilla/trampa/día, p/t/d) y grados-día acumulados (°D)

Arribes P1	2004			2005			2006			2007		
	fechas	p/t/d	°D	fechas	p/t/d	°D	fechas	p/t/d	°D	fechas	p/t/d	°D
1ª gen.	01-jun	6,50	212,90	31-may	16,80	267,60	23-may	3,25	217,95	22-may	1,92	191,00
2ª gen.	13-jul	8,36	657,80	19-jul	12,80	833,10	11-jul	2,92	738,05	31-jul	3,17	733,63
3ª gen.	06-sep	10,50	1256,00	25-ago	2,80	1255,65	29-ago	0,67	1335,95	11-sep	0,33	1154,37
°D	31-dic		1596,25	31-dic		1712,75	31-dic		1831,7	31-dic		1410,55

Arribes general	2004			2005			2006			2007		
	fechas	p/t/d	°D	fechas	p/t/d	°D	fechas	p/t/d	°D	fechas	p/t/d	°D
1ª gen.	01-jun	6,72	212,90	04-may	11,27	124,35	17-may	2,43	193,20	11-may	2,64	131,61
2ª gen.	07-jul	7,96	612,60	05-jul	5,74	667,35	12-jul	5,6	754,10	16-jul	2,10	590,73
3ª gen.	06-sep	9,06	1256,00	17-ago	3,26	1172,80	23-ago	1,69	1265,15	24-ago	1,15	966,72

Touzeau	2004	2005	2006	2007	Promedio
1ª gen.	24-may	09-may	12-may	17-may	15-may
2ª gen.	27-jun	20-jun	21-jun	07-jul	26-jun
3ª gen.	05-ago	29-jul	25-jul	22-ago	04-ago

tos e intensidad de los máximos de las tres generaciones y su diferencia con el modelo de Touzeau en P1 y en el conjunto de la D.O. En la estimación del modelo los máximos de 1ª generación se dan como media de los cuatro años a mediados de mayo, los de 2ª a finales de junio y los de 3ª a primeros de agosto. En la realidad se constata que hay un desfase creciente en P1 de 11,5, 22,3 y 28,5 días en las tres generaciones, mientras que para el total de la D.O. se reduce a 0,5, 13,8 y 20,5 días respectivamente (Cuadro 3). Es decir, el modelo se ajusta mejor para el conjunto de la D.O. que para la parcela más próxima. Este desfase temporal se traduce en la existencia de unos grados-día excedentes

que varían entre 40,5 para la 1ª generación en la D.O. y 380 para la 3ª en P2.

En el caso de la Parcela 2 la situación es semejante aunque en este caso el modelo se ajusta mejor a la parcela cercana que al conjunto de la D.O. para la 1ª y 2ª generaciones de la polilla.

En la Figura 2 se representan para una parcela de Ribera en 2007 los distintos episodios del ciclo biológico de la polilla, con los momentos previstos de los máximos de población y los datos constatados en campo. Observamos de nuevo el desfase y la presencia creciente de grados-día excedentes en los máximos de las tres generaciones, salvo para la 1ª.

Cuadro 3. Diferencias en días y grados-día (°D) entre las dos parcelas individuales y el conjunto de la D.O. Arribes para el promedio de los cuatro años y las previsiones de Touzeau

Días	P1	D.O.	P2	D.O.
1ª	11,5	0,5	7,3	10,3
2ª	22,3	13,8	12,0	20,5
3ª	28,5	20,5	35,3	27,8
°D	P1	D.O.	P2	D.O.
1ª	97,4	40,5	45,7	69,9
2ª	240,7	156,2	141,0	246,6
3ª	300,5	215,2	380	302,8

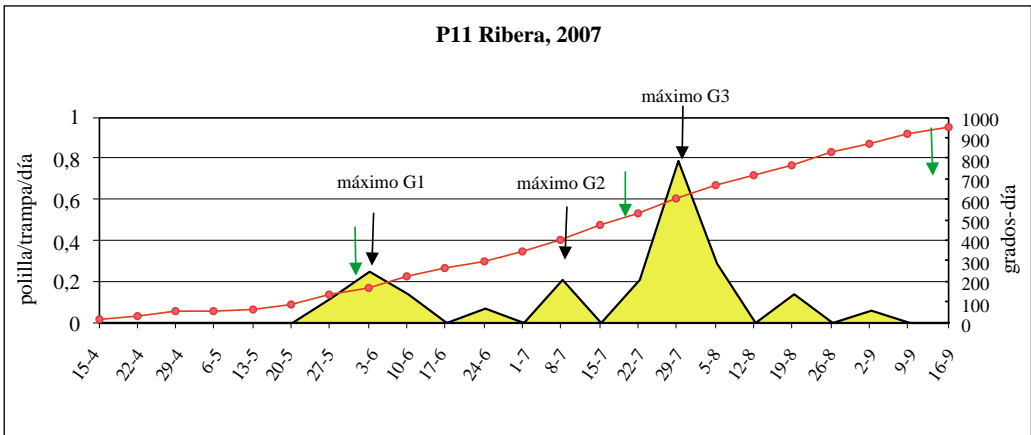


Figura 2. Curva de vuelo (amarillo), acumulación de grados-día (rojo) y previsión de los eventos del ciclo biológico de la polilla (verde) para una parcela de Ribera del Duero en 2007

Datos generales de las DD.OO.

Integral térmica

En el Cuadro 4 pueden verse los grados día alcanzados a 31 de diciembre en las ocho estaciones empleadas en Castilla y León para este estudio y en la estación francesa. Se constata cómo los años de estudio han oscilado térmicamente entre el más cálido, 2006 y el más frío, 2007, con una varia-

ción del 19,1%. La estación de Toulouse presenta como media un 21% más de grados-día que las medias castellanas. Esta cifra se reduce a un 12,1% en Arribes 2, la más cálida de las castellanas. Es notoria la diferencia de altitud de las estaciones, ya que la francesa está a 164 m s.n.m. y la media de las castellanas está por encima de los 750 m. La distancia mínima en línea recta entre la estación francesa y la más próxima española supera los 480 km.

Cuadro 4. Grados-día a 31 de diciembre registrados en las estaciones meteorológicas

°D 31 dic	2004	2005	2006	2007	Promedio
Arribes 1	1596,25	1712,75	1830,95	1410,15	1637,53
Arribes 2	1702,00	1838,70	1902,80	1537,34	1745,21
Bierzo	1430,53	1470,71	1613,40	1268,75	1445,85
Cigales	1573,40	1678,25	1627,52	1263,10	1535,57
León	1639,58	1265,27	1392,94	1024,31	1330,53
Ribera	1253,71	1349,86	1472,08	1071,72	1286,84
Toro 1	1557,10	1770,77	1797,30	1355,20	1620,09
Toro 2	1581,96	1657,78	1802,13	1352,94	1598,70
Promedio	1643,27	1677,35	1738,70	1409,41	1617,18
Toulouse	1886,70	1945,15	2189,20	1807,10	1957,04

Temperatura y humedad

La humedad relativa y la temperatura se ven relacionados en la Figura 3 en el ecoclimatograma de Stellwaag (CEPEDA *et al.* 2008; ORTEGA y ALONSO, 2008), que diferencia las zonas de inactividad (debajo de la línea amarilla) y las de actividad con su óptimo (encima de la línea azul). Cada punto refleja los datos medios diarios entre el 1 de abril y el 5 de octubre.

El Cuadro 5 nos indica los porcentajes de tiempo asignados a los días inadecuados según el ecoclimatograma de Stellwaag. Vemos como para las DD.OO. estudiadas este porcentaje ronda como media el 26%. El año más propicio es 2006, con un valor promedio del 23%. Los valores en Toulouse son

francamente mejores, con tan sólo un 11,29% de días inadecuados para la media de los cuatro años y valores siempre inferiores al 17%.

Si se consideran las temperaturas medias anuales (Cuadro 6) vemos como rondan los 14 °C en Toulouse mientras que en Castilla y León presentan una media de 12,39 °C, encontrando una variación de 2,6 °C entre León, la más fría y Arribes 2, la más cálida.

Precisión de las estimaciones

El Cuadro 7 resume las diferencias en días y grados-día encontradas en Castilla y León, para las parcelas individuales próximas a las estaciones y para el conjunto de parcelas de las DD.OO.

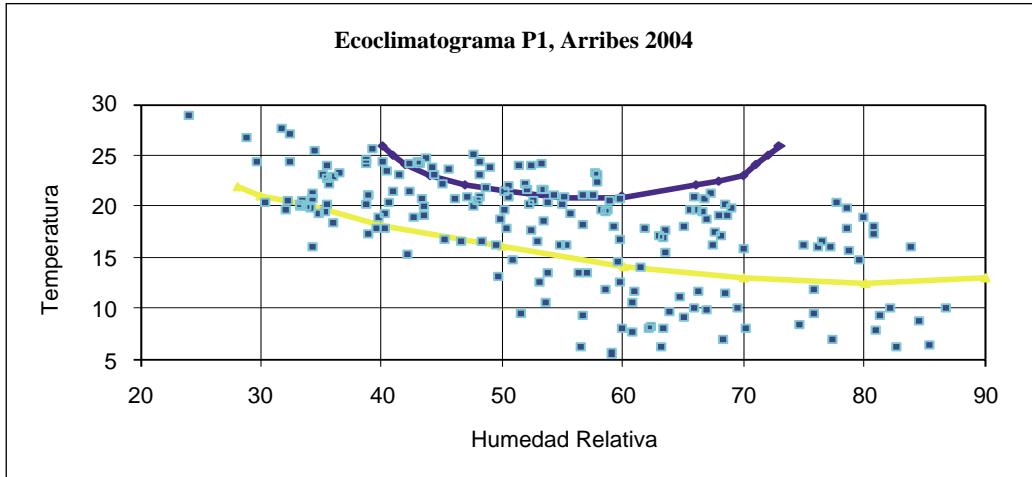


Figura 3. Ecoclimatograma de Stellwaag para la parcela P1 en Arribes, 2004

Cuadro 5. Porcentaje de días entre el 1 de abril y el 5 de octubre con condiciones de Humedad y Temperatura medias no aptas para la actividad de la polilla. En rojo valores < al 20,01%

Inadecuado	2004	2005	2006	2007	Promedio
Arribes 1	30,85	28,72	21,81	s.d.	27,13
Arribes 2	27,66	25,53	18,09	16,49	21,94
Bierzo	28,10	22,86	21,43	27,14	24,88
Cigales	s.d.	s.d.	20,00	21,81	20,90
León	32,62	34,22	29,41	36,36	33,16
Ribera	30,32	30,85	22,34	21,81	26,33
Toro 1	15,51	34,04	25,53	31,91	26,75
Toro 2	29,26	34,04	25,53	24,47	28,33
Promedio	27,76	30,04	23,02	25,71	26,63
Toulouse	16,24	9,14	13,20	6,60	11,29

Cuadro 6. Temperaturas medias anuales en las estaciones de Castilla y León y en Toulouse

Inadecuado	2004	2005	2006	2007	Promedio
Arribes 1	12,62	12,68	13,43	13,67	13,10
Arribes 2	13,32	13,56	14,22	13,78	13,72
Bierzo	12,14	12,10	12,95	11,82	12,25
Cigales	12,23	12,16	13,10	11,56	12,26
León	10,90	11,02	12,06	10,49	11,12
Ribera	12,17	12,43	12,63	12,98	12,55
Toro 1	13,21	10,78	11,67	10,53	11,55
Toro 2	12,27	12,23	13,03	12,70	12,56
Promedio	12,36	12,12	12,89	12,19	12,39
Toulouse	14,00	13,97	14,91	13,92	14,20

Cuadro 7. Diferencia en días entre las parcelas individuales y el conjunto de las D.D.O.O. y las previsiones de Touzeau. En rojo estimaciones menores a una semana

		Arribes 1	Arribes 2	Bierzo	Cigales	León	Ribera	Toro 1	Toro 2	Promedio
Parcelas individ.	1ª gen.	11,50	7,25	-16,00	5,83	52,83	6,00	18,75	13,00	12,40
	2ª gen.	22,25	12,00	3,00	8,25	26,00	17,50	24,25	16,00	16,16
	3ª gen.	28,50	35,25	3,00	17,00	32,67	12,67	39,25	35,50	25,48
D.O.	1ª gen.	0,50	10,25	-13,50	10,50	48,33	-4,50	18,25	11,00	10,10
	2ª gen.	13,75	20,50	5,00	7,25	18,67	16,25	25,00	23,75	16,27
	3ª gen.	20,50	27,75	17,25	14,25	28,67	8,25	38,50	37,50	24,08

Atendiendo a los promedios de todas las DD.OO. estos indican un desfase de más de 10 días en el máximo del primer vuelo, más de 16 en el 2º y más de 24 en el 3º. Considerando el máximo de vuelo como un momento oportuno de tratamiento estos desfases disminuirían sustancialmente la eficacia del mismo.

Únicamente en el caso de la D.O. Bierzo hay un adelanto de 16 días en las fechas propuestas por el modelo sobre las constataciones en la 1ª generación para la parcela individual, que se reduce a 13,5 días para el conjunto de la D.O. Para la 2ª y 3ª generaciones la precisión es máxima (3 días) para la parcela y 5 días en el caso de la D.O. en 2ª generación. La tercera se dispara por encima de los 14 días.

Otro adelanto aparece en la D.O. Ribera para la 1ª generación, estando en la parcela por debajo de la semana. Estimaciones ciertas aparecen en la estación 1 de los Arribes para 1ª generación y para esta misma generación en la parcela individual de Cigales.

El resto de DD.OO. (León y Toro) presentan estimaciones siempre por encima de los 10 días de diferencia, especialmente León, que no baja de 18 días en su estimación más certera y llega hasta más de 52 días en la primera generación para la parcela individual. Hay que indicar que esta D.O. presenta el máximo alejamiento espacial entre parcelas y estaciones meteorológicas (Cuadro 1).

DISCUSIÓN

La utilidad de las trampas de feromonas para predecir el riesgo de ataque en racimos

es limitada. Su interés reside en conocer en qué momentos tienen lugar los máximos de generación y poder determinar los tiempos oportunos de aviso para los tratamientos (COSCOLLA, 1997), racionalizando así el seguimiento y monitorización de esta plaga (SANTIAGO *et al.*, 2007). En una aproximación sencilla basta con conocer los valores históricos y esperar al menos a que la curva descienda para indicar que el máximo de población está cumplido. Es el momento de valorar la conveniencia del tratamiento según la afección real en la parcela.

Las seis DD.OO. estudiadas presentan distintas condiciones para el cultivo de la vid. Ello se traduce en una presencia y afección variable de la polilla, que va desde niveles bajos como en Arribes a valores puntuales considerables de más de 40 polillas/trampa/día en las DD.OO. Tierras de León y Cigales. En consecuencia en la D.O. Arribes o Ribera del Duero los tratamientos contra la polilla son inexistentes, al no estar considerada como un problema fitosanitario. En todo caso la aplicación de otros productos como el azufre puede afectar negativamente a la polilla como impedimento de la puesta y disminución en la viabilidad de huevos (CEPEDA *et al.*, 2008).

Como se vio anteriormente son distintos los modelos planteados y distintos también sus objetivos. En ocasiones el foco se fija en la 1ª generación y en ocasiones en la 2ª y 3ª. Por otro lado a veces se pretende determinar el momento de un máximo de población, o se va a aspectos numéricos, como un determinado porcentaje de emergencia.

La importancia práctica de las distintas generaciones es variable. En general la 1ª es la que menos afecta al cultivo (COSCOLLA, 1997). Sin embargo la fiabilidad de las previsiones varía en los distintos estudios; GALLARDO *et al.*, 2009 encuentran valores más aceptables en la 2ª y 3ª mientras que MORAVIE *et al.*, (2006) lo hacen en la 1ª. Desde el punto de vista práctico el dato más relevante es el de la magnitud de las poblaciones, ya que en las condiciones actuales, ante una baja población, no es necesaria ninguna actuación. Por ello la distorsión de resultados en años secos o con extremos climáticos, cuando la plaga presenta escasa presencia, no tiene una gran importancia práctica.

El grado de fiabilidad exigida a la previsión está relacionado con el plazo de acción de los productos, especialmente en los biorracionales, que deben ser más precisos (MILONAS *et al.* 2001). Pueden presentarse problemas añadidos de persistencia del producto por lluvias fuertes. En general como criterio se funciona con el máximo de vuelo y con la eclosión del 50% de los adultos; este último evento coincide con la puesta de huevos (GALLARDO *et al.*, 2009). Aunque ambos parámetros no coinciden en la práctica, es más adecuado emplear el máximo de vuelo, ya que un descenso en la curva de vuelo, con el conocimiento de campañas anteriores, puede indicar con una cierta fiabilidad que el máximo poblacional ha ocurrido, mientras que la emergencia del 50% de la población no se conocerá hasta el final de la generación. Para el comienzo de la interrupción sexual se recomienda comenzar el tratamiento tras la eclosión del 5% de adultos de la primera generación (MORAVIE *et al.*, 2006).

Una aproximación sencilla y que se muestra válida en algunos estudios, es el cálculo de las fechas por las medias de años anteriores. CAFFARELLI y VITA (1998) para la provincia de Roma toman como previsión la media de grados-día por el método del seno de cinco años de estudio (1981-85) para distintos acontecimientos biológicos (1ª captura, máximo de vuelo, primeros huevos y

100% de emergencia de adultos), obteniendo unas previsiones aceptables. Así para el máximo de vuelo la discrepancia entre las medias y las fechas reales son de tan solo 2,2, 2,8 y 4,2 días para la 1ª, 2ª y 3ª generación respectivamente. Esto simplificaría notablemente el modelo. El problema de años anómalos se vería solventado con el seguimiento de las condiciones climáticas, que avisarían de la inoperancia de la previsión en esa campaña. Aplicando este método a las DD.OO. los porcentajes de fiabilidad, con el criterio de que la estimación presente una diferencia menor a la semana, varían entre el 80% de acierto en 2006 y el 60% en 2005. Con este método cuanto más largas sean las series de datos y más normales los años climáticos más fiables, en principio, serán las previsiones. Y por el momento aparece como el método más fiable y sencillo.

Las proporciones de población son más fiables que el número total, que varía de forma significativa con los años (MORAVIE *et al.* 2006). Estos autores en estudios para la 1ª generación de *L. botrana* en Suiza consideran el efecto del sitio (microclima y subpoblaciones) y el del año (variabilidad climática). Aconsejan realizar un afinamiento (*updatind*) tras las tres primeras capturas de polilla. Por ello este método no es válido para previsiones en interrupción sexual. La revisión de trampas exige una frecuencia menor, cada 2-4 días. El objetivo último es disponer de un modelo que prediga a la vez fechas y porcentajes de población de forma consistente.

El tamaño de la población incide en la probabilidad de la 1ª captura y además se producen más interferencias con feromonas femeninas en la 1ª generación (MILONAS *et al.* 2001).

La valoración de modelos se realiza habitualmente con datos previos de laboratorio, en general en condiciones constantes y conocidas, y que difieren notablemente en campo (MORAVIE *et al.* 2006).

SCHMIDT *et al.* (2003) proponen un modelo de seguimiento para la zona alemana del Rin y del Main, con dos generaciones

anuales. Encuentran que los factores climáticos principales son la humedad relativa y la temperatura, pero que además en las generaciones estivales influyen otros parámetros indeterminados y no climáticos.

Otros modelos emplean distintas temperaturas basales y fechas de comienzo para la acumulación de grados-día. Es el caso de MILONAS *et al.* (2001) que emplean en viñedos del norte de Grecia el umbral de 6,45 °C a partir del 1° de marzo para determinar el momento del 50% de vuelo de los machos. En todo caso en las latitudes castellano-leonesas es más relevante el cambio de umbral que el de fecha, ya que normalmente para el 1° de marzo la acumulación de grados-día es mínima. Como causas de la escasa fiabilidad de un modelo estos autores aducen que las temperaturas altas pueden prolongar el período de vuelo de los adultos, e igualmente el no emplear un límite superior (p.ej. 30 °C). También la nutrición o la diapausa pueden estar relacionadas con estas disfunciones, especialmente con las generaciones estivales. Otros autores con umbrales diferentes son CRAVEDI y MAZZONI (1989) quienes encuentran una mejor correlación en su estudio tomando el valor de 7,5 °C y excluyendo totalmente los períodos en que la temperatura sobrepasa los 30 °C. Realizan el estudio en el norte de Italia, aplicando para el cálculo el método del seno para la 1ª y 2ª generación, estimando el 10, 50 y 99% de porcentajes de eclosión y la duración del vuelo. GALLARDO *et al.* (2009) emplean el umbral inferior de 7° C a partir del 1 de marzo para la 2ª generación en viñedos del suroeste español.

La aplicación del umbral superior de 30 °C en la D.O. Arribes no supone más allá de 133 grados-día a 31 de diciembre como máximo en la estación más calurosa (P2). El atraso de las fechas previstas afecta al 2º y 3º vuelo de la polilla, mejorando las coincidencias con el modelo hasta un máximo de 5 días en la 3ª generación, cifra insuficiente a todas luces dado el excesivo desfase encontrado.

Otros autores proponen para el seguimiento de varias especies de tortricidos el uso de cajas de emergencia en la proximidad de cepas para completar valores de oviposición, emergencia de larvas y de adultos de cara a avisos de tratamiento en Austria (POLESNY *et al.* 2000). Este sistema supone la recolección invernal de al menos 200 pupas por caja y la revisión frecuente de las mismas, al menos tres veces por semana.

Las divergencias con la simplificación del modelo de Touzeau son notorias en este estudio. CEPEDA *et al.* (2008) encuentran similares desfases entre el momento previsto por el modelo para los máximos poblacionales y el constatado en la D.O. Toro durante los años 2005 a 2007. Estos autores lo atribuyen a la distancia geográfica, a la posible existencia de poblaciones distintas de *L. botrana* y al desacople entre los datos tomados por la estación meteorológica y los realmente existentes en el cultivo. En esta última razón inciden ORTEGA y ALONSO (2008) para explicar los desfases temporales, encontrando una mayor precisión de este modelo aplicado a la D.O. Ribera del Duero para la primera generación, en consonancia con los datos de este estudio. El desacople de datos puede ser corregido con métodos como el de Kalman (ANADRANISTAKIS *et al.*, 2004) usado para la obtención de datos de temperatura y humedad en superficie en las previsiones de ataque de mildiu en patata en el norte de Grecia.

Igualmente el modelo de Touzeau no tiene en cuenta ni la precipitación ni la humedad relativa. En este sentido el modelo considera todas las condiciones como óptimas para el desarrollo de la polilla. Desde esta perspectiva puede explicarse que en momentos de condiciones climáticas no aptas (humedades bajas, temperaturas extremas) la especie sufra una ralentización en sus procesos fisiológicos e incluso la mortalidad de los adultos (GARCIA-MARÍ *et al.*, 1994). Ello explicaría la existencia de unos grados-día suplementarios entre la realidad y el modelo. Así LOZZIA y VITA (1989) proponen un factor de corrección de 180 gra-

dos-día a añadir o sustraer en varias regiones del norte de Italia. Estos autores encuentran una mayor fiabilidad en la predicción de la tercera generación de la polilla, empleando como fecha teórica las medias de cinco años de estudio en cinco localidades del norte de Italia. Con ello llegan a una fiabilidad de fechas inferior a 8 días para el máximo de generación.

La variedad de vid empleada puede afectar al modelo por su distinta fenología y calidad como hospedadora. MILONAS *et al.* (2001) encuentran una mejor previsión en zonas monovarietales que en otras donde hay mezcla de variedades. Igualmente es posible la influencia de subpoblaciones de polilla, con distinto potencial biológico (MORAVIE *et al.* 2006). Igualmente PAVAN *et al.* (2009) encuentran distintaafección por la polilla en 1ª generación en 11 variedades de vid en el noreste de Italia.

El aspecto de la distancia espacial entre la estación meteorológica y la planta real donde se realizan y miden los procesos se ve matizado por un concepto de distancia fisiográfica, que va más allá de la distancia física. Así una estación situada a una distancia de varios kilómetros puede ser válida si las condiciones fisiográficas son semejan-

tes; altitud, orientación, barreras físicas, etc., mientras que otra localizada en la misma parcela puede no proporcionar datos válidos para el modelo empleado.

En todo caso es evidente que cualquier modelo debe adaptarse a una zona para la cual no ha sido validado y que el desfase entre los datos registrados en la estación meteorológica y los realmente existentes en la planta permanece por mucho que se acerquen espacialmente ambos puntos y siempre que se realicen extrapolaciones.

AGRADECIMIENTOS

A la Unión Europea por la financiación de estos trabajos en el marco de los Proyectos "MOABEPE" y "PIREFI", en su convocatoria INTERREG III-A. A los viticultores por habernos cedido sus parcelas y por sus comentarios siempre útiles. A las distintas D.O. por su apoyo técnico y por la toma de datos. Al Ayuntamiento de Fermoselle por su colaboración en los Proyectos. A Santiago Juárez, Yolanda Santiago, Carlos Alberte, Horacio Peláez, Ignacio Sánchez, Gustavo Campillo y Laura de la Iglesia por sus distintas colaboraciones.

ABSTRACT

ARMENDARIZ, I., A. PÉREZ-SANZ, L. MIRANDA. 2010. Forecasting of the European grapevine moth (*Lobesia botrana*) in six Denominaciones de Origen in Castilla y León. *Bol. San. Veg. Plagas*, **36**: 11-22.

Data about the incidence of European grapevine moth (*Lobesia botrana*) in six Denominaciones de Origen in Castilla y León are compared, both in vineyards close to meteorological weather stations as in the total of vineyards studied in each D.O.

The maximum of three generations of the moth population are quantified and dates are compared with Touzeau model forecasts. In most of the cases there is a surplus of degree-day that is translated in an important temporary disconnection between the dates indicated by the model and really stated in field. Other possibilities of forecast are discussed. The consideration of the historical values and the establishment of the normality of the climate appear like the more valid simple approach at the time of establishing the moments of treatment.

Key words: Pests, meteorology, thermal integral, models.

REFERENCIAS

- ANADRANISTAKIS, M., LAGOUVARDOS, K., KOTRONI, V., ELEFTERIADIS, H. 2004. Correcting temperature and humidity forecasts using Kalman filtering: potential for agricultural protection in Northern Greece. *Atmospheric Research*, **71**: 115-125.
- ARMENDARIZ, I., CAMPILLO, G., PÉREZ-SANZ, A., CAPILLA, C., JUAREZ, J.S., MIRANDA L. 2007. La polilla del racimo (*Lobesia botrana*) en la D.O. Arribes, años 2004 a 2006. *Bol. San. Veg. Plagas*, **33**: 477-489.
- ARMENDARIZ, I., PÉREZ-SANZ, A., CAMPILLO, G., MIRANDA L JUAREZ, J.S. 2008. La polilla del racimo de la vid (*Lobesia botrana* Den. y Schiff.) en nueve zonas vitivinícolas de Castilla y León: años 2000 a 2006". 2008. *Bol. San. Veg. Plagas*, **34**: 305-315.
- ARMENDARIZ, I., PÉREZ-SANZ, A., CAPILLA, C., JUAREZ, J.S., MIRANDA L., MIRANDA, L., NICOLAS, J., APARICIO, E. 2009. Cinco años de seguimiento de la polilla del racimo de la vid (*Lobesia botrana*) en la D.O. Arribes (Castilla y León, España). *Bol. San. Veg. Plagas*, **35** (2): 193-204.
- BAGGIOLINI, M. 1952. Les stades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique. *Rev. rom. Agric. Vitic.* VIII (I), 4-6.
- CAFFARELLI, V., VITA, G. 1998. Heat accumulation for timing grapevine moth control measures. *Bull. OILB/SROP*, **11** (2): 24-26.
- CEPEDA CASTRO, S., CASTRO GONZÁLEZ S., ZAMORANO RUBIN J. 2008. La polilla del racimo en la Denominación de Origen (D.O.) Toro. *Tierras de Castilla y León*, **147**: 76-90.
- COSCOLLA, R. 1997. La polilla del racimo de la vid (*Lobesia botrana* Den. y Schiff.). Generalitat Valenciana. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación. 613 pp.
- CRAVEDI, P., MAZZONI, E. 1989. Prévisions des vols de *Lobesia botrana* sur la base de captures au piège sexuel et des sommes de températures journalières. En: Influence of Environmental Factors on the Control of Grape Pest, Diseases & Weeds. A.A. Balke-ma Ed., Rotterdam, Brookfield. 25-34.
- GALLARDO, A., OCETE, R., LÓPEZ, M. A., MAISTRELLLO, L., ORTEGA, F., SEMEDO, A., SORIA, F. J. 2009. Forecasting the flight activity of *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera, Tortricidae) in Southwestern Spain. *J. Appl. Entomol.* **133** (8): 626-632.
- GARCIA-MARÍ, F., COSTA COMELLES, L., FERRAGUT PÉREZ, F. 1994. Las plagas agrícolas. 2ª edición. Ed. Phytoma-España. Valencia. 376 pp.
- GONZALEZ, J. L., HERNANDEZ J. M. 1990 Programa en BASIC para el cálculo de grados días. *Bol. San. Veg. Plagas*, **16** (2): 159-164.
- LOZZIA, G. C., VITA G. 1989. Preliminary notes on application of a predictive model for *Eupoecilia ambiguella* (Hbn.) and *Lobesia botrana* (Den. & Schiff.) flight in Lombardia (Italy) in relation to temperature. En: Influence of Environmental Factors on the Control of Grape Pest, Diseases & Weeds. A.A. Balke-ma Ed., Rotterdam, Brookfield. 35-47.
- MILONAS, P. G., SAVOPOULOU-SOULTANI M., STAVRIDIS, D. G. 2001. Day-degree models for predicting the generation time and flight activity of local populations of *Lobesia botrana* (Den. & Schiff.) (Lep., Tortricidae) in Greece. *J. Appl. Ent.* **125** (9-10): 515-518.
- MORAVIE, M. A., DAVISON, A. C., PASQUIER, D., CHARMILLOT, P.J. 2006. Bayesian forecasting of grape moth emergence. *Ecological Modelling*, **197**: 478-489.
- POLESNY, F., RUPF, O., KÜRER, E. 2000. Tortricid pest in orchards and viticulture, from Basic data sampling to Internet warning service. *Bulletin OEPP/EPPO*, **30**: 127-129.
- SANTIAGO, Y., PELÁEZ, H., PÉREZ-SANZ, A., DE LA IGLESIA, L., CAMPILLO, G., MORENO, C., ALBERTE, C., MIRANDA, L., JUÁREZ, J. S., MARTÍN, M. C., MARAÑA, R., MORO, S., SINOVAS, M., ARMENDARIZ, I., BENTO, A., VERDIAL, J., VENTURA, S., TÉCNICOS DE LOS CONSEJOS REGULADORES Y ASOCIACIONES DE VINOS DE CALIDAD DE CASTILLA Y LEÓN. 2007. La polilla del racimo de la vid (*Lobesia botrana* Den. y Schiff.) en Castilla y León: años 2000 a 2006. Publicaciones del ITACYL, 130 pp.
- SCHMIDT, K., HOPPMANN, D., HOLST, H., BERKELMANN-LÖHNERTZ, B. 2003. Identifying weather-related covariates controlling grape berry moth dynamics. *Bulletin OEPP/EPPO*, **33**: 517-524.
- ORTEGA LÓPEZ, V., ALONSO GONZÁLEZ, A. 2008. Descripción, comportamiento y monitorización de la polilla del racimo (*Lobesia botrana*, den y Schiff.) en la Ribera del Duero. *Tierras de Castilla y León*, **148**: 50-66.
- PAVAN, F., STEFANELLI, G., CARGNUS, E., VILLANI, A. 2009. Assessing the influence of inflorescence traits on the susceptibility of grape to vine moths. *J. Appl. Entomol.* On-line publicación, 8 enero de 2009. 8 pp.
- THIÉRY, D., MOREAU, J. 2005. Relative performance of European grapevine moth (*Lobesia botrana*) on grapes and other hosts. *Oecologia*, **143**: 548-557.
- TOUZEAU, J. 1981. Modélisation de l'évolution de l'Eudemis de la Vigne pour la région Midi-Pyrénées. En: Lutte Intégrée en Viticulture, IV Réunion plénière. Gargnano, Italia, 10 al 12 de marzo de 1981. P: 26-30.
- (www.tutiempo.net); datos de la estación meteorológica del aeropuerto de Toulouse- Francazal. Fecha última consulta 16/07/2009.

(Recepción: 24 agosto 2009)

(Aceptación: 8 marzo 2010)