

Ajuste de modelo fenológico para predecir el comportamiento de *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) en un viñedo de Mendoza, Argentina

DAGATTI, Carla Vanina & Violeta Cristina BECERRA

Estación Experimental Agropecuaria Mendoza INTA. San Martín 3853, C.P. 5507, Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina. E-mail: dagatti.carla@inta.gov.ar

Fitting a phenological model to predict the behavior of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in a Mendoza vineyard, Argentina

ABSTRACT. The variable that most affects the development of *Lobesia botrana* (Den & Schiff) is temperature, which relationship has been studied using mathematical models, as Touzeau. *L. botrana* was first identified in 2010 in Mendoza. The aim of this study is to adjust the model of Touzeau to predict the behavior of the moth. The study has been conducted since 2012 in a vineyard cv. Malbec. Pheromone traps have been used. The temperature is recorded by a datalogger sensor. Thermal integral is calculated with Touzeau's formula using a threshold of 10° C as July 1st of each year. Results indicate that the first flight happened on October 18th the first year and October 20th the second year with 204. 05 ± 10.73 degree days. The second occurred in the first ten days of December in two following seasons with 728.34 ± 41.95 degree days. The third took place during the last fortnight of January in both years with 1329. 08 ± 151.35 degree days. The fourth occurred in mid-February for two seasons with 1721. 84 ± 116.63 degree days. These results are useful to predict the onset of the pest and as a tool to set an alarm system for producers.

KEY WORDS. Pest management. Temperature accumulation. Touzeau model.

RESUMEN. La temperatura es la variable que más incide en el desarrollo de *Lobesia botrana* (Den & Schiff), cuya relación ha sido estudiada mediante modelos matemáticos, como el de Touzeau. En Mendoza, en 2010 se registró la aparición de *L. botrana*. El objetivo de este trabajo es ajustar el modelo de Touzeau para predecir el comportamiento de la polilla. El estudio se realizó en un viñedo cv. Malbec desde 2012. Se emplearon trampas de feromonas. La temperatura se registró con un sensor datalogger. Se calculó la integral térmica con la fórmula de Touzeau con un umbral de 10°C desde el 1 de julio de cada año. Los resultados indicaron que el primer vuelo se desarrolló el 18 y el 20 de octubre con 204,05 ± 10,73 grados día, el segundo en la primera decena de diciembre con 728,34 ± 41,95 grados día, el tercero durante la última quincena de enero con 1329,08 ± 151,35 grados día y el cuarto a mediados de febrero de 2012 y 2013, respectivamente con 1721,84 ± 116,63 grados día. Estos resultados son útiles para predecir la aparición de la plaga y como herramienta para establecer un sistema de alarma para los productores.

PALABRAS CLAVE. Manejo de plagas. Acumulación de temperatura. Modelo de Touzeau.

INTRODUCCIÓN

La polilla del racimo de la vid *Lobesia botrana* Den & Schiff, es una de las plagas clave de los viñedos de países de Europa, California, Chile y recientemente de Argentina. Se trata de uno de los insectos que más pérdidas ocasiona en los viñedos (Coscollá, 1980). En el año 2010 se registró la aparición de *L. botrana* en Mendoza y la provincia fue declarada en cuarentena. Por ello el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) inició estudios para paliar las consecuencias de la presencia de la plaga. Actualmente (2015) hay 117 distritos en Mendoza declarados en cuarentena por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Además de los ataques directos que provoca la polilla del racimo que inciden sobre la cantidad y calidad de la uva, como daño indirecto se puede citar la podredumbre producida por *Botrytis cinerea* Pers. Cabe destacar que Mendoza, al tener un clima seco de montaña, no posee condiciones predisponentes para el desarrollo de hongos. Por lo tanto, el daño más importante de *L. botrana* es el directo provocado por las larvas al alimentarse.

Los insectos son capaces de sobrevivir únicamente dentro de ciertos límites marcados por factores ambientales como la temperatura, la humedad relativa y el fotoperiodo. Dentro de este rango, estos factores influyen a su vez sobre el nivel de respuesta de actividades tales como la alimentación, la dispersión, la puesta de huevos o el desarrollo (Marco, 2001).

La biología de la polilla del racimo de la vid, *L. botrana*, así como de todos los insectos, se ve directamente influenciada por los factores ambientales, lo que ocasiona que tanto el ciclo biológico como la densidad poblacional varíen según las condiciones climatológicas de cada año (Armendariz *et al.*, 2007). La hembra, por su parte, regula el desarrollo ovárico y la producción de huevos, que alcanzan un máximo a una temperatura en torno a los 22° (Torres Vila *et al.*, 1996). La inducción y la finalización de la diapausa en la pupa se desencadena por factores ambientales, en particular por el fotoperiodo y la temperatura (Roditakis & Karandinos, 2001; Amo-Salas *et al.*, 2011). Temperaturas elevadas actuando sobre el huevo y/o sobre la larva, pueden inducir dormancia en la pupa (Tzanakakis *et al.*, 1988), además de prolongar el período de vuelo de los adultos (Armendariz *et al.*, 2010).

La inhibición de la diapausa es influenciada por la temperatura media al final del invierno y el principio de la primavera (Coscollá, 1997). En España, las temperaturas elevadas al disminuir el tiempo de desarrollo larvario tienen como efecto que los adultos resultantes sean más pequeños, lo que puede afectar negativamente a su potencial reproductivo (Torres Vila *et al.*, 1996). Además, un rápido desarrollo de las larvas puede evitar que la última generación entre en diapausa (Martín-Vertedor, 2010; Amo-Salas *et al.*, 2011). Temperaturas por encima o debajo de los umbrales máximo y mínimo, respectivamente, originan la muerte, si la exposición es lo suficientemente prolongada. A temperaturas superiores a los 30 °C, el período larvario se ralentiza (Milonas *et al.*, 2001). Los huevos al igual que las larvas de *L. botrana* se ven negativamente influidos por la insolación y por humedades relativas bajas así como también por temperaturas extremas. Por su parte las altas temperaturas y las bajas humedades en verano provocan la mortalidad de los adultos (García-Marí *et al.*, 1994). Coscollá (1980) argumenta que el acoplamiento se ve condicionado por la temperatura crepuscular y la luminosidad, así como también la fecundidad, la oviposición y la longevidad de los adultos. Además, otros factores como el viento, la lluvia, el fotoperiodo y la condensación del agua del rocío del follaje, afectan el potencial reproductivo de los adultos de *L. botrana* (Torres-Vila *et al.*, 1996).

Para poder predecir con fiabilidad la evolución estacional de los insectos es esencial la aplicación de un modelo fenológico. Se han propuesto diferentes modelos: lineales como el de Touzeau (Touzeau, 1981) y no lineales como el de Gallardo (Gallardo, 2009) que basados en estudios previos presentan efectividad para una zona y tiempo concreto, que debe ser validado en otras circunstancias. En este trabajo se emplea el modelo de Touzeau que utiliza los grados día (GD) con un umbral mínimo de desarrollo de 10°C, que es la temperatura mínima por debajo de la cual el desarrollo de *L. botrana* se interrumpe. Los GD representan la acumulación de unidades de calor por encima de cierta temperatura, durante el período de un día (Marco, 2001). El método de GD constituye una herramienta práctica y de fácil elaboración que se basa en la suma de las acumulaciones diarias de temperatura, para luego transformarlas en

GD y relacionarlas con las fechas de vuelo estacional de adulto, posturas de huevos, diferentes estados y estadios. De esta manera, si se obtiene una relación estadísticamente significativa, es posible utilizar esta técnica para aumentar la eficiencia del manejo integrado de la plaga. Para poder predecir el estado de desarrollo a partir de los GD, es necesario haber establecido antes el umbral mínimo de desarrollo y la integral térmica, definida como el número de GD que han de ser acumulados para que ocurra un evento determinado (eclosión, mudas, pupación, emergencia del adulto, etc) (Marco, 2001). Así se puede prever cuándo tendrá lugar ese evento y permitirá una mayor eficiencia en los tratamientos, lo que se traducirá en una disminución de los niveles poblacionales de la plaga, menor daño, menores costos y una mayor producción. Igualmente el modelo de Touzeau tiene limitaciones, ya que no tiene en cuenta ni las precipitaciones ni la humedad relativa. Es decir, que en momentos de condiciones climáticas no aptas (humedades muy bajas, temperaturas extremas) la especie puede sufrir una ralentización e incluso hasta la mortalidad de los adultos (Marco, 2001).

El objetivo de este trabajo es ajustar el modelo fenológico lineal de Touzeau para predecir el comportamiento de la polilla en un viñedo de Maipú, Mendoza.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un viñedo (33°06'44,8''S, 68°41'12,55''O) con riego por goteo, ubicado en la localidad de Barrancas, Maipú, Mendoza durante dos temporadas 2012-2013 y 2013-2014. El sitio de estudio comprendió una parcela de vid var. Malbec de 18 has implantado en 1994.

Se emplearon 6 trampas delta cebadas con feromona sexual femenina (Trécé Pherocon VI Trap difusor de E/Z-7,9 Dodecadienil acetato) dispuestas a 1,5 m de altura. Las trampas se colgaron quince días antes de que comenzara el período de vuelo (fines de agosto) y se controlaron 3 veces por semana hasta el momento en que no se capturaron más adultos. Se contaron los machos caídos sobre la superficie engomada de las trampas. Los difusores se cambiaron cada 30 días. Con la misma frecuencia que para la captura de machos, se recolectaron en

cada ocasión de muestreo y al azar 20 inflorescencias o infrutescencias, según la época. Las muestras se llevaron al laboratorio donde se identificaron los diferentes estados y estadios de desarrollo del insecto y se contaron los individuos presentes. La temperatura se registró con un sensor *datalogger lbutton* que se instaló en las parcelas en estudio. Se estableció como biofix el 1 de julio de cada año.

Con los datos obtenidos se calculó la integral térmica con la fórmula del seno simple. Para ello se empleó la temperatura mínima y máxima diaria para producir una curva sinusoidal en un período de 24 h y luego poder calcular el área a partir de un umbral mínimo de 10° C (Touzeau, 1981) y debajo de dicha curva.

La ecuación del método de Touzeau es la siguiente:

$$GD = \frac{T. \text{máx.} + T. \text{mín.}}{2} - T. \text{umbral} \quad (1)$$

T máx. = Temperatura máxima diaria (°C)

T mín. = Temperatura mínima diaria (°C)

T umbral = Temperatura umbral inferior (°C), por debajo de la cual no hay desarrollo del organismo.

RESULTADOS

En la temporada 2012-2013 en la finca de Barrancas el primer máximo de vuelo ocurrió el 18 de octubre de 2012 con 3 polillas/trampa/día y 196,46 GD (cálculo con un umbral mínimo de 10°C). El segundo vuelo se desarrolló entre fines de noviembre y la primera decena de diciembre alcanzando el 7 de diciembre las 6,4 polillas/trampa/día y 698,67 GD desde el 1 de julio de 2012 que se tomó como biofix. El tercer vuelo se desarrolló a mediados de enero de 2013 con un máximo de 9,2 polillas/trampa/día y 1222,06 GD. El cuarto vuelo se desarrolló a mediados de febrero con un máximo de 10,3 polillas/trampa/día y 1639,37 GD. A principios de marzo de 2012 se registró nuevamente un máximo de vuelo de 3,6 polillas/trampa/día y 1776,04 GD (Fig. 1).

El primer vuelo de la temporada 2013-2014, en la misma finca, tuvo lugar el 18 de octubre de 2013 con 15,7 polillas/trampa/día y 211,64 GD desde el biofix. El segundo vuelo se desarrolló en la primera decena de diciembre alcanzando el 10 de diciembre las 6,4 polillas/

trampa/día y 758,01 GD. El siguiente vuelo se desarrolló la última quincena de enero de 2014 con un máximo el 16 de enero de 33,2 polillas/trampa/día y 1312,81 GD. El cuarto vuelo se desarrolló el 18 de febrero con un máximo de 15,1 polillas/trampa/día y 1804,31 GD. En la segunda quincena de marzo de 2014 ocurrió un nuevo máximo de vuelo de 12,9 polillas/trampa/día y 2087,69 GD, el cual podría considerarse un quinto vuelo (Fig. 2).

DISCUSIÓN

De acuerdo con Schmid (1978), la primera captura de adultos en trampas debería ocurrir entre los 200 y 270 GD. Coscollá (1980) obtuvo para Valencia un valor de 252 GD para la primera generación. Cafarelli & Vita (1988) en Italia registraron el máximo de vuelo para la misma generación a los 236 GD. Es de señalar la notable coincidencia de estos datos con los obtenidos

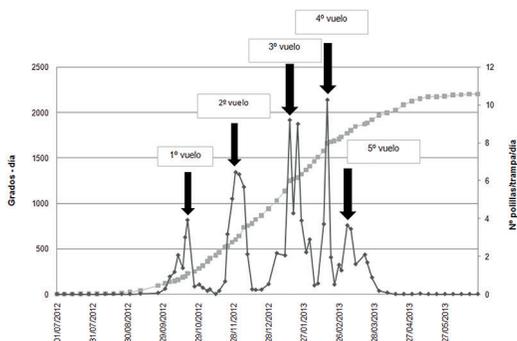


Fig. 1. Curva de vuelo y acumulación de grados día (GD) de *Lobesia botrana* para la temporada 2012-2013 en una parcela de vid en Maipú, Mendoza.

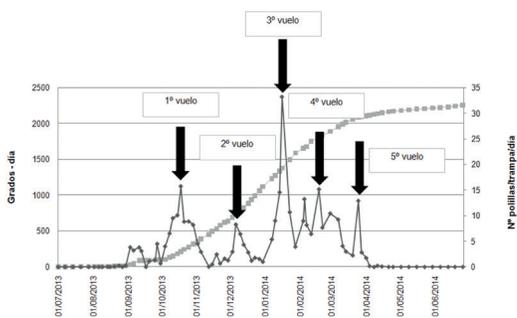


Fig. 2. Curva de vuelo y acumulación de grados día (GD) de *Lobesia botrana* para la temporada 2013-2014 en una parcela de vid en Maipú, Mendoza.

Tabla I. Diferencias entre el inicio de las generaciones de *Lobesia botrana* en grados día a partir del 1 de julio de cada año en un viñedo de Maipú, Mendoza, tomando como umbral mínimo 10°C.

Generaciones	Grados - día		
	Temporada 2012 - 2013	Temporada 2013 - 2014	Media ± error estándar
1ª - 2ª	502,21	536,37	519,29 ± 24,15
2ª - 3ª	553,22	554,8	554,01 ± 1,11
3ª - 4ª	479,19	491,5	485,34 ± 8,70
4ª - 5ª	108,88	208	158,44 ± 70,08

Tabla II. Promedio de machos caídos en trampas y máximos para los cuatro vuelos de *Lobesia botrana* en un viñedo de Maipú, Mendoza, durante la primera captura.

Evento	Grados - día		
	Temporada 2012 - 2013	Temporada 2013 - 2014	Media ± error estándar
1º captura del primer vuelo	38,34	39,01	38,67 ± 0,47
Máximo de vuelo	196,46	211,64	204,05 ± 10,73
1º captura del segundo vuelo	463,33	499,61	481,47 ± 25,65
Máximo de vuelo	698,67	758,01	728,34 ± 41,95
1º captura del tercer vuelo	942,33	1170,61	1056,47 ± 161,41
Máximo de vuelo	1222,06	1436,11	1329,08 ± 151,35
1º captura del cuarto vuelo	1509,28	1499,01	1504,14 ± 7,26
Máximo de vuelo	1639,37	1804,31	1721,84 ± 116,63

Tabla III. Etapas de desarrollo de *Lobesia botrana* y promedio de grados día acumulados en las temporadas 2012-2013 y 2013-2014 en un viñedo de Maipú, Mendoza.

Etapas de desarrollo	Grados - día		
	Temporada 2012 - 2013	Temporada 2013 - 2014	Media \pm error estándar
Máximo de vuelo 1ª generación	196,46	211,64	204,05 \pm 10,73
Eclosión de huevos 1ª generación	205,91	257,71	231,81 \pm 36,63
Desarrollo larval	431	571,61	501,30 \pm 99,43
Formación de pupas y aparición de la 2ª generación	606,96	679,41	643,18 \pm 51,23
Máximo de vuelo 2ª generación	698,67	758,01	728,34 \pm 41,96
Eclosión de huevos 2ª generación	665,6	718,01	691,80 \pm 37,06
Desarrollo larval	936,68	1021,81	979,24 \pm 60,20
Formación de pupas y aparición de la 3ª generación	1160,18	1312,81	1236,49 \pm 107,93
Máximo de vuelo 3ª generación	1222,06	1436,11	1329,08 \pm 151,36
Eclosión de huevos 3ª generación	1176,08	1331,21	1253,64 \pm 109,69
Máximo de vuelo 4ª generación	1639,37	1804,31	1721,84 \pm 116,63

en este trabajo en Mendoza durante estos dos últimos años con un valor promedio de 204 ± 11 GD. Por su parte, Armendariz *et al.* (2010) registraron para seis Denominaciones de Castilla y León 222 ± 30 GD en la primera generación.

Para la segunda generación el máximo de vuelo registrado para Italia fue a los 782 GD (Cafarelli & Vita, 1988). En Mendoza la segunda generación tuvo lugar a los 728 ± 41 GD. La tercera generación en Mendoza ocurrió a los 1329 ± 151 GD mientras que en Italia a los 1462 GD (Cafarelli & Vita, 1988).

Con respecto a la tercera generación de *L. botrana* los valores obtenidos en la parcela en estudio presentan gran similitud con aquellos obtenidos en Roma (Cafarelli & Vita, 1988) y en Castilla y León (Armendariz *et al.*, 2010).

CONCLUSIÓN

Este modelo sirve de base para establecer un sistema de alarma en la región de manera de poder predecir en años posteriores el momento oportuno de control de la plaga.

Es importante tener en cuenta que se debe establecer adecuadamente el biofix ya que la primera generación proviene de la cuarta generación del año anterior. Esto genera una fuente de incertidumbre que se reduce en la segunda y tercera generación. Sin embargo, un modelo de GD como el explicado en este trabajo, podría proporcionar previsiones adecuadas, debido a las limitaciones prácticas de monitorear a *Lobesia botrana* en el campo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- AMO-SALAS, M. V., R. ORTEGA-LÓPEZ HARMAN & A. ALONSO-GONZÁLEZ. 2011. A new model for predicting the flight activity of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Crop Protection* 30: 1586-1593.
- ARMENDARIZ, I., G. CAMPILLO, A. PEREZ-ZANZ, C. CAPI-LLA, J. S. JUÁREZ & L. MIRANDA. 2007. La polilla del racimo (*Lobesia botrana*) en la D.O. Arribes, años 2004 a 2006. *Boletín de Sanidad Vegetal - Plagas* 33: 447-489.
- ARMENDARIZ, I., A. PEREZ-ZANZ & L. MIRANDA. 2010. Predicción de la polilla del racimo de la vid (*Lobesia botrana*) en seis Denominaciones de Origen de Castilla y León. *Boletín de Sanidad Vegetal - Plagas* 36: 11-22.
- CAFFARELLI, V. & G. VITA. 1988. Heat accumulation for timing grapevine moth control measures. *Bulletin International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants, West Palearctic Regional Section* 11(2): 24-26.
- COSCOLLÁ, R. 1980. Incidencia de los factores climatológicos en la evolución de las plagas y enfermedades de las plantas. *Boletín de Sanidad Vegetal - Plagas* 6: 123-139.
- COSCOLLÁ, R. 1997. *La polilla del racimo (Lobesia botrana Den y Schiff)*. Editorial Generalitat Valenciana. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, España.
- GALLARDO, A., R. OCETE, M. A. LÓPEZ, F. ORTEGA, A. SEMEDO & F. J. SORIA. 2009. Forecasting the flight activity of *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Tortricidae) in Southwestern Spain. *Journal of Applied Entomology* 133: 626-632.
- GARCÍA-MARÍ, F., L. COSTA COMELLES & F. FERRAGUT PEREZ. 1994. *Las plagas agrícolas*. 2ª edición. Editorial Phytoma, España.
- MARCO, V. 2001. Modelización de la tasa de desarrollo de insectos en función de la temperatura. Aplicación al manejo integrado de plagas mediante el método de grados día. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 28: 147-150.
- MARTÍN-VERTEDOR, D., J. FERRERO-GARCÍA & L. M. TORRES-VILA. 2010. Global warming affects phenology and voltinism of *Lobesia botrana* in Spain. *Agricultural and Forestal Entomology* 12: 169-176.
- MILONAS, P., M. SAVOPOULOU-SOULTANI & D. STAVRIDIS. 2001. Day-degree models for predicting the generation time and flight activity of local populations of *Lobesia botrana* (Den. & Schiff) (Lep., Tortricidae) in Greece. *Journal Applied Entomology* 125: 515-518.

- RODITAKIS, N. & M. KARANDINOS. 2001. Effects of photoperiod and temperature on pupal diapause induction of grape berry moth *Lobesia botrana*. *Physiological Entomology* 26: 329-340.
- SCHMID, A. 1978. Vers de la grappe 1977 en Suisse Romande. En: *Rapport pour la réunion OILB Lutte intégrée en Viticulture*, Zaragoza, 1978.
- TZANAKAKIS, M. E., M. SAVOPOULOU-SOULTANI, C. S. OUSTAPASSIDIS, S. C. VERRAS & H. HATZIEMMANUEL. 1988. Induction of dormancy in *Lobesia botrana* by long day and high temperature conditions. *Entomologia Hellenica* 6: 7-10.
- TORRES-VILA, L. M., J. STOCKEL, P. BIELZA & A. LACASA. 1996. Efecto de la diapausa y del capullo sobre el potencial biótico de la polilla del racimo *Lobesia botrana* Den y Schiff (Lepidoptera: Tortricidae). *Boletín de Sanidad Vegetal - Plagas* 22: 27-36.
- TOUZEAU, J. 1981. Modélisation de l'évolution de l'Eudemis de la vigne pour la région Midi-Pyrénées. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura (Ser II)* 16: 26-28.