



Universidad  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Máster

## Ingeniería Agronómica

Descripción, comportamiento y monitorización de *Lobesia botrana* en viñedos de Cariñena.

Description, behaviour and monitoring of *Lobesia botrana* in vineyards of Cariñena.

Autor/es

Cristina Sánchez Kolly

Director/es

Juan José Barriuso Vargas

Julio Prieto Díaz

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

Año 2022



## **RESUMEN**

La “polilla del racimo de la vid” *Lobesia botrana*, es un lepidóptero que ataca a la vid. Actualmente, basándose en parámetros climáticos, se ha logrado modelizar el ciclo de la polilla del racimo de la vid.

El modelo se basa fundamentalmente en el cálculo de las integrales térmicas para cada fase de desarrollo del insecto. El modelo base fue elaborado en la región de Toulouse (Francia) y requeriría adaptaciones para aplicarse a otras regiones. Dado que la gravedad de la plaga está muy ligada a las condiciones climáticas, será variable según las condiciones meteorológicas que marquen los años y las regiones. Por este motivo, en el presente trabajo se estudia el comportamiento de *Lobesia* en viñedos de Cariñena y se proponen nuevas variables a introducir en el modelo para ajustar su precisión predictiva de vuelos de la plaga en la zona.

Los resultados del análisis de datos y Deep Learning implementado en el presente trabajo demuestran que la altitud, la radiación, el viento, junto con la humedad relativa y temperatura son los factores a tener en cuenta para la mejora del modelo.

**Palabras Clave:** *Lobesia botrana*, Touzeau, Deep Learning, Cariñena.

## **ABSTRACT**

The “grapevine moth” *Lobesia botrana*, is a lepidoptera that attacks grapevines. Currently, based on climatic parameters, it has been possible to model the cycle of the grapevine moth.

The model is fundamentally based on the calculation of thermal integrals for each phase of insect development. The base model was developed in the Toulouse region (France) and would require adaptations to be applied to other regions. Since the severity of the plague is closely linked to climatic conditions, it will vary depending on the weather conditions that mark the years and regions. For this reason, in the present work the behaviour of *Lobesia* in Cariñena vineyards is studied and new variables are proposed to be introduced in the model to adjust its predictive accuracy of pest flights in the area.

The results of the data analysis and Deep Learning implemented in this work show that latitude, radiation, wind, along with relative humidity and temperature are the factors to be taken into account to improve the model.

**Keywords:** *Lobesia botrana*, Touzeau, Deep Learning, Cariñena.

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	1
2. OBJETIVOS. ....	3
3. MATERIALES Y MÉTODOS. ....	4
3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA VID. ....	4
3.1.1. Superficie y producción del viñedo en España y Aragón. ....	4
3.2. LA VID Y SUS NECESIDADES EN EL MEDIO AMBIENTE. ....	4
3.2.1. Exigencias del clima. ....	6
3.2.2. Ciclos Vegetativo y Reproductor. ....	6
3.3. CARACTERÍSTICAS DE <i>LOBESIA BOTRANA</i> . ....	8
3.3.1. Descripción de los distintos estados de desarrollo. ....	9
3.4. CICLO ANUAL. ....	11
3.5. INFLUENCIA DE LOS FACTORES EXTERNOS. ....	12
3.5.1. Factores abióticos.....	12
3.5.2. Factores bióticos.....	14
3.6. DAÑOS PRODUCIDOS POR LA PLAGA. ....	14
3.7. ZONA DE MUESTREO .....	16
3.8. MONITOREO DE INSECTOS. ....	19
3.9. CURVAS DE VUELO.....	19
3.10. MÉTODO GRADOS-DIA (TOUZEAU). ....	20
3.11. ANÁLISIS DE DATOS. ....	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ....	21
4.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CAPTURAS Y VUELOS DE <i>LOBESIA</i> . ....	21
4.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ANÁLISIS DE FACTORES CLIMATOLÓGICOS. ....	27
4.2.1. Integral térmica. ....	27
4.2.2. Influencia humedad relativa y temperatura. ....	29
4.3. PREDICCIONES. ....	35
4.3.1. Predicciones para las parcelas que presentan los máximos vuelos.....	35

4.3.2. Predicciones y comparativa con modelo Touzeau (1981). .....	36
4.3.3. Nuevos modelos con Deep Learning. ....	40
4.3.3.1. Aplicación de los nuevos modelos con Deep Learning. ....	42
5. CONCLUSIONES.....	43
6. BIBLIOGRAFÍA .....	44

## INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Coordenadas de los puntos totales muestreados en “Bodega San Valero”. ...	16
Tabla 2. Coordenadas puntos totales muestreados “Denominación de Origen Cariñena”. .....	17
Tabla 3. Códigos de parcelas muestreadas en “Bodega San Valero” (2008 – 2012). ....	17
Tabla 4. Códigos de parcelas muestreadas “Denominación de Origen Cariñena” (2004 – 2012). ....	18
Tabla 5. Fechas, intensidad y porcentaje de los máximos vuelos de <i>L. botrana</i> en el total de las parcelas del estudio en Cariñena (2004 – 2012). ....	24
Tabla 6. Parcelas que presentan el máximo de vuelos por generaciones de <i>Lobesia botrana</i> . ....	26
Tabla 7. Tabla con gradientes de color para temperaturas más frías y más cálidas. GD del día con máximo de vuelo de <i>L. botrana</i> en las parcelas de la D.O., años 2004-2012 y total para el 31 de diciembre. ....	28
Tabla 8. Tabla con gradientes de color para temperaturas más frías y más cálidas. GD del día con máximo de vuelo de <i>L. botrana</i> en las parcelas de la bodega San Valero, años 2009-2012 y total para el 31 de diciembre. ....	28
Tabla 9. Porcentaje de días entre el 1 de enero y 31 de diciembre con condiciones de Humedad y Temperatura medias óptimas, aceptables e inadecuadas para la actividad de <i>Lobesia botrana</i> . ....	33
Tabla 10. Diferencias entre máximos de vuelo según la estimación del modelo de Touzeau (1981) (GD) y los datos de campo para las parcelas de estudio. ....	35
Tabla 11. Diferencias entre máximos de vuelo según la estimación del modelo de Touzeau (1981) (GD) y los datos de campo para las parcelas de estudio. ....	36
Tabla 12. La matilla: Datos de campo (GD y fecha del día máximo de capturas) frente a los datos teóricos del modelo Touzeau. ....	37
Tabla 13. La Balsa: Datos de campo (GD y fecha del día máximo de capturas) frente a los datos teóricos del modelo Touzeau. ....	37

Tabla 14. La virgen: Datos de campo (GD y fecha del día máximo de capturas) frente a los datos teóricos del modelo Touzeau.....	38
Tabla 15. Resultados del análisis $R^2$ para GD y fechas máximas de vuelo.....	38
Tabla 16. Diferencias entre los datos reales de campo y los datos teóricos del modelo Touzeau. ....	39
Tabla 17. Salida datos modelos univariables con Deep Learning. ....	41

## INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Fases ciclo vegetativo anual de la vid.....	7
Figura 2. Larva de polilla.....	9
Figura 3. Adultos <i>Lobesia</i> en trampa delta.....	10
Figura 4. Adultos de <i>Lobesia botrana</i> .....	10
Figura 5. Ciclo biológico <i>L. botrana</i> .....	11
Figura 6. Climodiagrama de Stelwaag aplicado a los imagos de <i>L. botrana</i> . A: Límite de la zona de actividad. I: Zona de actividad de puesta máximas. ....	12
Figura 7. Joven oruga de 1ª generación de <i>Lobesia</i> , efectuando sus primeros daños en las yemas florales, que perfora, después de haber unidos con hilos sedosos.....	15
Figura 8. Grano abierto que muestra la perforación de la oruga y la lesión producida en la pulpa. ....	15
Figura 10. Localización en el mapa de las parcelas muestreadas. ....	18
Figura 9. Trampa Delta. ....	19
Figura 11. Gráfica global de vuelos de <i>L. botrana</i> (nº de capturas) en todas las parcelas del estudio respecto a los grados-día acumulados (2010).....	22
Figura 12. Ilustración gráfica de la distribución temporal de los vuelos de <i>Lobesia</i> en las parcelas de D.O. Cariñena con la evolución de la temperatura (GD) en el año 2011....	23
Figura 13. Ilustración gráfica de la distribución temporal de los vuelos de <i>Lobesia</i> en las parcelas de bodega San Valero el año 2011.....	25
Figura 14. Superposición de los pares de datos de HR y Tª media en el año 2011 en el ecoclimatograma de Stellwaag. ....	30
Figura 15. Evolución de la temperatura media y humedad relativa media en el año 2011. Las líneas verdes indican el periodo de actividad de la plaga. ....	31
Figura 16. Representación gráfica de la evolución de condiciones meteorológicas óptimas (100), aceptables (50) e inadecuadas (10) en el año 2011 .....	32

Figura 17. Representación gráfica de las tres generaciones de <i>Lobesia botrana</i> en el año 2011. ....	32
Figura 18. Evolución gráfica de la HR y Tª en el año 2006. ....	34
Figura 19. Evolución gráfica de la HR y Tª en el año 2008. ....	34
Figura 20. Resultados de salida del modelo con Deep Learning. ....	40

## 1. INTRODUCCIÓN y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.

La “polilla del racimo de la vid”, *Lobesia botrana*, Denis & Schiffmüller (Lepidóptera: Tortricidae) es un lepidóptero que ataca a la vid. Generalmente, la primera generación de cada temporada ataca a los grupos de flores (inflorescencias), mientras que las posteriores generaciones provocan daños a los racimos en formación (González, 2010).

Actualmente, basándose en parámetros climáticos, se ha logrado modelizar el ciclo de la polilla del racimo de la vid. El modelo se basa fundamentalmente en el cálculo de las integrales térmicas para cada fase de desarrollo del insecto y también utiliza otros parámetros, unos fijos (período de protandria, período de oviposición, duración de la puesta, etc.) y otros en función de variables climáticas (índice de la puesta por humectación, inducción a la diapausa por el fotoperiodo) (Ordás, 2017). El modelo base ha sido elaborado en la región de Tolouse (Francia) y requeriría adaptaciones para aplicarse a otras regiones (Silva et al., 2013).

Dado que la gravedad de la plaga está muy ligada a las condiciones climáticas, será variable según las condiciones meteorológicas que marquen los años y las regiones. Así, en general, su importancia en España es escasa en el norte peninsular (Galicia, Asturias, País Vasco), variable en el interior (Castilla-León, Rioja, Navarra, Castilla-La Mancha) e importante en toda la costa mediterránea y atlántica (Cataluña, Valencia, Murcia, Andalucía), así como en Extremadura y Aragón (Coscollá, 1992).

En el año 2012, dos de los principales grupos bodegueros de la D.O.P. Cariñena (“Bodegas San Valero” y “Grandes Vinos y Viñedos”) con el apoyo del Consejo Regulador de la histórica Denominación de Origen, deciden implementar la técnica de la confusión sexual para el control de la polilla de la vid *Lobesia botrana*. Esta plaga afecta en mayor o menor medida a la totalidad de la superficie de viñedo de la D.O.P. Cariñena, unas 14.084 ha repartidas en 14 municipios y cultivadas por 1.407 agricultores (D.O.P. Cariñena, 2021).

Hasta el año 2012 el control de la polilla de la vid se realizaba mediante una estrategia basada en la aplicación de productos insecticidas con resultados de eficacia

no muy satisfactorios en muchas ocasiones. Además, el empleo de estos pesticidas era causa de diversos problemas, tanto a nivel medioambiental como de presencia de residuos en el vino (Sambado et al., 2015).

La confusión sexual es un método de control de plagas, basado en el uso de determinadas sustancias denominadas feromonas que actúan como mensajeros químicos entre los insectos de la misma especie, pudiendo transmitir varios tipos de mensajes.

Las feromonas más conocidas y utilizadas son las feromonas sexuales emitidas, en este caso, por las hembras de los lepidópteros para atraer a los machos y así favorecer el apareamiento.

La técnica de la confusión sexual consiste en la liberación masiva de feromonas sexuales de origen sintético específicas para cada especie, a través de difusores. Como consecuencia se dificulta o retarda el apareamiento, lo que conlleva una drástica y paulatina reducción de la oviposición de huevos fértiles en las generaciones posteriores.

La entrada en vigor de la Directiva Europea 2009/128/CE, sobre el uso sostenible de los plaguicidas, promueve y prioriza estrategias de control de plagas respetuosas con el medioambiente, entre las cuales se incluye la confusión sexual, en detrimento de los plaguicidas tradicionales. Posteriormente, la Directiva (UE) 2019/782 de la Comisión establece un método de cálculo para producir unos indicadores de riesgo, armonizados para toda la Unión Europea, que permiten calcular los posibles riesgos derivados del uso de plaguicidas, combinando los datos existentes sobre comercialización de productos fitosanitarios y sobre las sustancias activas de los mismos. Estos indicadores de riesgo armonizados, que se recogen en el nuevo anexo del Real Decreto, permiten mejorar el seguimiento del cumplimiento de los objetivos marcados por la Directiva 2009/128 (MAPA, 2019).

La confusión sexual implantada actualmente, en general, tiene bajo control los efectos de *Lobesia botrana* en las cosechas de los viñedos, y ha hecho que no haya una relación directa entre la presencia de adultos de polilla en las trampas y los daños en los cultivos (Armendáriz et al., 2010), por este motivo, se justifica la elaboración del presente trabajo centrándose en el análisis de las condiciones climatológicas de

Cariñena en Aragón en relación con el ciclo de vida de *L. botrana*. Se propone el estudio y validación de modelos de correlación entre la temperatura y la tasa de desarrollo de la polilla del racimo en viñedos de Cariñena, para monitorizar y predecir las fechas más probables de vuelos, ofreciendo una alternativa de control temprano de la plaga.

El ajuste y mejora de los actuales modelos nos llevaría a obtener la garantía de que en caso de que el sistema de confusión sexual establecido dejase de ser efectivo, o el cambio climático modificase las condiciones meteorológicas de la zona, podrían predecirse las fechas en las que tratar los viñedos para evitar pérdidas productivas y económicas, haciendo una gestión óptima de los tratamientos, lo que supondría un ahorro económico y beneficios ecológicos para el medio ambiente.

## 2. OBJETIVOS.

Como objetivo principal se persigue validar y ajustar el modelo predictivo de Touzeau (Touzeau, 1981) para predecir el comportamiento de *L. botrana* en viñedos de Cariñena.

Como objetivos específicos se encuentran los siguientes:

- Evaluar la efectividad del método de confusión sexual establecido en la zona de estudio.
- Evaluar la posible aparición de una cuarta generación en el ciclo de *L. botrana* en la zona de estudio.
- Evaluar el efecto de factores climáticos como la humedad relativa, la radiación, el viento o la latitud en la evolución de la plaga.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA VID.

#### 3.1.1. Superficie y producción del viñedo en España y Aragón.

En España la superficie plantada de viñedo según datos de las estadísticas agrarias de superficies y producciones anuales de cultivos del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (2020), en el año 2020 fue de 933.092 ha, siendo 646.001 ha de ellas en secano y 287.091 ha en regadío. Del mismo modo, en 2020 se arrancaron 24.282 ha de viñedo y la superficie de nuevas plantaciones fue de 16.932 ha. Dentro de la superficie nacional, Aragón representa un 3.76 % de la superficie de viñedo con 35.106 ha y Zaragoza 27.910 ha, lo que representa un 79.50 % de la superficie de plantación aragonesa.

La producción de vino y mosto en España se caracteriza por su gran variabilidad de unas campañas a otras debido a la fuerte dependencia del cultivo de las condiciones climatológicas. Para el año 2020 en España se produjeron 40.727.989 hl de vino, siendo 939.266 hl elaborados en Aragón, y de éstos, 794.063 hl (85% del total) en la provincia de estudio, Zaragoza (MAPA, 2020).

### 3.2. LA VID Y SUS NECESIDADES EN EL MEDIO AMBIENTE.

Como planta perenne, la vid *Vitis vinifera L.* ocupa el suelo durante un mínimo de treinta a cuarenta años y de media no entra en producción hasta el tercero o cuarto año después de la plantación. Su vida es una sucesión de ciclos anuales interdependientes, pues las condiciones de vegetación a lo largo de un ciclo debidas al medio y al hombre, tienen influencias en los ciclos vegetativos siguientes (Martinez de Toda, 1990).

A lo largo de cada ciclo anual, la vid asegura:

- El crecimiento y el desarrollo de los órganos vegetativos (pámpanos, hojas, zarcillos y raíces), su perennidad mediante el almacenamiento de reservas (agostamiento) y la adquisición de latencia interna de las yemas: ciclo vegetativo.

- El crecimiento y el desarrollo de los órganos reproductores (inflorescencias, flores y bayas) y su maduración: ciclo reproductor.

La planta de vid cultivada en explotaciones comerciales está compuesta por dos individuos, uno constituye el sistema radical (*Vitis* spp. del grupo americano, en su mayoría), denominado patrón o portainjerto y, otro la parte aérea (*Vitis vinifera*), denominada púa o variedad.

Esta última constituye el tronco, los brazos y los pámpanos que portan las hojas, los racimos y las yemas. La unión entre ambas zonas se realiza a través del punto de injerto. El conjunto es lo que conocemos con el nombre de cepa. La introducción de estos tipos de vides se produjo a partir de la invasión de filoxera en España en 1878 cuando se constata su presencia en Málaga, casi al mismo tiempo apareció un segundo foco en Gerona y de esos se dispersó por el resto de España excepto en Canarias, donde se sigue cultivando a pie franco (Moreno, 2002).

La vid es un arbusto constituido por raíces, tronco, sarmientos, hojas, flores y fruto. Ya se sabe que a través de las raíces se sustenta la planta, mediante la absorción de la humedad y las sales minerales necesarias, y que el tronco y los sarmientos son meros vehículos de transmisión por los que circula el agua con los componentes minerales. La hoja con sus múltiples funciones es el órgano más importante de la vid. Las hojas son las encargadas de transformar la savia bruta en elaborada y son las ejecutoras de las funciones vitales de la planta: transpiración, respiración y fotosíntesis. Es en ellas dónde a partir del oxígeno y el agua, se forman las moléculas de los ácidos, azúcares, etc. que se van a acumular en el grano de la uva condicionando su sabor (Martínez de Toda Fernández, 1991).

El cultivo de vid requiere unas exigencias en suelo y clima para poder adaptarse al medio y alcanzar su producción óptima. Cabe destacar la importancia del clima en el desarrollo de la vid dado que el estado fenológico de las inflorescencias de la planta va a ser la causa principal de regulación de la tasa de instalación de la plaga de *L. botrana* fundamentalmente durante los primeros estadios larvarios, siendo esto un mecanismo dinámico que depende de la meteorología particular de cada año. Por tanto, tanto la precocidad como la velocidad de desarrollo de las inflorescencias, variable según

variedades, pueden modificar mucho la tasa de instalación larvaria (Torres-Vila et al., 1992).

### 3.2.1. Exigencias del clima.

El clima impone límites a las plantaciones de vid en altura y estas son determinadas por la altura y la latitud, y pueden esquivarse ubicando correctamente el viñedo en pendientes bien orientadas. Estas plantaciones disfrutan de un régimen térmico más elevado, sufren menos con las heladas invernales y las escarchas de primavera se secan rápidamente, de manera que la vegetación es más breve y el grado de azúcar más elevado. Se habla en estos casos de microclima (Martínez Valero, 2001).

En invierno, las temperaturas mínimas que puede aguantar la vid son de hasta -18 °C. Por debajo de esta temperatura se ocasionarían graves daños. Se consideran daños ligeros a la necrosis de la médula y el diafragma. Un daño muy grave sería la muerte de las yemas en los sarmientos de un año. Estos daños se dan más en las vides jóvenes y en las vides vigorosas. Producen graves daños las heladas por debajo de los - 2 °C después de la brotación y las temperaturas demasiado altas (30 - 34 °C), especialmente si van acompañadas de sequedad, viento caliente y seco, son temperaturas que queman hojas y racimos. (Martínez de Toda Fernández, 1991).

El granizo es el meteoro más dañino para la viticultura. Los daños son de diversa naturaleza. Los granos quedan hendidos o aplastados dando lugar a la proliferación de hongos y marchiteces. Las hojas son agujereadas o laceradas, y a menudo son arrancadas, con pérdida de superficie fotosintética. En los sarmientos queda dañada la corteza, pero también con frecuencia el tronco leñoso (Martínez de Toda Fernández, 1991).

### 3.2.2. Ciclos Vegetativo y Reproductor.

Después del estudio de la morfología y de la anatomía de los diferentes órganos de la vid, vamos a abordar el funcionamiento de dichos órganos y las relaciones que se establecen entre ellos y el medio ecológico para dar lugar a unos determinados ciclos que sigue la planta.

En la vid existen cambios morfológicos que ocurren anualmente en un orden cronológico. Estos permiten dividir el ciclo anual en diferentes fases, como se puede ver en la figura 1.

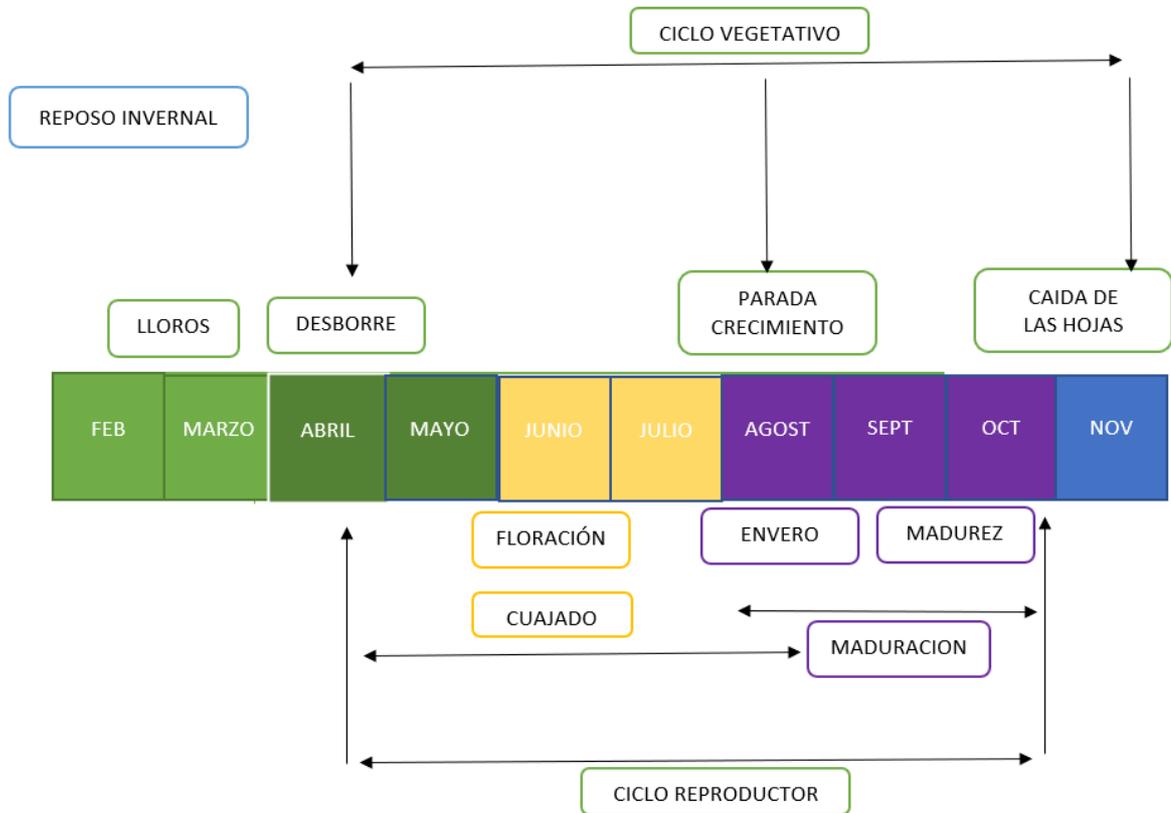


Figura 1. Fases ciclo vegetativo anual de la vid.

Estas diferentes fases constituyen el ciclo vegetativo. Cabe destacar, que la formación de las yemas y las inflorescencias dentro de éstas, se produce durante la fase que va de envero a maduración, coincidiendo con el agostamiento de los sarmientos, aquí queda definido el potencial productivo máximo del año siguiente.

Para predecir la fenología de un cultivo en diferentes condiciones climáticas, se utilizan los modelos fenológicos asumiendo que la temperatura es el principal factor que influye en las respuestas y el desarrollo de la planta (Lozano Déez et al., 2000).

### 3.3. CARACTERÍSTICAS DE *LOBESIA BOTRANA*.

Aunque existen varias especies de lepidópteros que pueden conocerse como “polillas del racimo” (*Eupoecilia ambiguella*, *Cryptoblabes gnidiella*, *Argyrotaenia pulchellana*, *Clepsis spectrana*, etc.), la especie *Lobesia botrana* posee actualmente una predominancia absoluta en España sobre todas las demás (Coscollá, 1992).

Esta plaga se instaló en Europa a finales del siglo XIX, aunque fue en el siglo XX cuando empezó a afectar a las principales zonas vitícolas de este continente. En la actualidad está bien establecido el ciclo biológico y el desarrollo de la plaga en Europa, debido al tiempo que lleva instalada en el continente y a los numerosos estudios multidisciplinarios realizados por equipos de investigadores europeos. Por tanto, se puede afirmar que la polilla está controlada y su presencia es constantemente monitoreada, permitiendo minimizar los efectos y las correspondientes pérdidas económicas que se producen por su presencia en la vid (Armendáriz et al., 2009).

En España, se señala su presencia extendida en 1926 en Barcelona, en 1927 en Orense y sucesivamente en Almería, Alicante, Lérida, Tarragona, Badajoz, Toledo y Ávila por González de Andrés (1935). En 1933 se comprobó su existencia en León, Lugo y Pontevedra. Tras su aparición progresiva por toda la Península en la primera mitad del siglo, actualmente *L. botrana* se encuentra presente en toda España a excepción de Baleares y Canarias (Coscollá, 1992). Si bien Ruiz Castro (1943) la señala como presente en el primer archipiélago en la primera mitad del siglo.

Como se deduce de lo dicho, la extensión histórica tanto a escala europea como nacional, no presentó una solución de continuidad. Aunque la exposición cronológica incite a ello, la progresión no debería interpretarse como exclusivamente inherente a *L. botrana* a partir de un hipotético centro de origen (Torres Vila, 2019).

En la evolución de la plaga y ciclo de vida influyen directamente factores climáticos como la temperatura, humedad relativa, dirección de los vientos, lluvias, fotoperiodos, insolación, siendo la temperatura el factor más influyente en la vida de *Lobesia* (Coscollá, 1992; Marco, 2001).

### 3.3.1. Descripción de los distintos estados de desarrollo.

*L. botrana* es un microlepidóptero plaga de la vid. Esta especie de insecto tiene una vida con varios ciclos, dependiendo de las condiciones climáticas tales como la temperatura y el fotoperiodo. En nuestras latitudes tiene tres generaciones, aunque cada vez más, se ve cómo se inicia una cuarta generación, que podría desarrollarse por completo en el futuro si las temperaturas siguen aumentando a causa del cambio climático como ya ha sucedido y se ha demostrado en países como Chile y Argentina (Heit et al., 2019).

Los huevos son colocados por la hembra sobre superficies lisas en forma aislada o en grupos de 2 a 3. Son aplanados, lenticulares y miden aproximadamente 0.7 x 0.6 mm.

La larva mide aproximadamente al nacer 1 mm y en su máximo desarrollo llega a alcanzar 1 cm de longitud pasando por 5 estados larvarios de desarrollo. Se encuentran en los racimos, son de color verdosas (aunque varía de amarillo-verdoso a marrón-grisáceo), con la cabeza siempre de color marrón claro (figura 2).



*Figura 2. Larva de polilla.*

Las crisálidas son difíciles de localizar y se encuentran escondidas en la corteza de las cepas, suelo o racimos.

El adulto tiene aproximadamente 10-13 mm de envergadura alar y 6-8 mm en reposo. En general presenta un color grisáceo. No existe dimorfismo sexual y el diseño de alas es similar (figura 3 y 4) (Torres Vila, 2019).



*Figura 3. Adultos Lobesia en trampa delta.*



*Figura 4. Adultos de Lobesia botrana.*

### 3.4. CICLO ANUAL.

La primera generación ataca a las inflorescencias, la segunda las bayas verdes, la tercera y/o cuarta, las bayas en envero y en maduración. Pasa el invierno como crisálida o pupa en estado de diapausa escondidos en diversos lugares: corteza de las cepas, suelo, hojas caídas, márgenes, tutores, etc. Con insectos marcados radiativamente se ha visto que más del 60% lo hacen en la corteza de las cepas (Coscollá, 1992).

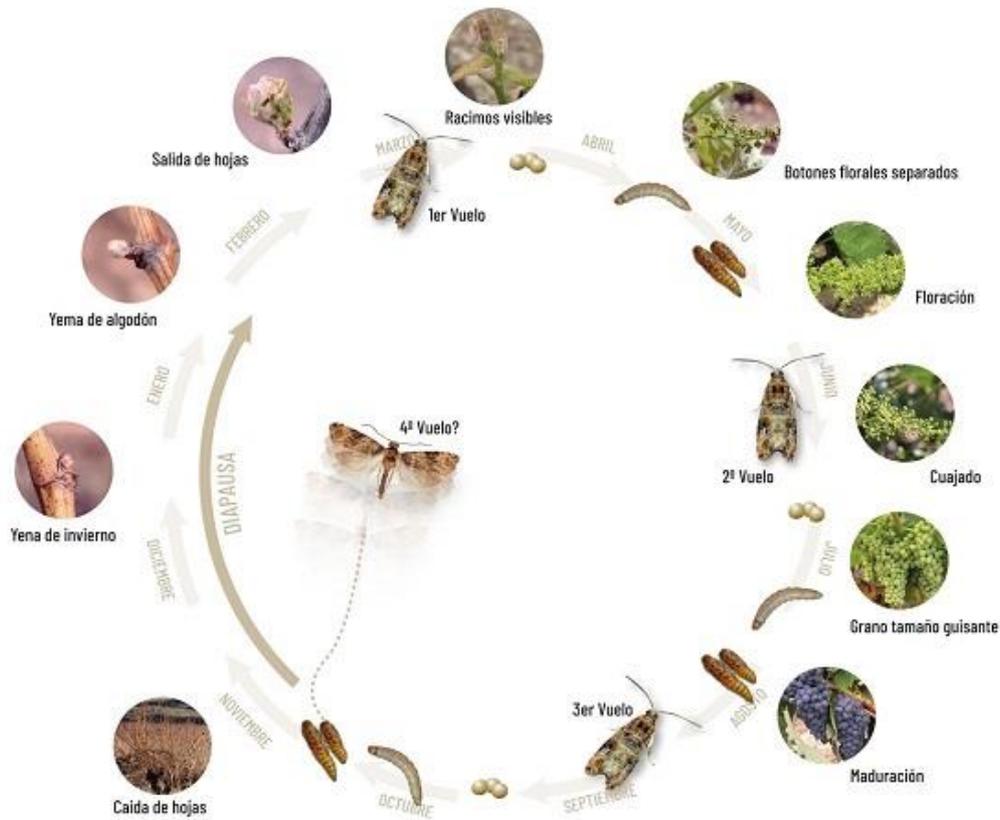


Figura 5. Ciclo biológico *L. botrana*.  
(INDISA.es, 2018).

Temperaturas primaverales y estivales anormalmente elevadas aceleran los procesos y es posible, como se ha indicado en apartados anteriores, que se inicien otra generación. Otros factores que afectan el desarrollo de esta plaga son: el fotoperíodo, (que provoca la entrada en diapausa) el viento y la lluvia afectan negativamente los vuelos (Dagatti y Becerra, 2015).

### 3.5. INFLUENCIA DE LOS FACTORES EXTERNOS.

#### 3.5.1. Factores abióticos.

Según los estudios realizados hasta el momento, se ha demostrado que existe una relación directa entre factores abióticos, como pueden ser climáticos (temperatura, humedad relativa, dirección de los vientos, lluvias, fotoperiodo, insolación) y el ciclo de vida de los insectos. Sin embargo, en el caso de *Lobesia botrana*, al ser un organismo poiquilotermo la temperatura se manifiesta como la variable de mayor influencia (Coscollá, 1980; Marco, 2001)

La acción general de los principales factores climáticos (temperatura y humedad relativa) se ha resumido en el climodiagrama de Stellwaag (figura 6). Se han expuesto juntos los climodiagrama de *L. botrana* y *E. ambiguella* para poner de manifiesto la causa del predominio absoluto de *L. botrana* en las poblaciones de polillas de la mayoría de las zonas vitícolas españolas. Puede observarse que, prefiriendo temperaturas altas (superiores a 20 °C), el óptimo de humedad para *L. botrana* se sitúa entre 40 y 70 %, mientras que para *E. ambiguella* ha de ser superior al 75 % (Coscollá, 1992).

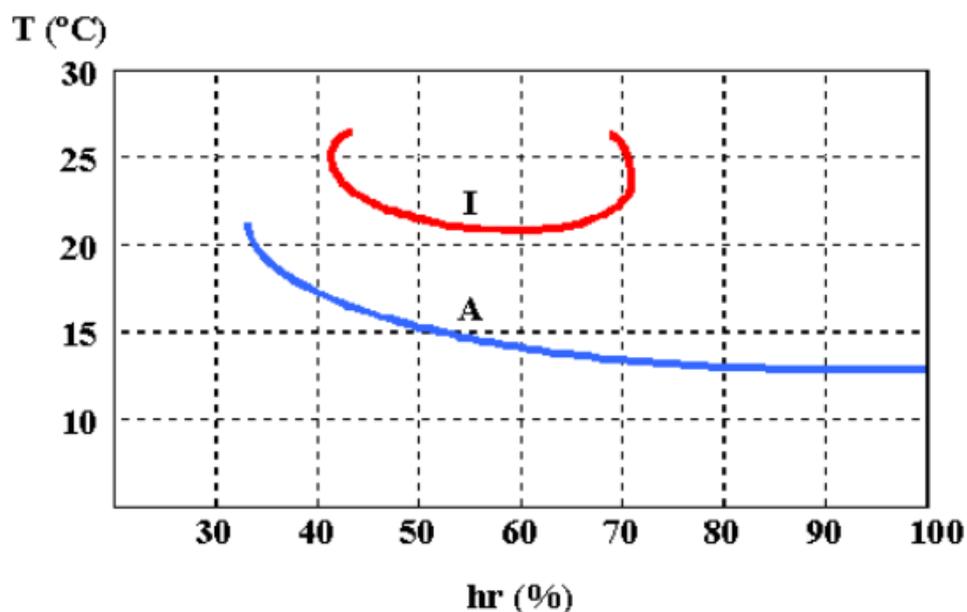


Figura 6. Climodiagrama de Stelwaag aplicado a los imagos de *L. botrana*. A: Límite de la zona de actividad. I: Zona de actividad de puesta máximas. (Torres Vila, 2019).

Aunque se podría considerar la influencia de estos factores sobre cada una de las fases de desarrollo del insecto, únicamente se expone lo que sucede sobre la fase de huevo, que al no tener movilidad (como la larva o el adulto) o estar menos resguardado (como la crisálida) es más sensible a la acción limitante de los mismos.

La duración del periodo de incubación de los huevos es función de la temperatura, pero la acción limitante sobre los mismos se ejerce, sobre todo, por las humedades relativas bajas (propias de veranos muy cálidos) que unidas a las altas temperaturas provocan desecación de huevos y, en consecuencia, importantes mortandades de algunos de los agroecosistemas españoles (Coscollá, 1992).

Otro elemento a tener en cuenta, por su influencia fenológica, es la integral térmica, que en el caso de *L. botrana* es la suma del exceso sobre 10 °C (umbral de desarrollo) de las temperaturas medias diarias, que tiene un valor determinado para completar cada fase de desarrollo del insecto. Estos valores han sido los parámetros básicos en la citada modelización del ciclo de la plaga. (Coscollá, 1992).

Un tercer factor abiótico de tipo astronómico y que determina la entrada en diapausa, es el valor del fotoperíodo (duración diaria de la iluminación). El fotoperíodo al que están sometidos los huevos de una generación tiene una influencia decisiva sobre la entrada en diapausa de las crisálidas de dicha generación. El valor de dicho fotoperíodo crítico lo fijó Komarova en 15 h 40 m, el cual se da en España central hacia finales de julio, por lo que las crisálidas procedentes de huevos depositados con posterioridad entrarán en diapausa (Coscollá, 1992).

Por tanto, las temperaturas en combinación con el fotoperíodo determinarán el número de generaciones anuales y la acción combinada de la temperatura y la humedad relativa, determinarán la mayor o menor gravedad de la plaga. Debido a que tanto la temperatura como la humedad pueden variar mucho, tanto entre zonas como entre años dentro de una misma zona, las fluctuaciones de población del insecto y en consecuencia los daños, pueden ser muy variables e irregulares (Dagatti y Becerra, 2015).

### 3.5.2. Factores bióticos.

Como depredadores de *Lobesia* se han citado 10 especies de arañas y 21 insectos, especialmente neurópteros (crisópidos, destacando *Chrysopa carnea*) y coleópteros (coccinélidos, carábidos, cléridos y maláquidos), aunque su incidencia parece muy limitada. Es estudios como el de Depetris Nicolás (2016), se muestra como resultado la presencia de una alta variedad de artrópodos con 89 especies distintas, de las cuales un 91 % de ellas no se consideran plaga en los viñedos. En Cariñena se observa la presencia in situ de este tipo de especies. En cuanto al parasitismo, la fauna parasitaria de *Lobesia* es muy rica en especies, habiéndose citado del orden de un centenar, de las que 4 son dípteros taquínidos y los demás himenópteros, destacando los icneumonídeos con más de la mitad de las especies citadas, siendo los otros braconídeos, pteromálidos, calcídicos y de otras familias. *Lobesia* también puede ser atacada por otros parásitos, como hongos, bacterias, protozoarios y virus, capaces de producir mortandades naturales (Coscollá, 1992).

### 3.6. DAÑOS PRODUCIDOS POR LA PLAGA.

Las polillas del racimo ocasionan un doble daño, en efecto, los daños originados por las orugas pueden ser directos e indirectos.

- Daños directos: la primera generación destruye un cierto número de flores, que en general no afectan al rendimiento del cultivo (figura 7). En segunda y tercera generación, las orugas atacan directamente a las bayas del racimo y provocan una pérdida más importante de la cosecha. Se ha observado que los racimos más compactos favorecen la instalación de las orugas (Reynier, 2002).



Figura 7. Joven oruga de 1ª generación de *Lobesia*, efectuando sus primeros daños en las yemas florales, que perfora, después de haber sido unidos con hilos sedosos.

- Daños indirectos: En la segunda generación, las orugas al atacar las bayas favorecen la presencia de *Botrytis cinerea*, hongo causante de la podredumbre gris (figura 8). También son vector de otro tipo de podredumbres ácidas dependiendo del estado de maduración de las uvas. Cuando el ataque es temprano, podemos tener podredumbres ácidas y si este es más tardío *Penicillium* spp. o *Aspergillus* spp. (Reynier, 2002).



Figura 8. Grano abierto que muestra la perforación de la oruga y la lesión producida en la pulpa.

### 3.7. ZONA DE MUESTREO

En Cariñena se toman datos de la Denominación de Origen Cariñena, que cuenta con 14.110 ha de viñedo y de la bodega San Valero, con 3.600 ha de viñedo (D.O.P Cariñena, 2021 ; BSV, 2021).

En las siguientes tablas se recogen las coordenadas de las parcelas muestreadas entre los años 2004 - 2012 para las hectáreas de la D.O.P. Cariñena y las de la Bodega San Valero.

Tabla 1. Coordenadas de los puntos totales muestreados en “Bodega San Valero”.

	<b>CÓDIGO</b>	<b>COORD X</b>	<b>COORD Y</b>
<b>Aguarón (34/175)</b>	4/34/175	634.205,24	4.578.401,85
<b>Tosos (1/50) Poyo</b>	268/1/50	655.687,68	4.578.366,85
<b>Tosos (15/22) Alcaciñejo</b>	268/15/22	654.304,48	4.574.915,33
<b>Tosos (22/45) Camino longares</b>	268/22/45	659.712,01	4.577.543,83
<b>Cariñena (27/14) La platera</b>	73/27/14	647.183,25	4.577.066,43
<b>Cariñena (34/128) Casillón</b>	73/34/128	646.894,04	4.581.448,13
<b>Cariñena (5/12) La Matilla</b>	73/5/12	649.921,84	4.583.627,19
<b>Cariñena (84/31) Majuela</b>	73/84/31	649.976,11	4.579.870,19
<b>Cariñena (89/11) Carravillanueva</b>	73/89/11	652.055,80	4.577.875,18
<b>Cariñena (58/42) Convento</b>	73/58/42	653.139,01	4.576.014,46
<b>Cariñena (100/51) Bodega Baselga</b>	73/100/51	649.375,42	4.577.819,22
<b>Paniza (2/124) Cañavilayo</b>	201/2/124	648.625,76	4.572.978,05
<b>Cariñena (41/21) La Matilla</b>	73/41/21	649.828,25	4.583.614,00
<b>Cariñena (48/16) Monte Ducayl</b>	73/48/16	651.994,13	4.580.316,19
<b>Cariñena (87/1) Melendez caseta</b>	73/87/1	652.238,21	4.579.445,12
<b>Cariñena (76/75) Plano</b>	73/76/75	651.967,27	4.580.242,34
<b>Cariñena (40/66) Mainar</b>	73/40/66	647.903,74	4.580.745,62
<b>Cariñena (29/34) Encinacorba</b>	73/29/34	646.806,60	4.577.909,80
<b>Cariñena (77/165) Peligro gabernet</b>	73/77/165	648.364,99	4.582.909,80

Tabla 2. Coordenadas puntos totales muestreados “Denominación de Origen Cariñena”.

	<b>CÓDIGO</b>	<b>COORD X</b>	<b>COORD Y</b>
<b>Almonacid (3/13) Balsa</b>	24/3/13	641.546,29	4.588.579,22
<b>Cariñena (35/94) La Virgen</b>	73/35/94	647.902,13	4.585.216,92
<b>Cariñena (48/16) Monte Ducayl</b>	73/48/16	651.994,13	4.580.316,19
<b>Cariñena (95/73) Vaquerizas</b>	73/95/73	650.149,26	4.576.495,52
<b>Paniza (2/124) Cañavilayo</b>	201/2/124	648.625,76	4.572.978,05
<b>Cariñena (62/40) Vaquerizas</b>	73/62/40	650.834,08	4.574.530,77
<b>Cariñena (7/43) Las Ventas</b>	73/7/43	650.717,83	4.583.077,04
<b>Cariñena (10/9) Cerrajosa</b>	73/10/9	653.789,35	4.580.197,97
<b>Cariñena (95/73) Carraladren</b>	73/95/73	650.148,06	4.576.496,20
<b>Encinacobra (30/27) La Ermita</b>	98/30/27	646.048,48	4.572.512,51

No todos los años se muestrean las mismas parcelas, por lo que en las tablas 3 y 4 se muestran los códigos de identificación (el primer número corresponde al código del municipio, el segundo al código del polígono y el tercer número al código de la parcela) de las parcelas muestreadas en cada año perteneciente al estudio. La figura 10 muestra la situación en el mapa de las parcelas muestreadas.

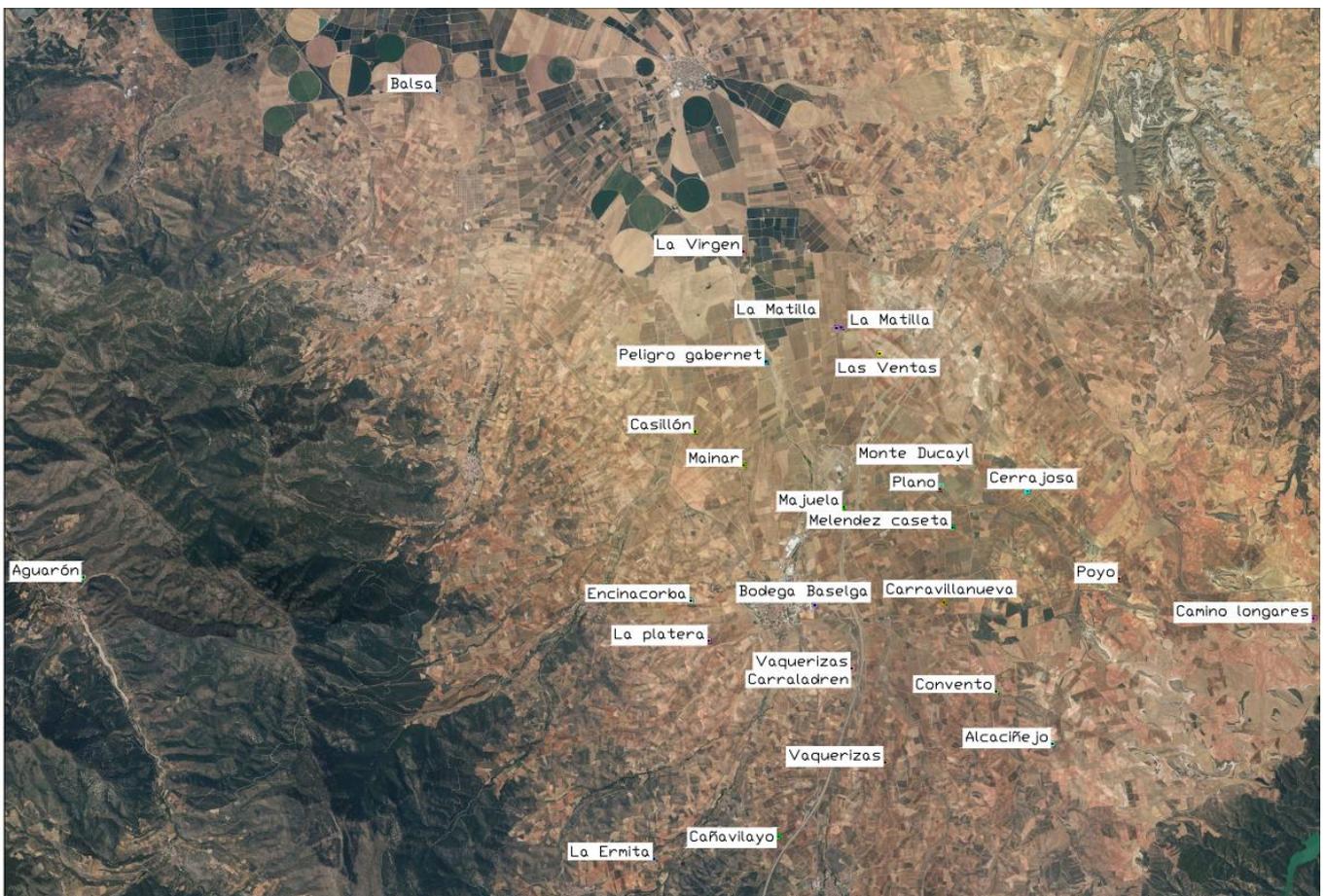
Tabla 3. Códigos de parcelas muestreadas en “Bodega San Valero” (2008 – 2012).

<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
4/34/175	4/34/175	201/2/124	73/48/16	73/48/16
268/1/50	268/1/50	4/34/175	4/34/175	268/1/50
268/15/22	268/15/22	268/1/50	268/1/50	268/15/22
268/22/45	73/27/14	268/15/22	268/15/22	73/27/14
73/27/14	73/34/128	73/27/14	73/27/14	73/34/128
73/34/128	73/5/12	73/34/128	73/34/128	73/5/12
73/5/12	73/84/31	73/5/12	73/5/12	73/76/75
73/84/31	73/89/11	73/84/31	73/41/21	73/84/31
73/89/11	73/58/42	73/89/11	73/84/31	73/89/11
73/58/42	73/100/51	73/58/42	73/89/11	73/58/42
73/100/51		73/100/51	73/58/42	73/100/51
			73/100/51	73/40/66
				73/87/1
				73/77/165
				73/29/34

Tabla 4. Códigos de parcelas muestreadas “Denominación de Origen Cariñena” (2004 – 2012).

2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
24/3/13	24/3/13	24/3/13	24/3/13	24/3/13	24/3/13	24/3/13	24/3/13	24/3/13
73/35/94	73/35/94	73/35/94	73/35/94	73/35/94	73/35/94	73/35/94	73/35/94	73/35/94
73/48/16	73/48/16	73/48/16	73/48/16	73/48/16	73/48/16	73/48/16	73/7/43	73/48/16
73/95/73	73/95/74	73/95/75	73/95/76	73/95/77	73/95/78	73/95/79	73/10/9	73/95/73
201/2/124	201/2/124	201/2/124	201/2/124	201/2/124	201/2/124	201/2/124	73/95/73	98/30/27
		73/7/43				73/7/43	98/30/27	

Figura 10. Localización en el mapa de las parcelas muestreadas.



### 3.8. MONITOREO DE INSECTOS.

Se realizó el seguimiento de las polillas durante las campañas de 2004 a 2012, eligiendo este periodo de tiempo porque todavía no se hacía uso de confusión sexual, y, por tanto, se puede analizar con más precisión y exactitud el comportamiento de la plaga.

Para realizar el monitoreo se utilizaron trampas (una por hectárea) de tipo Delta, con pisos engomados que atrae a los machos debido al uso de una feromona específica contenida en cápsulas. Dichas cápsulas fueron cambiadas cada 60 días (figura 9).



*Figura 9. Trampa Delta.*

Las trampas fueron colocadas a principios de mayo y se registraron capturas sistemáticas desde comienzos de junio hasta entrado septiembre en cada campaña. Los insectos se contaron cada semana.

### 3.9. CURVAS DE VUELO.

Con los datos obtenidos se realizaron las denominadas curvas de vuelo. Dichas curvas son representaciones gráficas que registran en las ordenadas el número de polillas macho capturadas en las trampas y en las abscisas la fecha en la que se realizó la captura. Estas curvas muestran los ciclos que presenta la polilla durante un periodo de tiempo, que corresponde a una campaña completa (desde el primer vuelo hasta la cosecha de la vid).

### 3.10. MÉTODO GRADOS-DIA (TOUZEAU).

El método de los grados-día es el más empleado para estudiar la relación entre tasa de desarrollo del insecto y la temperatura. Su fundamento está en la medición de la cantidad de energía calórica aportada diariamente (grados-día) cuando la temperatura media excede de un valor denominado “umbral mínimo de desarrollo” y que debe ser definido para cada especie. En este caso el modelo de Touzeau fija ese valor en 10 °C para la polilla del racimo de la vid (Touzeau, 1981).

La ecuación del método de Touzeau es la siguiente:

$$\sum \left( \frac{T.máx + T.mín}{2} - 10 \right) = GD$$

T máx = Temperatura máxima diaria (°C)

T mín = Temperatura mínima diaria (°C)

*T. umbral* = Temperatura umbral inferior (10 °C), por debajo de la cual no hay desarrollo del organismo.

La cantidad de grados día (*GD*) que es necesario acumular para la ocurrencia de un evento (eclosión de huevos, ciclo larvario, pupación, etc.) se denomina “Integral térmica” y se constituirá en la información necesaria para predecir en qué valor de acumulación térmica ocurre cada evento (Silva et al., 2013).

La temperatura de la zona se registró en las estaciones meteorológicas pertenecientes a la Red Fitosanitaria de Aragón (RedFAra, <http://www.redfara.es/app/>)

### 3.11. ANÁLISIS DE DATOS.

El proceso de análisis de datos es un proceso largo; primero se recurrió a la recopilación y agrupación de los datos proporcionados por las bodegas y por la RedFAra. Se agruparon en hojas de cálculo Excel para facilitar su tratamiento. Tras agrupar los datos meteorológicos por campañas frente a los datos de capturas de insectos e identificar la parcela a la que corresponden dichas capturas, se introduce la fórmula de Touzeau. De este modo la relación de los vuelos con la integral térmica es relativamente sencilla de establecer. A partir de estas hojas de cálculo se elaboraron gráficas mediante

las que interpretar visualmente los ciclos biológicos de los insectos en las parcelas pertenecientes a cada bodega.

Como observación general de todos los datos, se recogen en tablas comparativas y analizan los datos de la parcela en la cual se haya registrado la mayor cantidad de capturas por cada generación de la plaga. Se compara el modelo de Touzeau (1981) (GD) teórico con las condiciones reales obtenidas en el campo de estudio.

Debido a la heterogeneidad de los puntos muestreados a lo largo de los años del periodo de estudio, se decide analizar los resultados en profundidad de 3 parcelas en concreto por su proximidad a la estación meteorológica; La Matilla (código parcela: 73/5/12), La Balsa (código parcela: 24/3/13) y La Virgen (código parcela: 73/35/94).

Con los datos reclutados de estas parcelas se pretende dar unos resultados más ajustados a la realidad por tener las condiciones meteorológicas más precisas que en el resto de parcelas del estudio. Esto se realiza mediante el uso de modelos elaborados con Deep Learning, mediante los cuales se pretende averiguar qué factores externos tienen una mayor influencia en la aparición de la plaga de *Lobesia* en viñedos.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 4.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CAPTURAS Y VUELOS DE *LOBESIA*.

El ciclo biológico de *L. botrana* se describe desde el momento en que se detectan los primeros adultos emergentes de pupas que permanecieron en diapausa durante el invierno. Cuando en las trampas delta con feromonas se realizan capturas sostenidas, se considera que ha tenido lugar el primer vuelo. Dicho vuelo se estima que concluye al tender a cero dichos registros. Los posteriores registros de capturas deben seguir igual comportamiento, aunque el tiempo de duración de los mismos variará en relación al aumento de las temperaturas medias con el avance de la primavera y verano (Silva et al., 2013).

La figura 11 es una muestra gráfica que representa la distribución de los vuelos de la plaga en todas las parcelas objeto de este estudio. Se representan los picos de

vuelo como número de capturas frente a los grados día acumulados por el método Touzeau. Se constata la aparición de tres vuelos bien diferenciados a lo largo del año 2010, correspondientes a las tres generaciones de las polillas.

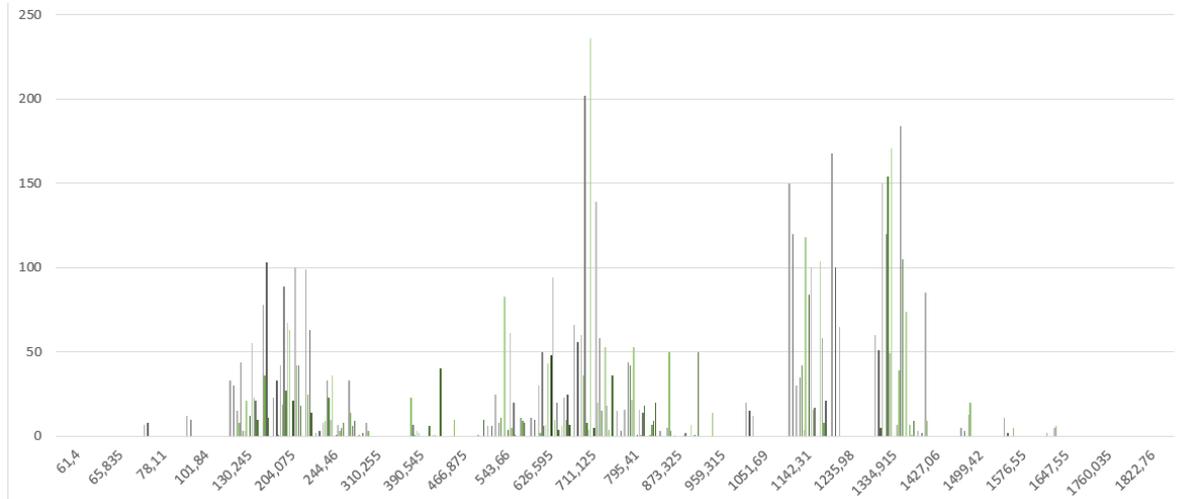


Figura 11. Gráfica global de vuelos de *L. botrana* (nº de capturas) en todas las parcelas del estudio respecto a los grados-día acumulados (2010).

Para el análisis de los datos de las parcelas de la D.O.P. y bodega San Valero, se presentan las curvas de vuelo del año 2011 (figura 12) para ilustrar gráficamente el texto. Se representa gráficamente en el eje izquierdo las capturas/día obtenidas en el año 2011 de todas las parcelas del estudio. Las capturas/día de cada parcela quedan distribuidas en tres generaciones, representadas por las líneas de colores. En el eje derecho de la gráfica se representan los grados-día acumulados según el índice de Touzeau, evolución gráficamente representada con la línea azul.

Se observa como la fecha inicial del primer vuelo de la plaga es a principios de abril, prolongándose en el tiempo con sus tres generaciones hasta mediados de septiembre.

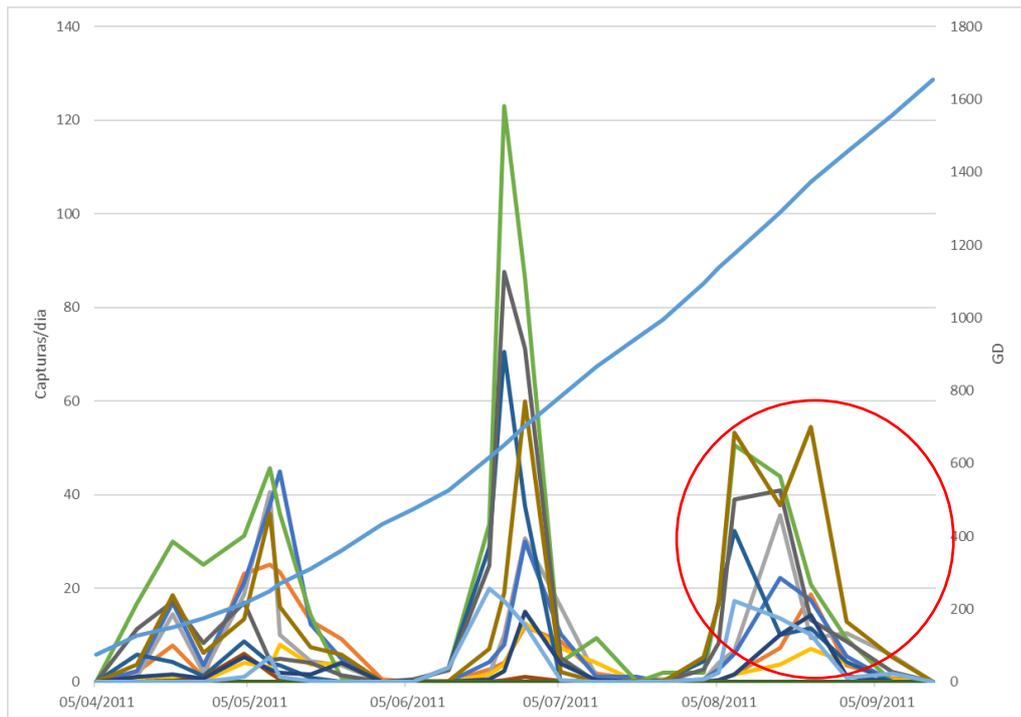


Figura 12. Ilustración gráfica de la distribución temporal de los vuelos de Lobesia en las parcelas de D.O. Cariñena con la evolución de la temperatura (GD) en el año 2011.

Cabe destacar como en 2011 en Cariñena podemos observar gráficamente la representación del inicio de una cuarta generación a causa de las favorables condiciones meteorológicas para su desarrollo. Lo cual podría ser causado por el cambio climático como ya ha sucedido y se ha demostrado en países como Chile y Argentina (Heit et al., 2019). Sin embargo, estudios como el de Castex et al., (2018), sugieren que, en latitudes del hemisferio norte, el incremento de las temperaturas a causa del cambio climático benefician las condiciones para el desarrollo de predadores naturales de ciertas especies plaga como *Lobesia botrana*, lo cual el Manejo Integral de Plagas podría verse beneficiado por una extensión del periodo de superposición del ciclo de vida de diferentes especies. Esto podría no ser el caso en latitudes del hemisferio sur, donde el clima podría volverse demasiado árido.

La tabla 5, en cuanto a los datos tratados de la D.O.P. Cariñena, nos indica los valores y momentos de los máximos vuelos. El primer vuelo se extiende entre principios y finales de mayo, presentando su máximo como media de los 9 años el 14 de mayo, dándose la máxima variación temporal entre máximos comprendida entre el 5 de mayo y 26 de mayo. La media de los máximos y el valor del porcentaje de población asignado a este vuelo son 37 capturas y 25,87% respectivamente.

Tabla 5. Fechas, intensidad y porcentaje de los máximos vuelos de *L. botrana* en el total de las parcelas del estudio en Cariñena (2004 – 2012).

DO Cariñena			
Máximos	1 vuelo	2 vuelo	3 vuelo
2004	26-may	15-jul	16-ago
2005	19-may	23-jun	04-ago
2006	16-may	21-jun	03-ago
2007	17-may	02-jul	06-ago
2008	05-may	07-jul	08-ago
2009	14-may	24-jun	05-ago
2010	19-may	30-jun	17-ago
2011	09-may	20-jun	04-ago
2012	07-may	25-jun	13-ago
Promedio	14-may	28-jun	08-ago
Máximos	1 vuelo	2 vuelo	3 vuelo
2004	43	30	35
2005	42	87	125
2006	55	113	67
2007	46	63	36
2008	39	65	27
2009	42	52	93
2010	37	68	37
2011	23	23	37
2012	6	9	24
Promedio	37	57	53
Porcentaje	1 vuelo	2 vuelo	3 vuelo
2004	39,81	27,78	32,41
2005	16,54	34,25	49,21
2006	23,40	48,09	28,51
2007	31,72	43,45	24,83
2008	29,77	49,62	20,61
2009	22,46	27,81	49,73
2010	26,06	47,89	26,06
2011	27,71	27,71	44,58
2012	15,38	23,08	61,54
Promedio	25,87	36,63	37,50

BODEGA SAN VALERO			
Máximos	1 vuelo	2 vuelo	3 vuelo
2009	08-may	22-jun	03-ago
2010	11-may	02-jul	12-ago
2011	09-may	20-jun	04-ago
2012	07-may	27-jun	10-ago
Promedio	08-may	25-jun	07-ago

Máximos	1 vuelo	2 vuelo	3 vuelo
2009	105	68	131
2010	53	251	55
2011	23	23	37
2012	17	65	71
Promedio	50	102	74

Porcentaje	1 vuelo	2 vuelo	3 vuelo
2009	35	22	43
2010	15	70	15
2011	28	28	45
2012	11	42	46
Promedio	22	41	37

El año 2012 refleja una menor incidencia del lepidoptero en los viñedos del estudio. En este año se comenzó a implementar la confusión sexual en algunas de las parcelas, por lo que las colindantes y próximas podrían haber quedado influidas por el efecto de las feromonas y no reflejar el comportamiento real de la plaga (Sambado et al., 2015). El establecer la confusión sexual en el primer año de manera parcial y ver reflejada en las capturas un descenso de insectos, indica la efectividad de la técnica en el control de la plaga.

El segundo vuelo de *Lobesia* en Cariñena se extiende durante dos meses, de principios de junio a mediados de julio, presentando su máximo medio el 28 de junio, con una variación temporal máxima entre el 23 de junio y 7 de julio. En general adopta una posición intermedia en cuanto a la intensidad de los máximos y al porcentaje de población (57 capturas y 36,63% respectivamente como medias de los años).

El tercer vuelo suele durar algo más de un mes, entre mediados de julio y finales de septiembre, situándose su máximo medio el 8 de agosto, con una variación mínima, entre el 4 de agosto y el 17 de agosto. Ocupa en general una posición similar a las del segundo vuelo en el resto de parámetros (53 capturas y 53 % respectivamente como medias), salvo en el año 2005 que ocupa la primera posición.

De forma general se pueden definir dos dinámicas: los años 2006, 2007, 2008 y 2010 que presentan un equilibrio de efectivos por vuelos entre el 1<sup>er</sup> y 3<sup>er</sup> vuelo siendo su máximo vuelo el 2<sup>o</sup> y los años 2005, 2009, 2011 y 2012 que presentan una tendencia ascendente siendo su máximo vuelo el 3<sup>o</sup> (figura 13). Como se ha destacado en apartados anteriores, mayor incidencia en la segunda o tercera generación de *Lobesia botrana* es la que provoca unas mayores pérdidas en cosecha, lo que nos supone pérdidas de la calidad del producto y por tanto, de rentabilidad de la cosecha (Reynier, 2002).

La excepción a la norma se encuentra en el año 2004 cuyos vuelos son bastante equilibrados concentrándose un máximo de población en el 1<sup>er</sup> vuelo. Durante esta generación se destruye un cierto número de flores, sin embargo, no afecta al rendimiento del cultivo (Reynier, 2002). Esto podría deberse a un invierno con temperaturas no muy extremas que permiten la supervivencia de mayor número de huevos entre la tercera generación del año anterior y la presente primera generación (Dagatti y Becerra, 2015).

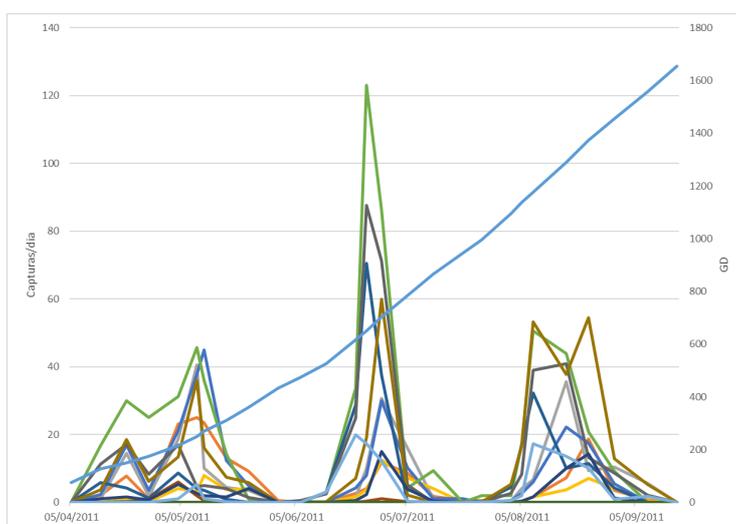


Figura 13. Ilustración gráfica de la distribución temporal de los vuelos de *Lobesia* en las parcelas de bodega San Valero el año 2011.

En cuanto a los datos tratados de las parcelas de Bodega San Valero, contamos con datos de los años 2009-2012.

Las fechas de vuelos máximos promedios para los 3 vuelos son 8 de mayo, 25 junio y 7 agosto, respectivamente. Fechas muy similares a los máximos de vuelo en las parcelas de la D.O.P. Cariñena dado que las condiciones climatológicas son muy parecidas.

El año 2009 presenta una alta incidencia en el primer y tercer vuelo, siendo su máximo este último. El año 2010 presenta su máximo vuelo (con mucha diferencia) en el 2º. Y los años 2011 y 2012 presentan su máximo de efectivos en el 3º vuelo.

Como se ha descrito en el análisis de datos de la D.O.P. la importancia práctica de las generaciones es variable. Desde el punto de vista práctico el dato más relevante es el de la magnitud de las poblaciones, ya que ante una baja población no sería 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 (Coscollá, 1997).

Por último, cabe destacar la repetición de algunas de las parcelas a lo largo de los años de estudio a la hora de registrar el máximo vuelo por generación. En la siguiente tabla 6, se puede observar la mayoritaria incidencia en la parcela Monteducay 73/48/16 y La Virgen 24/3/13, la cual será una de las que se usarán para hacer las predicciones usando el modelo GD Touzeau por su proximidad con la estación meteorológica de referencia.

Tabla 6. Parcelas que presentan el máximo de vuelos por generaciones de *Lobesia botrana*.

DO Cariñena				BODEGA SAN VALERO			
Máximos	1 vuelo	2 vuelo	3 vuelo	Máximos	1 vuelo	2 vuelo	3 vuelo
2004	73/48/16	73/48/16	73/48/16	2009	73/34/128	73/34/128	73/34/128
2005	73/48/16	24/3/13	73/48/16	2010	73/34/128	73/34/128	73/34/128
2006	24/3/13	73/48/16	73/48/16	2011	73/34/128	73/34/128	73/89/11
2007	24/3/13	73/48/16	73/48/16	2012	73/77/165	73/27/14	73/76/75
2008	73/48/16	73/35/94	73/48/16				
2009	24/3/13	73/62/40	73/7/43				
2010	24/3/13	73/7/43	73/7/43				
2011	73/7/43	73/35/94	73/35/94				
2012	73/95/73	73/95/73	24/3/13				

Se observa como predomina la máxima incidencia de vuelo de *Lobesia botrana* en la parcela de Monteducay. Esto puede deberse a que en esta parcela el suelo es muy pedregoso, lo que conlleva una elevación de la temperatura del suelo que se reflejará en la vid y por consecuencia, afectará aumentando la incidencia de polillas en sus respectivas generaciones.

## 4.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ANÁLISIS DE FACTORES CLIMATOLÓGICOS.

### 4.2.1. Integral térmica.

El potencial biótico de la polilla del racimo se ve influenciado, entre otros factores, por las condiciones climatológicas, principalmente temperatura y humedad relativa, con diferentes umbrales de desarrollo para las fases del ciclo, así como por el fotoperíodo (García Marí et al., 1994)

Para generar las integrales térmicas, los grados-día se calculan tomando como umbral 10°C a partir del 1 de enero. Con esto se pretende conocer cuándo la plaga alcanza el Umbral Económico o Umbral de Acción, ya que dicho valor es la referencia para decidir llevar a cabo determinadas medidas de control de la plaga, por ejemplo, un tratamiento fitosanitario (Marco, 2001).

En las tabla 7 y 8 se indican los grados-día (GD) a partir de la fórmula de Touzeau para el momento de máximo vuelo en los 9 y 4 años de estudio respectivamente y el total acumulado a 31 de diciembre. Se comprueba como la temperatura varía de año en año, siendo para D.O. Cariñena 2008 el año más frío y 2006 el más cálido, y para las parcelas de bodega San Valero 2010 el año más frío y 2009 el más cálido.

En las parcelas de la D.O. (tabla 7) el año más cálido en el primer vuelo de la plaga fue el 2006 y el más frío el 2012, habiendo diferencia de 204,23 °C, cifra que disminuye a 157,75 °C entre el año 2004 y 2011 durante el segundo vuelo y aumenta a 166,11°C en el tercer vuelo entre el año 2006 y 2008. Como se observa en la tabla 7, el año que más grados se acumularon a día 31 de diciembre fue el año 2006, y el año que menos 2008. Este dato se tendrá en cuenta para estudiarlo más detenidamente en el siguiente apartado.

Tabla 7. Tabla con gradientes de color para temperaturas más frías y más cálidas. GD del día con máximo de vuelo de *L. botrana* en las parcelas de la D.O., años 2004-2012 y total para el 31 de diciembre.

<b>Máximos</b>	<b>DO Cariñena</b>			
	<b>1 vuelo</b>	<b>2 vuelo</b>	<b>3 vuelo</b>	<b>31-dic</b>
2004	207,15	760,91	1189,02	1895,92
2005	305,24	678,03	1197,21	1961,67
2006	334,47	692,86	1273,56	2206,51
2007	288,39	730,44	1145,53	1802,485
2008	217,67	712,30	1107,45	1759,92
2009	180,14	614,20	1134,16	2089,58
2010	206,70	607,09	1220,77	1823,24
2011	249,92	603,16	1123,38	2014,875
2012	130,25	626,60	1235,98	1982,35
<b>Promedio</b>	235,55	669,51	1180,78	1948,51

En las parcelas de la bodega San Valero hay una diferencia de 119,67 °C entre el año 2011 y 2012 cuando se dieron la máxima y mínima temperatura acumulada en el primer vuelo, cifra que disminuye a 65,72 °C entre el año 2012 y 2009 y aumenta ligeramente a 71,85 °C entre 2012 y 2011. Los años 2006 y 2008 son todavía más extremos que estos, por lo que al ser datos obtenidos con los mismos datos meteorológicos, se toman como el año más cálido y el más frío.

Tabla 8. Tabla con gradientes de color para temperaturas más frías y más cálidas. GD del día con máximo de vuelo de *L. botrana* en las parcelas de la bodega San Valero, años 2009-2012 y total para el 31 de diciembre.

<b>Máximos</b>	<b>BODEGA SAN VALERO</b>			
	<b>1 vuelo</b>	<b>2 vuelo</b>	<b>3 vuelo</b>	<b>31-dic</b>
2009	135,105	589,405	1134,15	2089,58
2010	188,6	634,68	1173,09	1823,24
2011	249,915	603,155	1123,38	2014,875
2012	130,245	655,13	1195,235	1982,35
<b>Promedio</b>	175,97	620,59	1156,46	1977,51

En comparación con los grados acumulados de la simplificación del modelo de Touzeau (1981) que considera una acumulación grados-día de 125 °C para la primera generación, 500 para la segunda y 950 para la tercera generación (Dagatti y Becerra,

2015), se observa en las tablas 7 y 8 que el promedio de las temperaturas de cada generación supera en todos los casos las temperaturas teóricas del modelo. Esto puede deberse a que 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).

Igualmente el modelo de Touzeau no tiene en cuenta ni la precipitación ni la humedad relativa, ni ningún otro parámetro climático recogido por las estaciones meteorológicas y a disposición de los técnicos e investigadores. En este sentido el modelo considera todas las condiciones como óptimas en el desarrollo de la polilla. Según García Marí et al (1994) 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. Ello explicaría la existencia de unos grados-día suplementarios entre la realidad y el modelo.

#### 4.2.2. Influencia humedad relativa y temperatura.

La humedad relativa y la temperatura se ven relacionadas en la figura 6 en el ecoclimatograma de Stellwaag (Cepeda et al., 2008 ; Ortega López y Alonso González, 2008), que diferencian las zonas de inactividad (debajo de la línea azul) y la actividad en su óptimo (encima de la línea roja), siendo la parte intermedia entre las líneas condiciones aceptables. Cada punto azul refleja los datos medios diarios de humedad relativa y temperatura entre el 1 de enero y el 31 de diciembre.

La figura 14 nos muestra gráficamente cómo las condiciones meteorológicas influyen de manera determinante en el desarrollo de la plaga. En ella se puede observar cómo las condiciones meteorológicas de humedad relativa y temperatura de cada uno de los días del año, los clasifican en días con condiciones óptimas, aceptables o inadecuadas para el desarrollo de la plaga. En el año 2011 (tabla 9) se registraron 71 días que reunieron condiciones óptimas (19 %), 180 días con condiciones aceptables (49 %), y 114 días con condiciones de inactividad (31 %).

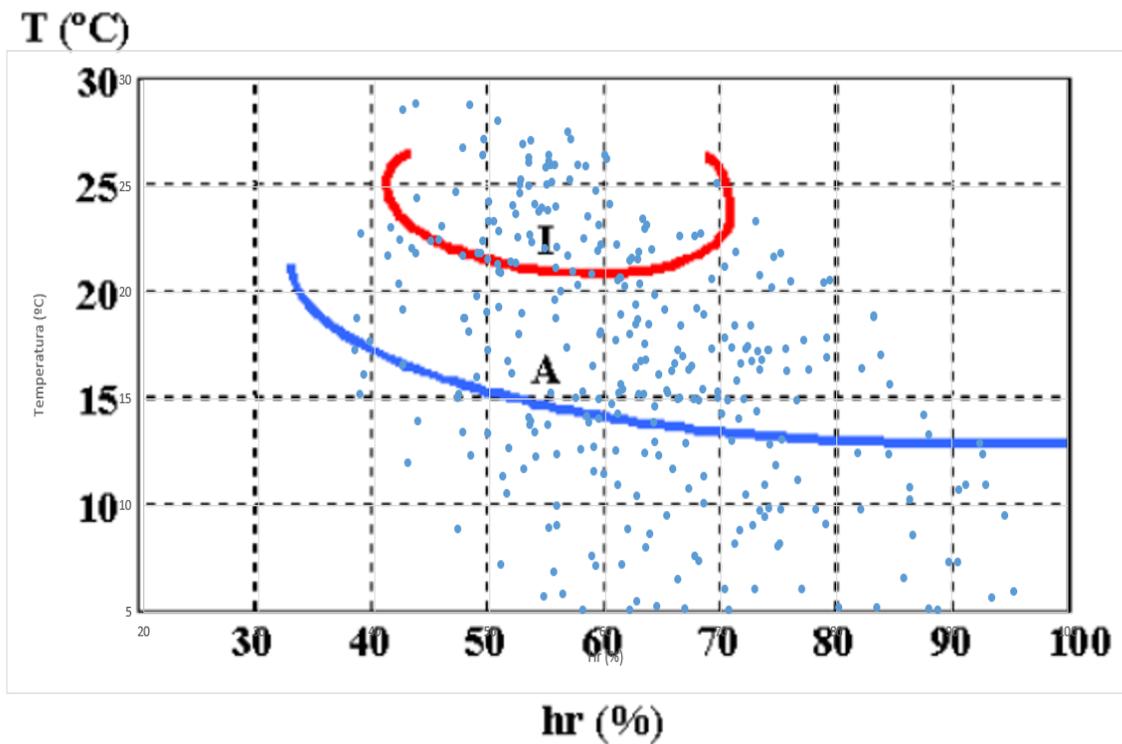


Figura 14. Superposición de los pares de datos de HR y  $T^a$  media en el año 2011 en el ecoclimatograma de Stellwaag.

A partir de la figura 15, se observa como en el año 2011 el factor más limitante para el desarrollo de la plaga fue la temperatura, pues esta desciende por debajo de los 13 grados, siendo que temperaturas menores a esta produce la inactividad de *Lobesia botrana*. Sin embargo, como se ha indicado en apartados anteriores, la actividad de la plaga en el año 2011 se extiende desde mediados de abril hasta mediados de septiembre, periodo en el cual la temperatura supera los 15 grados y la humedad relativa no desciende del 40%. Por lo que durante el desarrollo de las tres generaciones del lepidóptero no se dan condiciones meteorológicas que puedan relentizar distintos aspectos fisiológicos (Armendáriz et al., 2007).

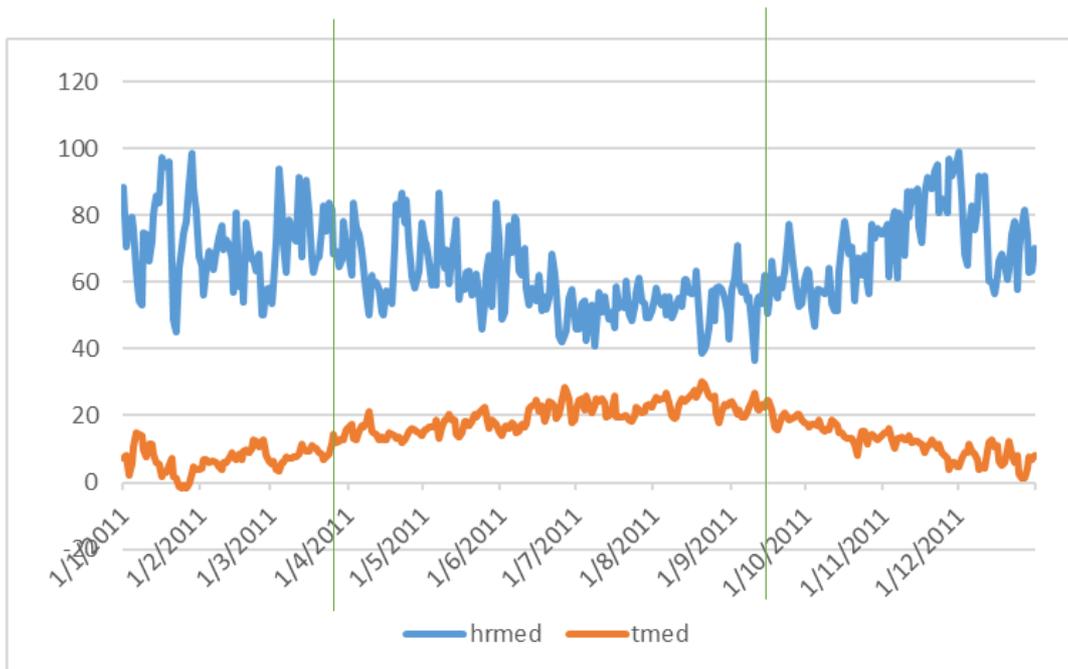


Figura 15. Evolución de la temperatura media y humedad relativa media en el año 2011. Las líneas verdes indican el periodo de actividad de la plaga.

Para representar gráficamente la distribución de días con condiciones óptimas, aceptables o inadecuadas, se opta por asignar el valor 100 a condiciones óptimas, 50 a condiciones aceptables y 10 a condiciones de inactividad. De esta manera se elabora la figura 16, la cual comparandola con la figura 17 se confirma que las condiciones meteorológicas aceptables coinciden en el tiempo con el desarrollo de las tres generaciones de *Lobesia botrana* y que los días con condiciones óptimas coinciden con el segundo vuelo de la plaga, siendo este el más representativo.

En la figura 16 también se observa cómo las condiciones favorables para el desarrollo de la plaga se prolongan hasta finales de octubre, lo que justificaría el inicio de una cuarta generación en el año 2011 (figura 12). Martínez de Toda Fernández (1991), indica que la combinación de condiciones aceptables de temperatura para el desarrollo del ciclo de vida, en combinación con las condiciones de fotoperiodo son las que determinan el número de generaciones anuales. El conocimiento actual sugiere que el cambio climático puede alterar el desarrollo de plantas e insectos y afectar a sus interacciones (Castex et al., 2018).

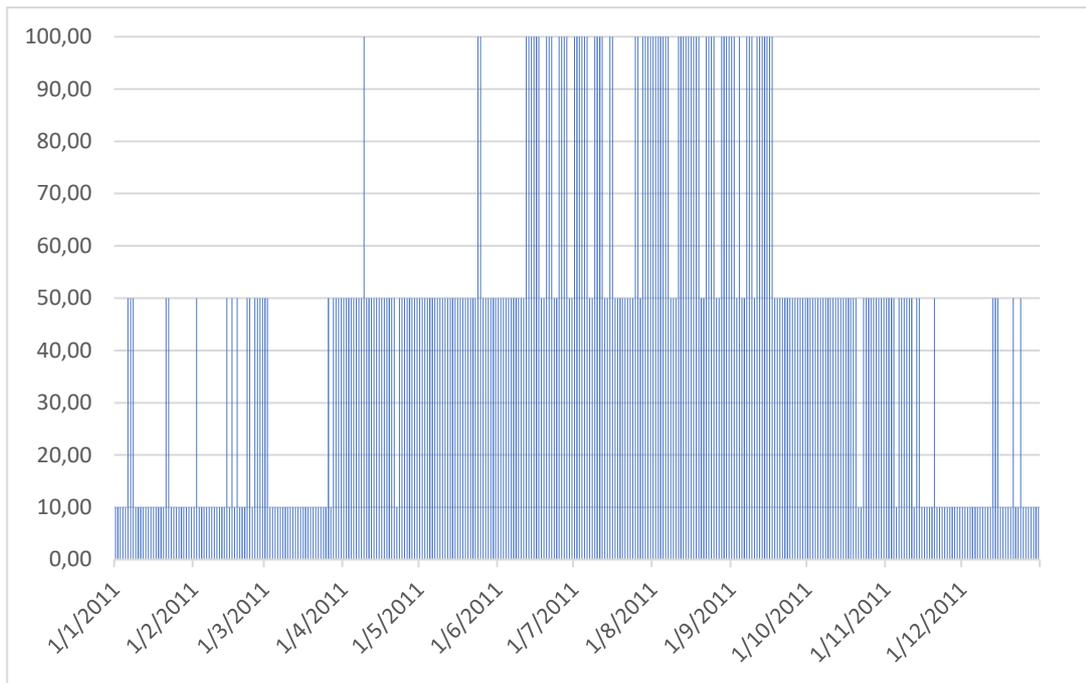


Figura 16. Representación gráfica de la evolución de condiciones meteorológicas óptimas (100), aceptables (50) e inadecuadas (10) en el año 2011.

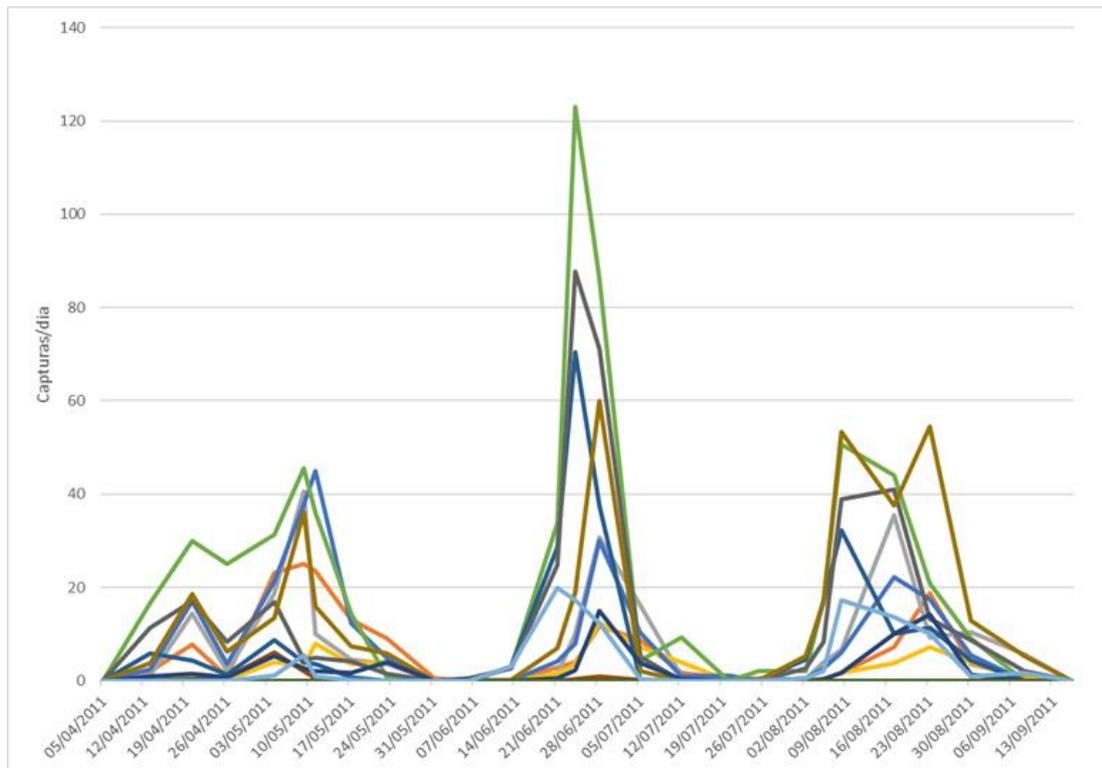


Figura 17. Representación gráfica de las tres generaciones de Lobesia botrana en el año 2011.

Tabla 9. Porcentaje de días entre el 1 de enero y 31 de diciembre con condiciones de Humedad y Temperatura medias óptimas, aceptables e inadecuadas para la actividad de *Lobesia botrana*.

	OPTIMAS	% días	ACEPTABLES	% días	INADECUADAS	% días
2004	73	20	141	39	151	41
2005	80	22	173	47	112	31
2006	85	23	177	48	103	28
2007	53	15	205	56	107	29
2008	64	18	168	46	133	36
2009	86	24	168	46	111	30
2010	62	17	184	50	119	33
2011	71	19	180	49	114	31
2012	79	22	174	48	112	31

La tabla 9 muestra la cantidad de días que reunieron las condiciones óptimas, aceptables o inadecuadas para el desarrollo de *Lobesia botrana*.

Se puede observar como para los años estudiados en todas las parcelas del estudio de Cariñena, el porcentaje medio de días en los que las condiciones son óptimas para el desarrollo de la plaga rondan el 20 %, con condiciones aceptables, la media es del 47 % y con condiciones que suponen la inactividad de la plaga el 32 %.

En el apartado anterior en el que se analizaba la integral térmica dada en la zona de estudio, se llegaba a la conclusión de que el año 2006 fue el año más cálido y de que el año 2008 fue el año más frío, por lo que se considera oportuno contrastar esa información con la que en este apartado se obtiene. El año 2006 reúne un 28 % de días con condiciones que producen inactividad en la plaga, y el año 2008 un 36 % de días inadecuados para el desarrollo de la especie. En las figuras 18 y 19 se representa la evolución gráfica de la humedad relativa media y temperatura de dichos años, en ellas se puede deducir que las condiciones de humedad relativa son las que determinan en estos años la mayor o menor incidencia de plaga, dado que la humedad relativa mantiene unos valores normales, sin llegar a bajar del 40 %, lo que combinado con temperaturas extremas produciría mortalidad de huevos y adultos (Armendáriz et al., 2007).

Las temperaturas medias superiores a 20°C durante el ciclo de vida de *L. botrana* combinadas con las buenas condiciones de humedad relativa media explicarían la alta incidencia de la plaga en el año 2006 (tabla 5), año en el que se registraron 55, 113 y 67

capturas de insectos para cada una de sus tres generaciones respectivamente. Una alta incidencia en comparación con el año 2008 con un total de capturas de 39, 65 y 27 insectos capturados en el año más frío del estudio.

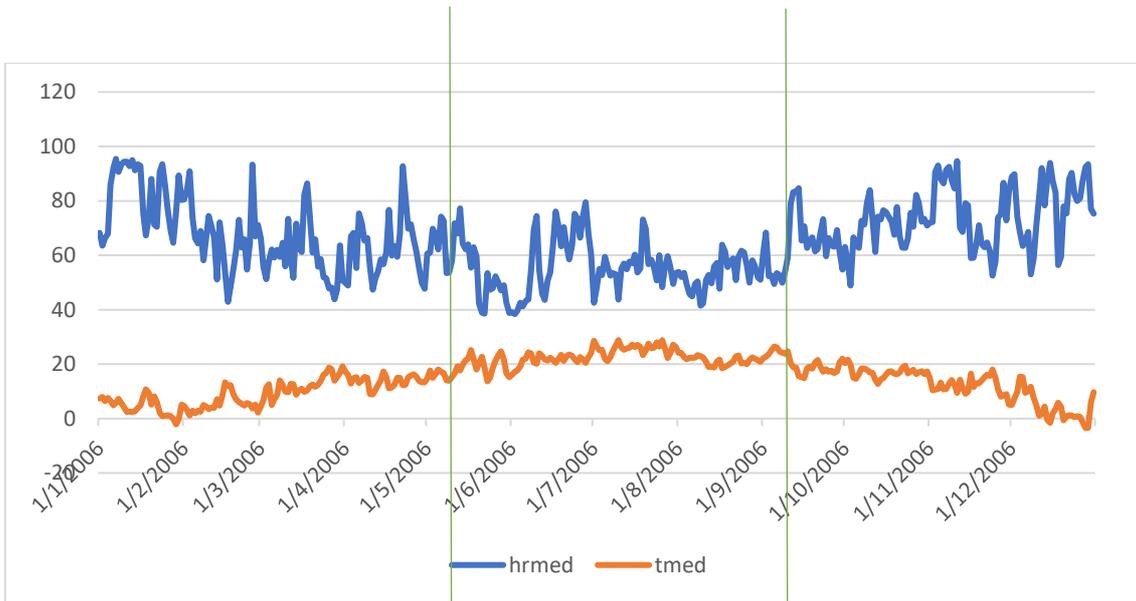


Figura 18. Evolución gráfica de la HR y Tª en el año 2006.

Las líneas verdes indican el periodo en el que se dan las tres generaciones de la plaga.

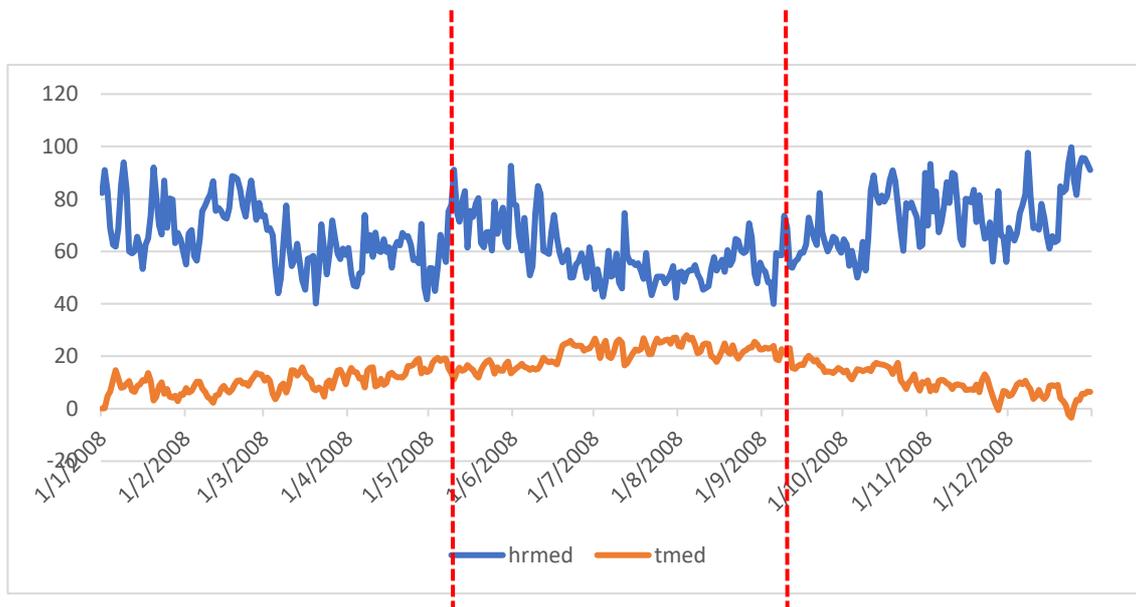


Figura 19. Evolución gráfica de la HR y Tª en el año 2008.

Las líneas verdes indican el periodo en el que se dan las tres generaciones de la plaga.

Como se ha indicado anteriormente, el modelo predictivo de Touzeau no tiene en cuenta la humedad relativa, sin embargo, mediante el ecoclimatograma de Stellwaag se evidencia la clara influencia de la humedad relativa en el desarrollo del ciclo de vida de *L. botrana*.

### 4.3. PREDICCIONES.

#### 4.3.1. Predicciones para las parcelas que presentan los máximos vuelos.

La tabla 10 muestra las diferencias entre máximos de vuelo según la estimación del modelo de Touzeau (1981) y los datos de campo para los años 2004 – 2012. El modelo de Touzeau (1981) aunque toma en cuenta numerosos datos de las distintas fases de la plaga se puede realizar una simplificación por la que se fijan los grados días necesarios para el máximo de vuelo en 125, 500 y 950 respectivamente (Cepeda et al., 2008). A partir de estos datos teóricos se obtienen las fechas correspondientes a esos GD en cada uno de los años del estudio y además se anota el día que se registró la máxima incidencia para cada generación de la plaga.

Tabla 10. Diferencias entre máximos de vuelo según la estimación del modelo de Touzeau (1981) (GD) y los datos de campo para las parcelas de estudio.

		DO Cariñena									
Touzeau		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Promedio
1 vuelo	125	16-may	22-abr	05-abr	21-may	20-may	07-may	26-abr	13-abr	07-may	01-may
2 vuelo	500	23-jun	09-jun	05-jun	11-jun	20-jun	15-jun	22-jun	11-jun	15-jun	14-jun
3 vuelo	950	29-jul	16-jul	11-jul	22-jul	28-jul	20-jul	26-jul	21-jul	23-jul	21-jul
Observado		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Promedio
1 vuelo		26-may	19-may	16-may	17-may	05-may	14-may	24-may	09-may	07-may	15-may
2 vuelo		15-jul	23-jun	21-jun	02-jul	07-jul	24-jun	28-jun	20-jun	02-jul	29-jun
3 vuelo		16-ago	04-ago	03-ago	06-ago	08-ago	05-ago	23-ago	04-ago	13-ago	09-ago
Diferencias		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Promedio
1 vuelo		-10	-27	-41	4	15	-7	-28	-26	0	-13
2 vuelo		-22	-14	-16	-21	-17	-9	-6	-9	-17	-15
3 vuelo		-18	-19	-23	-15	-11	-16	-28	-14	-21	-18

Si se comparan las fechas de estos máximos previstos y los realmente constatados en el campo (tabla 10). Entre lo esperado y lo observado, se comprueba un desfase creciente de 13 días para el primer vuelo, 15 para el segundo y 18 días para el tercer vuelo con respecto a las medias de los 9 años. El 2006, año más cálido del estudio,

presenta las mínimas coincidencias, y 2008 las máximas coincidencias, siendo uno de los años más fríos. Esto puede deberse a que las condiciones climáticas en las que está basado el modelo original en Midi-Pyrenées son condiciones más frías (Touzeau, 1981), por lo que los años más fríos como el año 2008 presentarán las máximas coincidencias y los más cálidos como el 2006 serán los que más se desvíen.

Tabla 11. Diferencias entre máximos de vuelo según la estimación del modelo de Touzeau (1981) (GD) y los datos de campo para las parcelas de estudio.

		Bodega San Valero				
Touzeau		2009	2010	2011	2012	Promedio
1 vuelo	125	07-may	26-abr	13-abr	07-may	28-abr
2 vuelo	500	15-jun	22-jun	11-jun	15-jun	15-jun
3 vuelo	950	20-jul	26-jul	21-jul	23-jul	22-jul
Observado		2009	2010	2011	2012	Promedio
1 vuelo	125	08-may	11-may	09-may	07-may	08-may
2 vuelo	500	22-jun	02-jul	24-jun	27-jun	26-jun
3 vuelo	950	03-ago	12-ago	08-ago	10-ago	08-ago
Diferencias		2009	2010	2011	2012	Promedio
1 vuelo		-1	-15	-26	0	-11
2 vuelo		-7	-10	-13	-12	-11
3 vuelo		-14	-17	-18	-18	-17

En cuanto a los datos analizados de las parcelas de la bodega San Valero, hay un desfase de 11, 11 y 17 días respecto al primer, segundo y tercer vuelo respectivamente. El año que más se asemeja al modelo de Touzeau es el 2009, y el año que más difiere el 2011.

Las divergencias con la simplificación del modelo de Touzeau son notorias en este estudio, esto podría atribuirse a la distancia geográfica a la estación meteorológica, y los realmente existentes en el cultivo, así como el uso de datos de temperatura media diarias, en las que no se tiene en cuenta si ha habido momentos en el día en el que se han sufrido temperaturas que ralentizan el desarrollo fisiológico de la plaga (Castro et al., 2008)

#### 4.3.2. Predicciones y comparativa con modelo Touzeau (1981).

Tras analizar los datos de las parcelas que presentan la máxima incidencia de plaga por cada una de sus generaciones en cada uno de los años muestreados, se procede al análisis de los datos de las tres parcelas más cercanas a la estación

meteorológica situada en Almonacid. Esto confiere una mayor fiabilidad y exactitud para poder comparar la precisión del modelo predictivo Touzeau con la realidad en campo. También se descartan los datos del año 2012 por la influencia de la confusión sexual en ellos.

Como se ha indicado con anterioridad, las parcelas escogidas son La Matilla, La Balsa y La Virgen. Se recogen en las siguientes tablas los datos utilizados para el análisis.

Tabla 12. La matilla: Datos de campo (GD y fecha del día máximo de capturas) frente a los datos teóricos del modelo Touzeau.

La Matilla						
	1 vuelo		2 vuelo		3 vuelo	
	Dato campo	Touzeau	Dato campo	Touzeau	Dato campo	Touzeau
2008	150,1	125	661,27	500	1096,29	950
	25/4/2008	20/04/2008	2/7/2008	20/06/2008	7/8/2008	28/07/2008
2009	135,105	125	547,915	500	1084,48	950
	8/5/2009	07/05/2009	18/6/2009	15/06/2009	30/7/2009	20/07/2009
2010	168,18	125	634,68	500	1220,77	950
	4/5/2010	26/04/2010	2/7/2010	22/06/2010	17/8/2010	26/07/2010
2011	216,765	125	649,765	500	1175,29	950
	4/5/2011	13/04/2011	24/6/2011	11/06/2011	8/8/2011	21/07/2011

Tabla 13. La Balsa: Datos de campo (GD y fecha del día máximo de capturas) frente a los datos teóricos del modelo Touzeau.

La Balsa						
	1 vuelo		2 vuelo		3 vuelo	
	Dato campo	Touzeau	Dato campo	Touzeau	Dato campo	Touzeau
2004	253,17	125	575,345	500	1189,02	950
	31/5/2004	16/05/2004	28/6/2004	23/06/2004	16/8/2004	29/07/2004
2005	275,995	125	678,035	500	1197,215	950
	13/5/2005	23/04/2005	23/6/2005	09/06/2005	4/8/2005	16/07/2005
2006	334,47	125	692,86	500	1273,56	950
	16/5/2006	05/04/2006	21/6/2006	05/06/2006	3/8/2006	11/07/2006
2007	103,25	125	730,44	500	1217,005	950
	17/5/2007	21/04/2007	2/7/2007	12/06/2007	13/8/2007	22/07/2007
2008	217,675	125	661,27	500	1107,45	950
	5/5/2008	20/04/2008	2/7/2008	20/06/2008	8/8/2008	28/07/2008
2009	180,135	125	614,195	500	1235,085	950
	14/5/2009	07/05/2009	24/6/2009	15/06/2009	11/8/2009	20/07/2009
2010	206,7	125	607,09	500	1173,095	950
	19/5/2010	26/04/2010	30/6/2010	22/06/2010	12/8/2010	26/07/2010
2011	210,955	125	526,08	500	1123,38	950
	3/5/2011	13/04/2011	13/6/2011	11/06/2011	4/8/2011	21/07/2011

Tabla 14. La Virgen: Datos de campo (GD y fecha del día máximo de capturas) frente a los datos teóricos del modelo Touzeau.

La Virgen						
	1 vuelo		2 vuelo		3 vuelo	
	Dato campo	Touzeau	Dato campo	Touzeau	Dato campo	Touzeau
2004	207,15	125	603,5	500	1189,02	950
	26/5/2004	16/05/2004	30/6/2004	23/06/2004	16/8/2004	29/07/2004
2005	353,185	125	747,95	500	1245,32	950
	25/5/2005	23/04/2005	28/6/2005	09/06/2005	8/8/2005	16/07/2005
2006	334,47	125	668,875	500	1322,68	950
	16/5/2006	05/04/2006	19/6/2006	05/06/2006	7/8/2006	11/07/2006
2007	327,11	125	730,44	500	1359,615	950
	21/5/2007	21/04/2007	2/7/2007	12/06/2007	27/8/2007	22/07/2007
2008	217,675	125	661,27	500	1107,45	950
	5/5/2008	20/04/2008	2/7/2008	20/06/2008	8/8/2008	28/07/2008
2009	106,56	125	589,405	500	1096,375	950
	5/5/2009	07/05/2009	22/6/2009	15/05/2009	31/7/2009	20/07/2009
2010	206,7	125	607,09	500	1134,43	950
	19/5/2010	26/04/2004	30/6/2010	22/06/2010	9/8/2010	26/07/2010
2011	210,955	125	288,565	500	1123,38	950
	3/5/2011	13/04/2011	13/6/2011	11/06/2011	4/8/2011	21/07/2011

Utilizando el método R-cuadrado, se valorará con su escala intuitiva de 0 a 1 el grado de predicción del modelo en la zona de estudio.

Se calcula la precisión del modelo en la predicción de fechas de vuelo máximo y en la predicción de grados-día acumulados obtenidos con el índice de Touzeau.

Tabla 15. Resultados del análisis  $R^2$  para GD y fechas máximas de vuelo.

	Grados-día acumulados	Fecha de vuelo máximo
$R^2$	0,7966	0,7589

Como se observa en la tabla 15, los resultados del método R-cuadrado muestran que el modelo de Touzeau se ajusta con una precisión a la zona de Cariñena de 0,7966 en la predicción de los GD acumulados en los que se presentaría la mayor incidencia de vuelo de la plaga y de 0,7589 en la predicción del día en el que sucedería lo anterior.

Tabla 16. Diferencias entre los datos reales de campo y los datos teóricos del modelo Touzeau.

	<b>Grados-Día acumulados</b>	<b>Fecha de vuelo máximo</b>
<b>1ª generación</b>	95,81 ° C	17 días
<b>2ª generación</b>	123,80 ° C	10 días
<b>3ª generación</b>	233,54 ° C	17 días

La tabla 16 muestra las diferencias de GD y de fechas entre los datos teóricos del modelo de Touzeau y la realidad recogida con los datos de campo. Al igual que sucedía con la predicción realizada para las parcelas que presentaba la máxima incidencia de plaga por generaciones, los resultados muestran que la realidad no se ajusta a las predicciones. Como se ha dicho anteriormente, el modelo sólo tiene en cuenta la temperatura como factor influyente en los vuelos de la plaga, sin tener en cuenta la precipitación ni la humedad relativa, lo cual hace que la predicción del modelo se desvíe de la realidad (García Marí et al., 1994).

El método R-cuadrado es un método de regresión, sin embargo, el problema de la polilla en viñedos sigue el patrón de un modelo con medidas métricas de clasificación, puesto que el problema demanda predecir si va a haber presencia de la plaga o no. Para ello se recurre modelos de redes neuronales o *Deep learning* capaces de tener en cuenta múltiples variables que infieren en un mismo problema.

#### 4.3.3. Nuevos modelos con Deep Learning.

En este estudio se cuenta con la ayuda y apoyo de técnicos del Instituto Tecnológico de Aragón (ITAINNOVA). Mediante el uso de *Deep Learning* y el lenguaje de programación Python, se consiguen introducir nuevas variables como la latitud y longitud del punto geográfico estudiado, el viento, el día del año o la radiación. Como resultado se objetiva que, el mejor modelo obtenido para la polilla del racimo sigue las siguientes métricas:

MCC: 0.32866073502516996

AUC: 0.8382000454887415

Accuracy: 0.7745490981963928

Recall: 0.8360655737704918

F1-score: 0.3119266055045872

Figura 20. Resultados de salida del modelo con Deep Learning.  
AUC: valor entre 0 y 1 que indica la capacidad de predicción del modelo.

De los resultados obtenidos se destaca el valor AUC que funciona como valor de predicción. El AUC se sitúa siempre entre 0 y 1, y cuanto más alto es el valor, mejor es el clasificador. Un clasificador realista no tendrá un AUC menor a 0,5.

Por tanto, un AUC de 0.84 (figura 20) proporciona un buen modelo predictivo.

Además de la obtención de un modelo global, se realiza un análisis logístico univariable. Este tipo de análisis consiste en ajustar una regresión logística para cada variable. Es decir, genera un modelo cuya entrada es la variable cuya importancia se quiere conocer y cuya salida es la variable que condiciona dicha importancia (en este caso una variable que toma valor 0 si no hay presencia de plaga y 1 si la hay). Para cada modelo (uno para cada variable a analizar), se calcula el AUC. Las variables más importantes serán aquellas que mayor AUC tengan.

Según los resultados de la tabla 17, para implementar una mejoría en el modelo predictivo de la aparición de *Lobesia botrana* en viñedos, unas de las variables con

mayor importancia a tener en cuenta, por resultar su AUC mayor o similar a 0.5 sería la altitud, el viento, la longitud, el día y la radiación. Es decir, datos geográficos y algunos meteorológicos, todos estos datos son fácilmente obtenibles dado que son proporcionados por las estaciones meteorológicas.

Tabla 17. Salida datos modelos univariados con Deep Learning.

Variable	AUC
Altitud	0.7694579303490193
Viento_N	0.6745456002203596
Longitud	0.6249891993483476
Día	0.6145035339732207
Radiación media	0.5835577686927205
Radiación máxima	0.5835577686927205
Viento_SO	0.5389777844341794
Estadio fenológico de la vid	0.5348121367380828
Viento_S	0.5102658557493767
Viento_NO	0.5094525994091978
Viento_SE	0.5090383780537042
Viento_NE	0.4656129507275581
Viento_E	0.45639246714114473

En cuanto a la variable altitud, la discusión de su importancia podría venir relacionada también con el cambio climático y el control de plagas como se ha explicado anteriormente. Estudios relacionados con el cambio climático (Castex et al., 2018) sugieren que los cambios en el clima pueden causar cambios en las relaciones tróficas, lo cual conlleva una particular preocupación para el Manejo Integral de Plagas (MIP), dado que los predadores naturales de las plagas son muy sensibles a las temperaturas más cálidas. Se espera que los enemigos naturales de *L. botrana* puedan beneficiarse de mejores condiciones para su desarrollo en las latitudes del norte y el MIP podría verse facilitado por un periodo más largo de superposición del ciclo de vida de diversas especies (Caffarra et al., 2012).

En cuanto a la importancia de la radiación, también se ha comentado anteriormente, dado que la combinación de la temperatura con el fotoperiodo, condicionan el número de generaciones anuales de la plaga (Martínez de Toda Fernández, 1991).

La importancia de la variable del día y el estado fenológico de la vid reside en la capacidad de instalación de la plaga de *Lobesia botrana*, fundamentalmente durante los primeros estadios larvarios. Por tanto, tanto la precocidad como la velocidad de desarrollo de las inflorescencias, pueden modificar mucho la tasa de instalación larvaria (Torres Vila, 2019).

Por último, el viento, en combinación con condiciones de humedad relativa baja, y temperaturas altas, no sólo producen la muerte de huevos y adultos, sino que también producen quemado de hojas y racimos (Martinez de Toda, 1990).

#### 4.3.3.1. Aplicación de los nuevos modelos con Deep Learning.

El desarrollo de estas nuevas tecnologías es un avance de la sociedad que permitirá, en el campo de la agricultura e industria agroalimentaria, la adaptación de modelos predictivos de enfermedades y plagas en los cultivos a las condiciones reales en campo y una mejora en su efectividad.

No cabe duda de que el desarrollo y entendimiento del Deep Learning es un proceso complejo y que se escapa del manejo de los usuarios que no están habituados a trabajar con lenguajes de programación como Phyton. El objetivo final es que los nuevos modelos puedan usarse por los técnicos y resto de usuarios en general para el beneficio propio en el Manejo Integral de Plagas y cultivos, por lo que el siguiente paso sería el desarrollo de alguna App de sencillo manejo con la que se pudiesen desarrollar predicciones de comportamiento de plagas concretas y adaptadas a las condiciones meteorológicas y geográficas reales de cada campo en uso.

El modelo global de la figura 20 y los modelos de la tabla 17 son el primer paso para el desarrollo de dichas Apps. Estos resultados muestran el peso e importancia de las variables estudiadas en el comportamiento de *Lobesia botrana* en la zona de Cariñena. La inversión económica en investigación y desarrollo permitiría la evolución de los modelos y la posibilidad de hacer real su aplicación práctica.

## 5. CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas a partir de este trabajo son las siguientes:

1. El análisis comparativo entre las condiciones del modelo de Touzeau (1981) y las condiciones reales de campo del presente estudio, así como el análisis de R-cuadrado, demuestran que el modelo no se ajusta con precisión a la zona de Cariñena.
2. La implantación de la técnica de confusión sexual en la totalidad de las zonas de la D.O.P. Cariñena controla la incidencia de *Lobesia botrana* limitando sus efectos dañinos en las cosechas y reduciendo la necesidad de utilizar tratamientos químicos.
3. La prolongación en el tiempo de condiciones óptimas o aceptables para el desarrollo del ciclo de *Lobesia botrana* puede favorecer la aparición de una cuarta generación de la plaga.
4. Existe un desfase entre los datos registrados en la estación meteorológica y los realmente existentes en campo en todos los casos, aun cuando los puntos muestreados son los más cercanos a la estación meteorológica.
5. Para la mejora del ajuste del modelo se deberán implementar variables adicionales como la humedad relativa. Variable ligada a la temperatura que condiciona qué días serán óptimos, aceptables o inadecuados para el desarrollo de la plaga.
6. La inteligencia Artificial (Deep learning) demuestra que la latitud, la radicación, el viento de componente Norte, junto con la temperatura y la humedad relativa del aire son los factores a tener en cuenta para la mejora del modelo.
7. El uso de nuevas tecnologías como el Deep Learning ayudará al desarrollo de la agricultura de precisión, proporcionando herramientas para una mejor gestión de los tratamientos fitosanitarios, lo que conllevará a una disminución de pérdidas económicas y mayores beneficios medio ambientales.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Armendáriz, I., Campillo, G., Pérez Sanz, A., Capilla, C., Juárez, S., y Miranda, L. (2007). La polilla del racimo *Lobesia botrana* en la DO Arribes, años 2004 a 2006. *Boletín de Sanidad Vegetal-Plagas*, 33, 477-489.

Armendáriz, I., Pérez Sanz, A., Capilla, C., Juárez, S., Miranda, L., Nicolás, J., y Aparicio, E. (2009). Cinco años de seguimiento de la polilla del racimo de la vid *Lobesia botrana* en la DO Arribes Castilla y León, España. *Boletín de Sanidad Vegetal-Plagas*, 35, 193-204.

Armendáriz, I., Pérez-Sanz, A., y Miranda, L. (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.

BSV, Q. T. Z. (2021). *Bodega San Valero—BSV | Cariñena*. Bodegas San Valero. <https://www.sanvalero.com/>

Caffarra, A., Rinaldi, M., Eccel, E., Rossi, V., y Pertot, I. (2012). Modelling the impact of climate change on the interaction between grapevine and its pests and pathogens: European grapevine moth and powdery mildew. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 148, 89-101.

Castex, V., Beniston, M., Calanca, P., Fleury, D., y Moreau, J. (2018). Pest management under climate change: The importance of understanding tritrophic relations. *Science of the Total Environment*, 616, 397-407.

Cepeda, S., González, S. C., y Rubín, J. Z. (2008). La polilla del racimo en la Denominación de Origen (DO) Toro. *Tierras de Castilla y León: Agricultura*, 147, 76-90.

Coscollá, R. (1980). Incidencia de los factores climatológicos en la evolución de las plagas y enfermedades de las plantas. *Bol. Serv. Plagas*, 6(2), 123-139.

Coscollá, R. (1992). *Los parásitos de la vid, Estrategias de protección razonada* (3ª). Mundi-Prensa.

Coscollá, R. (1997). La polilla del racimo de la vid (*Lobesia botrana* Den. & Schiff.). Generalitat Valenciana. Valencia, Spain.

Dagatti, C. V., y Becerra, V. C. (2015). Ajuste de un modelo fenológico para predecir el comportamiento de *Lobesia botrana* en campo.

Depetris Nicolás, F. A. (2016). Diversidad de artrópodos en viñas con manejo fitosanitario convencional y con feromonas de confusión sexual para *Lobesia botrana* (D. & S.).

D.O.P Cariñena. (2021). D.O.P. Cariñena: Página de inicio | El Vino de las Piedras | D.O.P. Cariñena. ES - El Vino de las Piedras. <https://elvinodelaspiedras.es/>

García Marí, F., Costa Comelles, J., y Ferragut Pérez, F. (1994). Las plagas agrícolas. Agropubli SL Phytoma España.

González de Andrés, C. (1935). La 'Polilla' de las uvas:(*polychrosis botrana*, Schiff.). Publicaciones de la Estación de Fitopatología Agrícola de La Coruña; 8.

Gonzalez, M. (2010). *Lobesia botrana: Polilla de la uva*. Revista de Enología N° 2. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_lobesia\\_botrana\\_polilla\\_de\\_la\\_uva.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_lobesia_botrana_polilla_de_la_uva.pdf)

Heit, G. E., Sione, W. F., y Aceñolaza, P. G. (2019). Spatio-temporal risk assessment models for *Lobesia botrana* in uncolonized winegrowing areas. *Journal of Plant Protection Research*, 59(2).

INDISA.es. (2018, mayo 24). FINCA LA REÑANA: Un lazo rojo para luchar contra las plagas, sin alterar el medio ambiente. [indisa.es](https://www.indisa.es/); INDISA. <https://www.indisa.es/al-dia/finca-renana-lazo-rojo-para-luchar-contra-plagas-sin-alterar>

Lozano Déez, P. P., Valdés Gómez, H. A., y Moreno Simunovic, Y. (2000). Modelos de predicción de fenología y evolución de madurez en función de grados día, en cuatro cultivares de Vid (*Vitis vinifera* L.).

MAPA. (2019). *El Gobierno actualiza la normativa sobre uso sostenible de productos fitosanitarios*. <https://www.mapa.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/-el-gobierno-actualiza-la-normativa-sobre-uso-sostenible-de-productos-fitosanitarios/tcm:30-513791>

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. *Bol. SEA*, 28, 147-150.

Martínez de Toda, F. (1990). *Biología de la Vid, Fundamentos biológicos de la viticultura* (Mundi-Prensa). Mundi-Prensa. 84-7114-313-5

Martínez de Toda Fernández, F. (1991). *Biología de la vid: Fundamentos biológicos de la viticultura*.

Martínez Valero, R. (2001). *Prácticas integradas de viticultura: Seguimiento del ciclo biológico de la vid y de la práctica de su cultivo: Prácticas de campo: Viticultura y cultivos leñosos*.

Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. (2020). *Superficies y producciones anuales de cultivos*. <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/>

Moravie, M.-A., Davison, A., Pasquier, D., y Charmillot, P.-J. (2006). Bayesian forecasting of grape moth emergence. *Ecological Modelling*, 197(3-4), 478-489.

Moreno, I. P. (2002). La filoxera o el invasor que vino de América. *Depto. de Agricultura y Alimentación. Universidad de La Rioja, Avenida de la Paz,(105)*, 218-220.

Ordás, N. de P. (2017). Seguimiento de polilla del racimo (*Lobesia botrana* Den. Y Schiff.) a través de integrales térmicas medidas por estaciones meteorológicas automáticas. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, 288, 118-121.

Ortega López, V., y Alonso Gonzalez, 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: Agricultura*, 148, 50-66.

Reynier, A. (2002). *Manual de Viticultura* (6ª). Ediciones Mundi-Prensa.

Ruiz Castro, A. (1943). Fauna entomológica de la vid en España. *Madrid: Inst Esp Entomol, CSIC.*

Sambado, P., Royo, A. B. J., y Martínez, A. N. (2015). Proyecto de investigación sobre el control de *Lobesia botrana* mediante confusión sexual en la DOP de Cariñena: Implementación, gestión y resultados del control. *Phytoma* 274  
[https://www.phytoma.com/images/pdf/274\\_Diciembre\\_2015\\_ENCUESTRO\\_VID\\_lobesia\\_botrana\\_cari%C3%B1ena.pdf](https://www.phytoma.com/images/pdf/274_Diciembre_2015_ENCUESTRO_VID_lobesia_botrana_cari%C3%B1ena.pdf)

Silva, S., Burgardt, M., Ohanian, G., San Blas, G., Valeria, B., Buran, M., y Musri, L. (2013). Aplicación del modelo de Touzeau como herramienta para el control y manejo de la “polilla de la vid” *Lobesia botrana* (Denis & Schiffmüller) en Mendoza. Séptimo encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería.

Torres Vila, L. M. (2019). *Un aniversario aciago: Dos siglos de historia como plaga de la polilla del racimo de la vid, Lobesia botrana Den. Y Schiff.* Sociedad Española de Entomología Aplicada. <http://www.seea.es/index.php/seea-informa/divulgacion/15-divulgacion/64-seea-lobesia-botrana>

Torres-Vila, L., Schmitz, V., y Stockel, J. (1992). Efecto de la evolución fenológica y de la variedad de vid en la instalación y supervivencia en primera generación de las orugas de la polilla del racimo (*Lobesia botrana* Den. Y Schiff.; Lepidóptera: Tortricidae). *Bol. Sanid. Veg. Plagas*, 18, 755-764.

Touzeau, J. (1981). Modelisation de l'évolution de l'Eudémis de la vigne pour la région Midi-Pyrenées. *Lutte Intégrée en Viticulture, IV Réunion plénière. Gargnano, Italia*, 10, 26-30.