

***Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Erebidae):  
flight periodicity during the 2018-2021 outbreak in the  
Montnegre Natural Park (Barcelona, NE Spain)**

**Josep M Riba-Flinch<sup>1</sup>, Antoni Torrell<sup>2</sup> & Jorge Heras<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Plant Pathologist and Consulting Arborist, 17320 Tossa de Mar, Spain; email: [jmriba2001@gmail.com](mailto:jmriba2001@gmail.com). ORCID ID: 0000-0003-3147-0737.

<sup>2</sup> Forestal Catalana, C. Torrent de l'Olla, núm. 218-220, 08012 Barcelona, Spain; email: [atorrells@gencat.cat](mailto:atorrells@gencat.cat).

<sup>3</sup> Servei de Gestió Forestal, Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural, Generalitat de Catalunya, C. Doctor Roux, núm. 80, 08017 Barcelona, Spain; email: [jorge.heras@gencat.cat](mailto:jorge.heras@gencat.cat).

**Abstract:** *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758) population dynamic is studied during the 2018-2021 outbreak in the Montnegre Natural Park (Barcelona, NE Spain), using pheromone traps in a *Quercus suber* and *Q. ilex* forest. Observations are done throughout the flight period for males, weekly from June to September, with maximum captures of 1,304 adults/trap/day in 2020-JUN-26. The most advanced flight curve was observed in 2020 with 50% of the total captures obtained on 26-JUN and 95% on 13-JUL. Hourly flight activity from sunset to sunrise is also studied for two years, with 57-65% of the total captures during 13-17 h.

**Key words:** population dynamics; maximum captures; hourly flight; daily flight; pheromone traps

***Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Erebidae): curvas de vuelo  
durante el brote epidémico del 2018-2021 en el Parc Natural del Montnegre  
(Barcelona, NE España)**

**Resumen:** Se estudia la dinámica poblacional de *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758) durante el brote del 2018-2021 en el Parc Natural del Montnegre (Barcelona, NE de España), utilizando trampas de feromonas en un bosque de *Quercus suber* y *Q. ilex*. Las observaciones se realizan durante todo el período de vuelo para los machos (semanalmente de junio a septiembre), con capturas máximas de 1.304 adultos/trampa/día en el 26-JUN-2020. La curva de vuelo más avanzada se observó en el 2020, ya que el 50% del total de capturas se obtuvo el 26-JUN y el 95% lo fue el 13-JUL. También se estudia la actividad del vuelo horario desde la puesta hasta la salida del sol en dos años, con un 57-65% del total de capturas durante 13-17 h.

**Palabras clave:** dinámica de poblaciones; capturas máximas; vuelo horario; vuelo diario; trampas de feromona

[urn:lsid:zoobank.org:pub:E7CA3A67-28D4-46C9-9364-4F674A8B2206](https://zoobank.org/pub/E7CA3A67-28D4-46C9-9364-4F674A8B2206)

## INTRODUCTION

The pine processionary (*Thaumetopoea pityocampa* [Denis & Schiffermüller, 1775]) is the main defoliating pest in Mediterranean pine forests, while the gypsy moth (*Lymantria dispar* [Linnaeus, 1758]) is the most damaging pest of broadleaf forests. It has a particular preference for *Quercus*, mainly in cork oak forests (*Quercus suber*) and holm oak forests (*Q. ilex*). However, in situations of severe attacks and due to its high polyphagia (more than 300 species), *L. dispar* can affect many other species, including trees and shrubs, and even some conifers like *Pinus radiata*. Therefore, it is one of the forest pests with the greatest defoliation capacity, capable of causing epidemic outbreaks throughout the temperate regions of the Northern hemisphere (Europe, North Africa, Asia and North America) (Liebhold *et al.*, 2000; Villemant, 2010; Inoue *et al.*, 2019).

In Catalonia (NE Spain), egg hatching can start as early as the beginning of April in the warmest areas. Then, 2 months after larvae are born and go through 5-6 larval stages (according to males-females), chrysalides are formed. Adults are born 2-3 weeks later. Fully grown males can fly great distances in search of a mate. Females, on the other hand, are much heavier, have limited mobility, and lack flight capability. This contrasts with *L. dispar asiatica*, where females can fly up to 100 km (Inoue, 2019). After mating, females lay eggs and the egg masses overwinter until the following spring (Riba, 2017). Depending on the pest level, egg masses can contain anywhere from 100 up to 1,500 eggs (Riba & Pujade, 2008).

## INTRODUCCIÓN

La procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa* [Denis & Schiffermüller, 1775]) es la principal plaga defoliadora de los pinares mediterráneos, mientras que la lagarta peluda (*Lymantria dispar* [Linnaeus, 1758]) lo es de las masas de frondosas, con especial preferencia por los *Quercus*, como alcornoques (*Quercus suber*) y encinares (*Q. ilex*). Pero en situaciones de ataques intensos y debido a su alta polifagia (sobre más de 300 especies), *L. dispar* puede afectar a muchas otras especies (arbóreas y arbustivas) e incluso a algunas coníferas, como *Pinus radiata*. Por ello, es considerada como una de las plagas forestales con la mayor capacidad defoliadora, pudiendo causar situaciones epidémicas a lo largo de las regiones templadas del hemisferio septentrional (Europa, África del Norte, Asia y América del Norte) (Liebhold *et al.*, 2000; Villemant, 2010; Inoue *et al.*, 2019).

En Catalunya (NE España), la eclosión de los huevos se puede iniciar a principios de abril en las zonas más cálidas; 2 meses después de nacer las orugas, y pasar por 5-6 estadios larvarios (según machos-hembras), crisalidan. A las 2-3 semanas emergen los adultos; el macho puede volar grandes distancias, en busca de la hembra (mucho más pesada, con poca movilidad y sin capacidad de vuelo, a diferencia de *L. dispar asiatica*, donde la hembra puede volar hasta 100 km (Inoue, 2019). Después del apareamiento, la hembra realiza la puesta de huevos, pasando el invierno hasta la primavera siguiente (Riba, 2017); según el nivel de plaga, los

At the beginning of the infestation, the larvae cause partial defoliation, but can progress to affect all foliage including trees, bushes, and entire forests, dependent on the pest level. These significant defoliations appear in May and become especially evident in June, in the middle of the vegetative period. Defoliation affects photosynthetic processes and can lead to reduced wood production and fruit set, loss of tree growth and root biomass, increased tree weakness and decline/mortality. These damages depend on the frequency, intensity, and duration of defoliation, as well as the vitality of the affected vegetation and other biotic stress factors (pests and diseases) and/or abiotic stress (droughts, rocky soils). Defoliation can also effect the structure and development of the forest, regeneration of trees, and the behavior of wildlife that depend on the production of seeds and fruits (Torrell & Riba, 2020; Leroy *et al.*, 2021; Jacobs *et al.*, 2022). In the case of the cork oak, the thickness of the cork is lessened and of poorer quality, and cork extraction work is greatly affected during the summer following defoliation, at times even becoming unviable.

In 2017, specific records of *Lymantria* populations were reported in the municipality of Tordera (Barcelona province, in the Montnegre Natural Park). The defoliation became evident in 2018-JUL, with 200 ha affected in Tordera.

plastones pueden contener de 100 hasta 1.500 huevos (Riba & Pujade, 2008).

En las primeras fases de infestación, las orugas provocan defoliaciones parciales, pero según el nivel de la plaga, éstas pueden ser totales y afectar a todo el follaje de los árboles, arbustos y/o de la masa forestal. Estas defoliaciones significativas aparecen en mayo y se agravan de manera muy evidente en junio, en pleno período vegetativo. La defoliación afecta a los procesos fotosintéticos y puede conllevar una reducción de la producción de madera y de la fructificación, una pérdida del crecimiento del árbol y de la biomasa radicular, y una mayor debilidad y decadencia/mortalidad del árbol. Estos daños dependen de la frecuencia, de la intensidad y duración de la defoliación, así como de la combinación de la defoliación con la vitalidad de la vegetación afectada y otros factores de estrés biótico (plagas y enfermedades) y/o abiótico (sequías, suelos pedregosos) que padece. Finalmente, y de manera global, la defoliación puede tener efectos sobre la estructura y desarrollo de la masa forestal, la regeneración del arbolado y el comportamiento de la vida salvaje que depende de la producción de semillas/frutos (Torrell & Riba, 2020; Leroy *et al.*, 2021; Jacobs *et al.*, 2022). En el caso del alcornoque, hay menor grosor de corcho y de peor calidad, y los trabajos de la saca del corcho se pueden ver afectados durante ese verano después de la defoliación, e incluso ser inviables.

En 2017 se reportaron avisos muy puntuales de la presencia de poblaciones de *Lymantria* en el municipio de Tordera (Barcelona, en el Parc Natural del Montnegre). Las defoliaciones se hicieron evidentes en 2018-JUL, con 200 ha en Tordera.

However, the total damage was even greater, with up to 1,500 ha of defoliation in 2019-JUL (distributed in different municipalities within the Montnegre NP and surrounding area) and up to 3,800 ha in 2020-JUL (within the Montnegre and Corredor NP) (GENCAT, 2021). In 2021-APR/MAY, the presence of egg masses and larvae were restricted to about 320 ha, which indicated a collapse of the population. The total cost of the damage caused by the *Lymantria* attacks in the Montnegre NP during 2019-2020, considering the effects on the cork oak (associated with cork) and the holm oak (associated with wood), was estimated at € 1.2 million (Monserrate, 2020). A further example of the severity of an epidemic outbreak took place in the USA, where *Lymantria* was introduced in 1868 (Medford, Massachusetts) and by 1981 some 52,150 km<sup>2</sup> were affected by defoliation (more than the entire geographic region of Aragón [Spain]). In 2015, the total area affected by *Lymantria* defoliation was estimated at 6,123 km<sup>2</sup>, after institution of treatment programs on some 2,214 km<sup>2</sup> (USDA-FS, 2022). Based on all reported goods and services estimates, *Lymantria* causes \$ 3.2 billion in annual losses in North America (Bradshaw *et al.*, 2016).

Due to concern over the extent of damage *Lymantria* could generate in 2018, the Forest Management Service of the Generalitat de Catalunya took action against the main outbreaks detected in the provinces of Barcelona and Girona, by: a) identifying and delimiting the affected areas by remote sensing (NDVI index), b) aerial applications with a biological insecticide based on *Bacillus*

Pero las afectaciones totales se incrementaron hasta las 1.500 ha en 2019-JUL (distribuidas ya en diferentes municipios, dentro del PN Montnegre y alrededores) y hasta las 3.800 ha en 2020-JUL (dentro del PN Montnegre y el Corredor) (GENCAT, 2021). En 2021-ABR/MAY, la presencia de puestas y orugas quedó restringida a solo unas 320 ha, lo que indicaría un colapso de la población. Los daños provocados por los ataques de *Lymantria* en el PN Montnegre durante 2019-2020, teniendo en cuenta las afectaciones al alcornoque (asociadas al corcho) y a la encina (asociadas a la madera), se estimaron en 1,2 millones € (Monserrate, 2020). Un ejemplo de hasta dónde puede llegar la extensión y gravedad de un brote epidémico está en EEUU, donde la *Lymantria* fue introducida en 1868 (Medford, Massachusetts) y en 1981 quedaron afectadas por defoliación unos 52.150 km<sup>2</sup> (algo más que toda la autonomía de Aragón [España]). En 2015, la superficie total afectada por defoliaciones de *Lymantria* se estimó en 6.123 km<sup>2</sup>, lo que comportaron programas de tratamientos sobre unos 2.214 km<sup>2</sup> (USDA-FS, 2022). Teniendo en cuenta todas las estimaciones de bienes y servicios notificadas, *Lymantria* provoca 3.200 millones \$ de pérdidas anuales en América del Norte (Bradshaw *et al.*, 2016).

Debido a la preocupación que podía generar la situación de *Lymantria* en 2018, el Servei de Gestió Forestal de la Generalitat de Catalunya realizó diversas actuaciones en los principales focos detectados en las provincias de Barcelona y Girona, destacando: a) identificar y delimitar por teledetección las zonas afectadas (índice NDVI),

*thuringiensis* var. *kurstaki*, c) field assessments (presence of egg masses, defoliation damage, effectiveness of insecticide applications and recovery of affected vegetation) and d) set up of sex pheromone traps in 3 affected areas [Osor, Arbúcies and Vallgorguina] (Torrell & Riba, 2020).

Pheromone traps for capturing adults are a widely used method for studying the population. Capture monitoring is especially useful for detecting isolated populations of *Lymantria*, predicting population density and spread, and evaluating the effectiveness of applications or actions applied to eradicate/delay population growth. It is especially useful if they are isolated in periods of latency, low pest density or in phases of population increase (Carter *et al.*, 1992; Sharov *et al.*, 2002; Ibáñez *et al.*, 2008; Mas & Pérez, 2012; Junta de Andalucía, 2016).

In this work, pheromone traps are used to study the flight period of males, both throughout the day (hourly) and over the course of months (weekly). The evolution of catches during the years of the 2018-2021 epidemic outbreak is also studied.

## MATERIAL & METHODS

The “G” type pheromone trap (ECONEX), baited with the sex pheromone dispenser for *Lymantria dispar* (KENOGARD), was used due to its high power of attraction and capture (Hernández *et al.*, 2009; Mas & Pérez, 2012).

b) tratamientos aéreos con insecticida biológico a base de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, c) valoraciones en campo (presencia de puestas, daños por defoliación, efectividad de tratamientos insecticidas y recuperación de vegetación afectada) y d) colocación de trampas de feromona sexual en 3 zonas afectadas [Osor, Arbúcies y Vallgorguina] (Torrell & Riba, 2020).

Las trampas de feromonas para la captura de adultos son un método muy utilizado para el estudio de sus poblaciones. El seguimiento de las capturas es especialmente útil para detectar poblaciones aisladas de *Lymantria*, predecir su densidad poblacional, la expansión de la plaga y evaluar la efectividad de los tratamientos o actuaciones aplicadas para erradicar /retrasar el crecimiento de sus colonias, especialmente si éstas son aisladas, están en períodos de latencia, en baja densidad de plaga o en fases de incremento poblacional (Carter *et al.*, 1992; Sharov *et al.*, 2002; Ibáñez *et al.*, 2008; Mas & Pérez, 2012; Junta de Andalucía, 2016).

En este trabajo se estudia, mediante el uso de trampas de feromona, el periodo de vuelo de los machos, tanto a lo largo del día (según las horas), como a lo largo de los meses (semanalmente). También se estudia la evolución de las capturas durante los años del brote epidémico 2018-2021.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha utilizado la trampa de feromona del tipo “G” (ECONEX), cebada con el dispensador de feromona sexual para *Lymantria dispar* (KENOGARD), debido a su alto poder de atracción y captura (Hernández *et al.*, 2009; Mas & Pérez, 2012).

Three traps were set up in the Bonamusa area (in the Montnegre Natural Park [Vallgorguina, Barcelona province]; 31T 455,737 m E 4,611,033 m N, at 353 m), where the forest has a higher percentage of cork oak (*Quercus suber*) compared to holm oak (*Q. ilex*). The distance between traps was always more than 100 m and they were placed in the same position all 4 years. The traps were set in the forest on 2018-JUL-6, 2019-JUN-13, 2020-JUN-3 and 2021-JUN-16. Periodic checks, every 6-9 days, were made to collect trap captures. These checks continued until the end of the flight season during each of the 4 years of the 2018-2021 study. In addition, on 2020-JUL-7 and 2021-JUL-8 hourly checks for captures were made from 08:00 to 22:00, and the temperature was recorded at each interval. The capture bags were changed at each check and stored in the freezer until further study in the laboratory. When the number of captured males exceeded 500 specimens, estimation was made by means of the weight of 100 specimens (in 5 replicates) and the subsequent extrapolation to the total catch. Temperature data were studied from the nearest weather station, in Dosrius (453,790 m E 4,607,725 m N, 460 m).

## RESULTS & DISCUSSION

The beginning of the 2018 flight season was not recorded because the traps were placed on JUL-6 (according to the bibliography consulted). Ibáñez *et al.* (2008) found that the flight of *Lymantria* in Alicante (Fontroja Natural Park; 1190 m) and in Castellón (Sierra de Espadán Natural Park; 670 m) began in mid- July, and only 6-8% of the total specimen

Se colocaron tres trampas en la finca de Bonamusa (en el Parc Natural del Montnegre [Vallgorguina, Barcelona]; 31T 455.737 m E 4.611.033 m N, a 353 m), donde la masa forestal tiene un porcentaje muy elevado de alcornoque (*Quercus suber*), en comparación con la encina (*Q. ilex*). La distancia entre trampas fue superior a los 100 m y se colocaron en estas mismas posiciones en los 4 años. Las trampas se colocaron en bosque el 6-JUL-2018, 13-JUN-2019, 3-JUN-2020 y 16-JUN-2021. Se hicieron revisiones periódicas (cada 6-9 días) de las trampas hasta el final del vuelo y durante los 4 años del seguimiento 2018-2021. Además, el 7-JUL-2020 y 8-JUL-2021 se hicieron revisiones horarias de las capturas, desde las 08 a las 22 horas; en cada revisión se anotaba la temperatura. Las bolsas de recolección se cambiaban en cada revisión y se guardaban en un congelador, hasta su estudio posterior en el laboratorio. Cuando las capturas de machos superaban los 500 ejemplares, se procedía a una estimación de la misma, mediante el peso de 100 ejemplares (en 5 repeticiones) y su extrapolación posterior al total capturado. Se estudiaron los datos de temperatura de la estación meteorológica más cercana, en Dosrius (453.790 m E 4.607.725 m N, 460 m).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El inicio del vuelo del 2018 se perdió, ya que las trampas se colocaron el 6-JUL (atendiendo a la bibliografía consultada). Los trabajos de Ibáñez *et al.* (2008) definieron que el vuelo de *Lymantria* en Alicante (Parque Natural

accumulation was caught by the time the traps were checked on JUL-23 (2002-2006 average).

Hernandez *et al.* (2009) determined that in Teruel (Argente; 1350 m) less than 2% of the total accumulation was caught before JUL-7. Mas & Pérez (2012) found that in Castellón (Pobla de Benifassà; 670 m) 6-8% of the total accumulation was captured by the JUL-9 trap check. It is obvious that for the Vallgorguina locality (in Barcelona; 353 m) studied in this work, the pheromone traps needed to be placed in the forest much earlier. It is possible that a lower altitude and a less continental climate have their effects and cause an earlier flight of the adults.

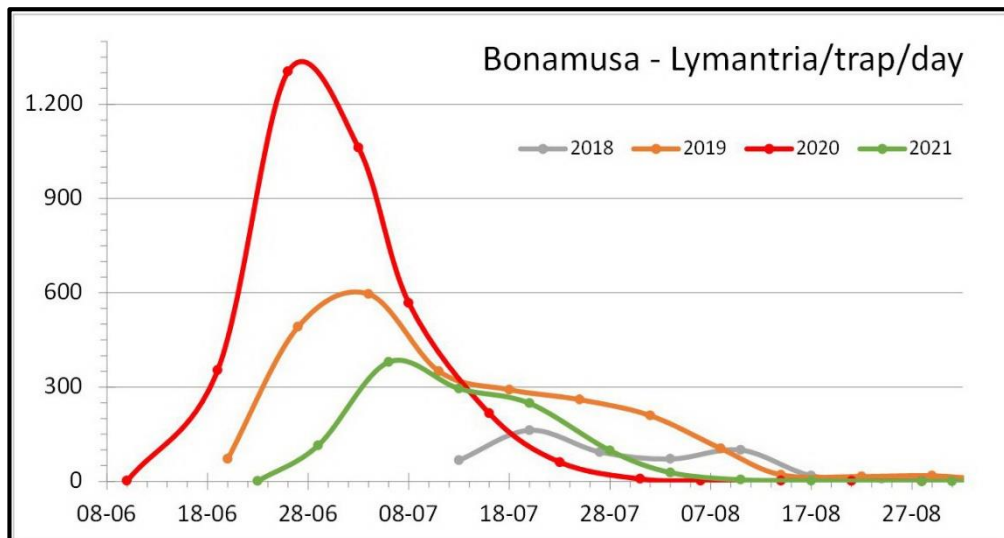
de Fontroja; 1190 m) y en Castellón (Parque Natural de la Sierra de Espadán; 670 m) empezaba a mediados de julio y que hasta la revisión del 23-JUL (mediana de 2002-2006) sólo se había capturado un 6-8% del total acumulado.

Hernández *et al.* (2009) determinaron que en Teruel (Argente; 1350 m) se había capturado menos del 2% del total acumulado en la revisión del 7-JUL. Mas & Pérez (2012) encontraron que en Castellón (Pobla de Benifassà; 670 m) se había capturado un 6-8% del total acumulado en la revisión del 9-JUL. Es obvio que para la localidad de Vallgorguina (en Barcelona; 353 m) estudiada en este trabajo, las trampas de feromona deben colocarse en bosque mucho antes. Es posible que la menor altitud y un clima menos continental

|      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |       |
|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|-------|
| 2018 | 13-7 | 20-7 | 27-7 | 03-8  | 10-8 | 17-8 | 24-8 | 31-8 | 06-9 | 18-9 |      |      |      |  | total |
| Ad   | 471  | 1138 | 652  | 497   | 699  | 126  | 55   | 16   | 6    | 0    |      |      |      |  | 3660  |
| Ad/d | 67   | 163  | 93   | 71    | 100  | 18   | 8    | 2    | 1    | 0    |      |      |      |  |       |
| 2019 | 20-6 | 27-6 | 04-7 | 11-7  | 18-7 | 25-7 | 01-8 | 08-8 | 14-8 | 22-8 | 29-8 | 05-9 | 12-9 |  |       |
| Ad   | 497  | 3442 | 4174 | 2450  | 2042 | 1819 | 1464 | 733  | 124  | 125  | 127  | 19   | 5    |  | 16524 |
| Ad/d | 71   | 492  | 596  | 350   | 292  | 260  | 209  | 105  | 21   | 16   | 18   | 3    | 1    |  |       |
| 2020 | 10-6 | 19-6 | 26-6 | 03-7  | 08-7 | 16-7 | 23-7 | 31-7 | 06-8 | 14-8 | 21-8 | 28-8 |      |  |       |
| Ad   | 10   | 3180 | 9127 | 7433  | 2837 | 1729 | 427  | 62   | 13   | 13   | 5    | 1    |      |  | 24837 |
| Ad/d | 1    | 353  | 1304 | 1.062 | 567  | 216  | 61   | 8    | 2    | 2    | 1    | 0    |      |  |       |
| 2021 | 23-6 | 29-6 | 06-7 | 13-7  | 20-7 | 28-7 | 03-8 | 10-8 | 17-8 | 28-8 | 31-8 | 14-9 |      |  |       |
| Ad   | 8    | 687  | 2658 | 2064  | 1738 | 784  | 168  | 35   | 13   | 2    | 1    | 0    |      |  | 8157  |
| Ad/d | 1    | 115  | 380  | 295   | 248  | 98   | 28   | 5    | 2    | 0    | 0    | 0    |      |  |       |

**Table I.** Captures of males of *Lymantria dispar* in Bonamusa (Montnegre Natural Park, Vallgorguina [Barcelona province]) during 2018-2021; files show total captures of adults/trap (Ad) and its capture/trap/day (Ad/d); columns show day-month of the trap checking.

**Tabla I.** Capturas de machos de *Lymantria dispar* en Bonamusa (Parc Natural del Montnegre, Vallgorguina [provincia de Barcelona]) durante 2018-2021; las filas indican el total de capturas de adultos/trampa (Ad) y su captura/trampa/día (Ad/d); las columnas indican el día-mes de la revisión de la trampa.



**Figure 1.** Flight periodicity for captures/trap/day of *Lymantria* males during the 2018-2021 outbreak. **Figura 1.** Curva de vuelo para las capturas/trampa/día de machos de *Lymantria* durante el brote epidémico del 2018-2021.

In the following years, the flights of *Lymantria* were fully studied (Table I, Figure 1). In Vallgorguina, the flight season can start as early as JUN-10 (as happened in 2020) or as late as JUN-23 (in 2021), due to influences by seasonal meteorological factors. At the beginning of July, some 41-48% of the total accumulation had already been caught in 2019 and 2021, with up to 80% captured by this time in 2020. This contrasts the works mentioned above, where the captures represented only 2-8% of the total accumulation.

Maximum captures were obtained as early as 2020-JUN-26 (with 1,304 adults/trap/day) and as late as 2018-JUL-20 (with 163 adults/trap/day). In 2019 and 2021, the maximum captures were obtained on JUL-4/6 (with 596 and 380 adults / trap / day, respectively). This earlier flight has been correlated with a

tengan sus efectos y hagan avanzar el vuelo de los adultos.

Por el contrario, los vuelos de *Lymantria* sí que pudieron estudiarse de manera completa para los años siguientes (Tabla I, Figura 1). En la localidad de Vallgorguina, el vuelo se inicia en junio, y puede avanzarse hasta el 10-JUN (como sucedió en el 2020) o bien retrasarse hasta el 23-JUN (en el 2021), seguramente influenciado por factores meteorológicos estacionales. A principios de julio ya se había capturado desde un 41-48% del total acumulado (para el 2019 y 2021) hasta un 80% (para el 2020); indicar que en los trabajos antes citados, las capturas representaron sólo el 2-8% del total acumulado.

Las capturas máximas se obtuvieron tan pronto como en la revisión del 26-JUN-2020 (con 1.304 adultos/trampa/día) y tan tarde como en el 20-



higher average temperature during the four months prior to the hatching of the eggs, with a value of 9.5°C during the period DEC/2019-MAR/2020, while it was 7.3°C during the period DEC/2017-MAR/2018.

The most advanced flight curve was observed in 2020, when 50% of the total captures were obtained on JUN-26 and 95% on JUL-13. Conversely, the most delayed flight season was in 2019, with 50% of the captures on JUL-6 and 95% on AUG-5. The flight season tends to finish at the end of August, as occurred in 2020 and 2021, though the latest captures were during 2019-SEP-12/19, when 1 adult was captured.

The evolution of the captures/hour recorded throughout the day (from 08:00 to 22:00) is shown in figure-2, observing that the *Lymantria* males have a markedly diurnal flight. In 2020, 57% of the total recorded captures were obtained in the 13-17 h interval, while in 2021 it was 65%. In monitoring the 2021 hourly flight pattern, a significant influence of temperature on the evolution of the captures was observed. The drop in temperature during the interval of 12-14 h caused a decrease and delay in the maximum flight.

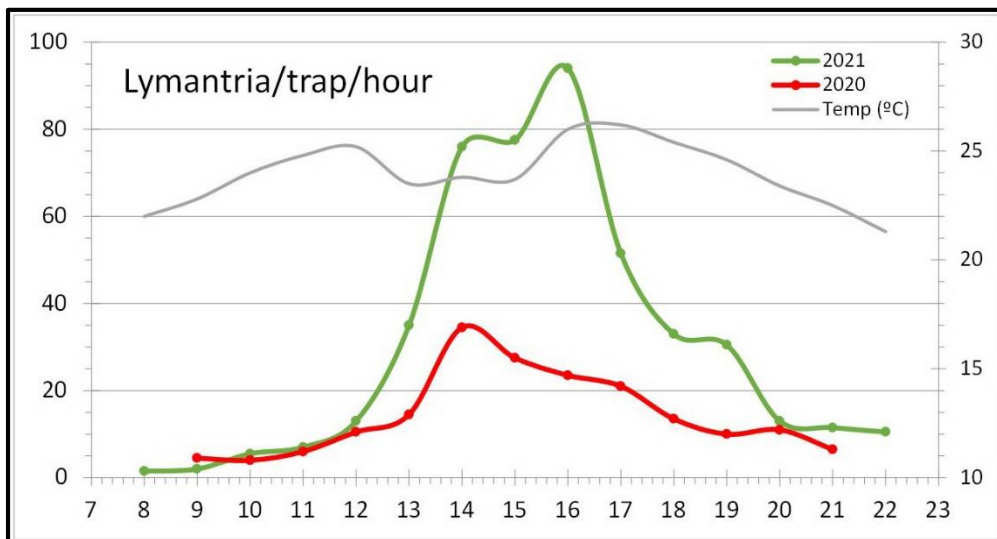
Figure-3 shows the evolution of the maximum value of captures /trap / day throughout the 4 years of *Lymantria* attacks. During this epidemic outbreak, the most serious defoliations occurred in 2020-June/July, affecting 3,800 ha (GENCAT, 2021).

JUL-2018 (con 163 adultos/trampa/día). En 2019 y 2021, las capturas máximas se obtuvieron el 4/6-JUL (con 596 y 380 adultos/trampa/día, respectivamente). Este adelanto en el vuelo se ha correlacionado con una mayor temperatura media durante los cuatro meses previos a la eclosión de los huevos, con un valor de 9,5°C durante el periodo DIC/2019-MAR/2020, mientras que fue de 7,3°C durante el periodo DIC/2017-MAR/2018.

La curva de vuelo más avanzada se observó en el 2020, ya que el 50% del total de capturas se obtuvo el 26-JUN y el 95% lo fue el 13-JUL. Por otra parte, el vuelo más retrasado ocurrió en 2019, con el 50% de capturas en el 6-JUL y el 95% en el 5-AGO. El vuelo puede terminar a finales de agosto (como sucedió en 2020 y 2021), aunque las capturas más tardías fueron durante 12/19-SEP-2019, cuando se capturó 1 adulto.

La evolución de las capturas/hora producidas a lo largo del día (de 08 a 22 h) se muestra en la figura-2, observando que los machos de *Lymantria* tienen un vuelo marcadamente diurno. En 2020, el 57% del total de capturas registradas se obtuvieron en el intervalo de 13-17 h, mientras que en el 2021 fue del 65%. En el seguimiento del vuelo horario del 2021 se observó una influencia muy significativa de la temperatura con la evolución de las capturas; el descenso de la temperatura durante el intervalo de 12-14 h determinó una bajada y un retraso en el vuelo máximo.

En la figura-3 se muestra la evolución del valor máximo de las capturas/trampa/día a lo largo de los 4 años de ataques de *Lymantria*.

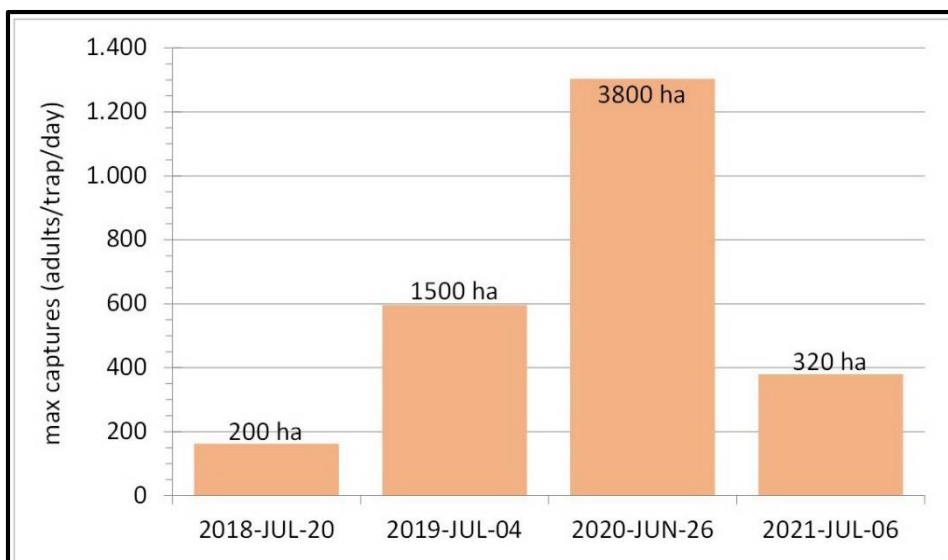


**Figure 2.** Hourly flight for captures/trap of *Lymantria* males during a single day (2020-JUL-7 and 2021-JUL-8). The temperature variation in the forest plot for 2021-JUL-8 is also indicated.

**Figura 2.** Capturas/trampa/hora de machos de *Lymantria* durante un día (2020-JUL-7 y 2021-JUL-8). También se indica la variación de la temperatura en la zona del trampeo para el 2021-JUL-8.

Villemant (2010) mentions that in the maximum affected areas, populations of up to 100 million eggs/ha, 30 million larvae/ha and 20,000 moths/ha have been evaluated. In 2019-MAY (over 200 ha) and 2020-MAY (over 2,500 ha), the Generalitat de Catalunya carried out aerial applications using a biological formulation with *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* to control larvae populations, focusing on the areas with the most defoliation in the Montnegre Natural Park.

Durante este brote epidémico, las defoliaciones más graves se produjeron en junio-julio del 2020, afectando a unas 3.800 ha (GENCAT, 2021). Villemant (2010) cita que, en la máxima afectación, se han evaluado poblaciones de hasta 100 millones de huevos/ha, 30 millones de orugas/ha y 20.000 mariposas/ha. En primavera del 2019 (sobre 200 ha) y del 2020 (sobre 2.500 ha), la Generalitat de Catalunya realizó tratamientos aéreos con un formulado biológico a base de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* para el control de las poblaciones de orugas, incidiendo en las zonas con mayor afectación en el Parc Natural del Montnegre.



**Figure 3.** Maximum captures/trap/day of *Lymantria* males recorded during the 2018-2021 study in Vallgorguina. The total of affected hectares by *Lymantria* defoliation in the Montnegre Natural Park is indicated for each year.

**Figura 3.** Valores máximos de las capturas/trampa/día de machos de *Lymantria* registradas durante el estudio del 2018-2021 en Vallgorguina. Se indican para cada año el total de hectáreas afectadas por la defoliación de *Lymantria* en el Parc Natural del Montnegre.

Epidemic outbreaks of *L. dispar* maintain irregular, complex, and largely unpredictable population dynamics, though they seem to have a periodicity of 7-25 years (depending on latitude, zones and countries), and are able to maintain severe and sustained defoliations for 3-5 years. *Lymantria* populations are controlled by environmental factors (meteorology and type/quality of vegetation), natural enemies (diseases [fungi and especially polyhedrosis virus], parasitoids and predators) and the bio-ecological balances established between these factors (Liebhold *et al.*, 2000; McManus & Csóka, 2007; Villemant, 2010; Alalouni *et al.*, 2013; Inoue, 2019; Leroy *et al.*, 2021).

Los brotes epidémicos de *L. dispar* mantienen una dinámica poblacional irregular, compleja y difícil de predecir, aunque parece que tengan una periodicidad de 7-25 años (según latitud, zonas y países), pudiendo mantener defoliaciones severas y sostenidas durante 3-5 años. Las poblaciones de *Lymantria* están controladas por factores ambientales (meteorología y tipo/calidad de vegetación), los enemigos naturales (enfermedades [hongos y muy especialmente virus de la polihedrosis], parasitoides y depredadores) y los equilibrios bio-ecológicos que se establecen entre todos ellos (Liebhold *et al.*, 2000; McManus & Csóka, 2007; Villemant, 2010; Alalouni *et al.*, 2013; Inoue, 2019; Leroy *et al.*, 2021).

## ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Jaume, Julio and Miki (Forest Pest Team from Forestal Catalana, Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya [DACC]) and to Ella Chaffin for reviewing the text in English. This work was supported in part by the DACC (AG-2018-444, AG-2019-416, AG-2020-336 and AG-2021-1049 projects).

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Jaume, Julio y Miki (equipo de Plagas de Forestal Catalana, Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya [DACC]) y a Ella Chaffin por la revisión del texto en inglés. Este trabajo ha sido subvencionado en parte por el DACC (proyectos AG-2018-444, AG-2019-416, AG-2020-336 y AG-2021-1049).

## REFERENCES – BIBLIOGRAFÍA

- Alalouni, U., Schädler, M. & Brandl, R., 2013.** Natural enemies and environmental factors affecting the population dynamics of the gypsy moth. *Journal of Applied Entomology*, 137 (10): 721-738.
- Bradshaw, C.J.A., Leroy, B., Bellard, C., Roiz, D., Albert, C., Fournier, A., Barbet-Massin, M., Salles, J.M., Simard, F. & Courchamp, F., 2016.** Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects. *Nature Communications*, 7: 12986: 1-8.
- Carter, M.R., Ravlin, F.W. & McManus, M.L., 1992.** Effect of defoliation on Gypsy Moth phenology and capture of male moths in pheromone-baited traps. *Environmental Entomology*, 21 (6): 1308-1318.
- GENCAT (Generalitat de Catalunya), 2021.** L'eruga del suro s'estén pel Montnegre. Available from: <https://web.gencat.cat/ca/actualitat/detall/Leruga-del-suro-sesten-pel-Montnegre> (last access: 19-III-2022).
- Hernández, R., Ortiz, A. & Gil, J.M., 2009.** Ensayo de productos 2009: *Lymantria dispar*. Gobierno de Aragón. Available from: [https://www.miteco.gob.es/eu/biodiversidad/formacion/teruel\\_lymantria\\_dispar\\_feromonas\\_2009\\_tcm35-137958.pdf](https://www.miteco.gob.es/eu/biodiversidad/formacion/teruel_lymantria_dispar_feromonas_2009_tcm35-137958.pdf) (last access: 19-III-2022).
- Ibáñez, A., Soto, A., Martínez, M. & Pérez, E., 2008.** Análisis de las defoliaciones y muestreo con feromona sexual de *Lymantria dispar* en las principales masas de Quercus de la comunitat Valenciana – años 2000-2006. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 26: 73-78.
- Inoue, M.N., Suzuki, Y., Haga, Y., Aarai, H., Sano, T, Martemyanov, V.V. & Kunimi, Y., 2019.** Population dynamics and geographical distribution of the gypsy moth, *Lymantria dispar*, in Japan. *Forest Ecology and Management*, 434: 154-164.
- Jacobs, J.M., Hilmers, T., Leroy, B.M.L., Lemme, H., Kienlein, S., Müller, J., Weisser, W.W. & Pretzsch, H., 2022.** Assessment of defoliation and subsequent growth losses caused by *Lymantria dispar* using terrestrial laser scanning (TLS). *Trees*, 36: 819-834.
- Junta de Andalucía, 2016.** *Plan de Lucha Integrada Contra la Lagarta Peluda Lymantria dispar en la comunidad autónoma de Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente. 46 pp.

- Leroy, B.M.L., Lemme, H., Braumiller, P., Hilmers, T. Jacobs, M. & Hochrein, S., 2021.** Relative impacts of gypsy moth outbreaks and insecticide treatments on forest resources and ecosystems: An experimental approach. *Ecological Solutions and Evidence*, 2: e12045: 16 pp.
- Liebhold, A.M., Elkinton, J., Williams, D. & Muzika, R.M., 2000.** What causes outbreaks of the gypsy moth in North America? *Population Ecology*, 42: 257-266.
- Mas, H. & Pérez, E., 2012.** Eficacia del difusor de feromona de *Lymantria dispar* Pherocon® GM. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 36: 179-182.
- McManus, M. & Csóka, G., 2007.** History and impact of gypsy moth in North America and comparison to recent outbreaks in Europe. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 3: 47-64.
- Montserrat, A., 2020.** Quants diners es menja la *Lymantria dispar*? *Catalunya Forestal (Consorci Forestal de Catalunya)*, 145 (octubre): 21-23.
- Riba-Flinch, J.M. & Pujade, J., 2008.** L'eruga peluda *Lymantria dispar*: estudi dels depredadors i parasitoides de les postes d'ous a Menorca. Servicio de Sanidad Forestal de las Islas Baleares. Available from: [http://www.caib.es/sites/sanitatforestal/ca/n/estudi\\_dels\\_depredadors\\_i\\_parasitoids\\_de\\_les\\_postes\\_dous\\_a\\_menorca\\_juliol\\_-\\_2007-46959/?mcont=3421](http://www.caib.es/sites/sanitatforestal/ca/n/estudi_dels_depredadors_i_parasitoids_de_les_postes_dous_a_menorca_juliol_-_2007-46959/?mcont=3421) (last access: 19-III-2022).
- Riba-Flinch, J.M., 2017.** *Lymantria dispar* - eruga peluda. Fitxes de Plagues i Malures, núm. 34. *Catalunya Forestal (Consorci Forestal de Catalunya)*, 132 (juny): 33-34.
- Sharov, A.A., Leonard, D., Liebhold, A.M. & Clemens, N.S., 2002.** Evaluation of preventive treatments in low-density Gypsy Moth populations using pheromone traps. *Journal of Economic Entomology*, 95 (6): 1205-1215.
- Torrell, T. & Riba-Flinch, J.M., 2020.** L'eruga peluda (*Lymantria dispar*): biología, danys associats, brots epidèmics i actuacions de control fetes pel DARP. *Silvicultura*, 81 (primavera): 21-26.
- USDA FS (US Department Agriculture, Forest Service), 2022.** *Lymantria dispar Digest. Defoliation – Custom Reports (1924-2019)*. Available from: <https://apps.fs.usda.gov/nicportal/lldigest/cfm/dsp/dspLdDigestHome.cfm> (last access: 19-III-2022).
- Villemant, C., 2010.** Le bombyx disparate en Europe méditerranéenne et en Afrique du nord: historiques des gradations, dynamique des populations et lutte». *Actes de la CIFE VI (Rabat), Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie*, 47: 97-106.

**Recibido:** 19 abril 2022  
**Aceptado:** 6 mayo 2022  
**Publicado en línea:** 7 mayo 2022

