



# 7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios  
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia  
Cáceres, Extremadura

---

---

7CFE01-487

---

---

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales  
**Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017**  
**ISBN 978-84-941695-2-6**

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Influencia del viento en la dispersión de *Monochamus galloprovincialis*

MAS I GISBERT, H.<sup>1</sup>, GALLEGO, D.<sup>2</sup>, PASTOR, C.<sup>1</sup>, BORDÓN, P.<sup>1</sup>, BIEL, M.J.<sup>1</sup>, ROVIRA, J.<sup>3</sup>, MARCO, M.<sup>3</sup>, PÉREZ-LAORGA, E.<sup>3</sup>, ETXEBESTE, I.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratori de sanitat forestal. cief. avda.comarques del país valencià, 114, 46930, quart de poblet (valència) vaersa-generalitat valenciana. hugo.mas@gmail.com

<sup>2</sup> Econex s.l.

<sup>3</sup> Conselleria d'agricultura, medi ambient, canvi climàtic i desenvolupament rural (generalitat valenciana)

<sup>4</sup> Neiker-tecnalia arkate, nekazal eta elikadura campusa, 01192 gasteiz, araba. inaki@goisolutions.net

### Resumen

La intensidad y dirección del viento son dos de los factores más determinantes en la dispersión pasiva de numerosos organismos, especialmente cuando se consideran los eventos de dispersión a larga distancia determinantes en la expansión de una enfermedad como el marchitamiento del pino, causada por el nematodo *Bursaphelenchus xylophilus*, y transmitida en Europa por cerambícido *Monochamus galloprovincialis*. Con el objetivo de estudiar el efecto del viento en los eventos dispersivos de *M. galloprovincialis*, un conjunto de 4 experimentos de marcaje-liberación-recaptura de fue instalado en la provincia de Castelló entre los años 2010 y 2012. El diseño experimental consistió en la colocación de un conjunto de trampas, cebadas con atrayentes, a distancias concretas alrededor de un punto fijo desde el cual fueron liberados los ejemplares de *M. galloprovincialis* previamente marcados. Los resultados mostraron que, dentro de la escala de estudio (superficies de centenares de hectáreas, vuelos de centenares de metros y promedios de periodos de libertad superiores a los 14 días), no hubo correlación entre el viento y la distancia o el rumbo de dispersión, por lo que no puede asumirse que exista una influencia significativa del viento dominante (dirección e intensidad) en la dispersión de *M. galloprovincialis*.

### Palabras clave

Dispersión, Cerambycidae, feromona, *Bursaphelenchus xylophilus*, Nematodo de la madera del pino

### 1. Introducción

La detección del nematodo de la madera del pino (NMP) *Bursaphelenchus xylophilus* en Portugal en 1999 (MOTA et al. 1999) generó una gran preocupación en Europa por los potencialmente enormes efectos negativos de esta enfermedad sobre los pinares europeos, desencadenando en una batería de medidas para frenar la expansión de la enfermedad (Decisiones de la Comisión Europea 2000/58/CE y 2012/535/UE, primera y última en relación al NMP). La mayoría de las medidas están enfocadas al control de su vector, *Monochamus galloprovincialis*, dado que la expansión de la enfermedad está directamente vinculada a la capacidad dispersiva de éste, tanto a su dispersión natural como a su dispersión antropocórica (ROBINET et al. 2009).

La dispersión es un mecanismo esencial en la dinámica de poblaciones de todas las especies. La capacidad de vuelo y dispersión de *M. galloprovincialis* ha sido estudiada recientemente (DAVID et al. 2014, ETXEBESTE et al. 2016). El inicio, la selección de la dirección, o la finalización del vuelo dispersivo en condiciones naturales se produce como resultado de una serie de cambios endógenos en el comportamiento del insecto, ligado tanto al tiempo de vuelo como a la percepción de un nutrido grupo de señales térmicas, olfativas, visuales, etc. (COMPTON 2002). En concreto, los compuestos volátiles emitidos por plantas u otros insectos poseen la capacidad potencial de proveer de información altamente específica a los insectos, pero la probabilidad de su detección disminuye con el aumento de la distancia al centro de emisión, y los gradientes de olor están sujetos a las turbulencias del aire (MURLIS et al. 1992, CARDÉ 1996). Además, éstos son necesariamente detectados a barlovento y frecuentemente de manera intermitente, por lo que los insectos deben

volar contra la dirección dominante del viento para alcanzar la fuente de emisión (COMPTON 2002). Aun así, en el proceso de detección de la fuente de emisión de los atrayentes, la disponibilidad de señales visuales de la propia fuente de olor, la distribución del olor afectada por las turbulencias del aire, el viento o los niveles de luz, entre otras variables, influyen en el éxito de estas maniobras (CARDÉ 1996). Además de esta búsqueda activa, numerosos organismos optan también por aprovechar el viento como mecanismo pasivo de dispersión.

El vuelo dispersivo de *M. galloprovincialis* está indudablemente influenciado por el viento, pero se desconoce la magnitud de tal influencia. Si bien se asume que los insectos no inician el vuelo en condiciones de vientos de intensidades superiores a 2 m/s (SÁNCHEZ-HUSILLOS et al. 2016), se desconoce la magnitud de la potencial deriva de vientos de intensidad inferior. La comprensión de estos fenómenos, facilitaría la toma de decisiones en el diseño de medidas para frenar y monitorizar la expansión del NMP.

## 2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es proporcionar información sobre la influencia del viento en los vuelos de dispersión de *M. galloprovincialis* mediante experimentos de marcaje-liberación-recaptura realizados en campo.

## 3. Metodología

### *Localización y diseño experimental*

Un conjunto de 4 experimentos de marcaje-liberación-recaptura de *M. galloprovincialis* fue instalado en la provincia de Castelló entre los años 2010 y 2012 (Figura 1). Los dispositivos de captura estuvieron formados por trampas cross-vane (Crosstrap®) o multi-embudo modificadas (ÁLVAREZ et al. 2015) cebadas con el atrayente cairomonal-feromonal Galloprotect Pack (PAJARES et al. 2010). La renovación de los cebos se realizó cada 6 semanas. El marcado de los insectos fue individualizado.

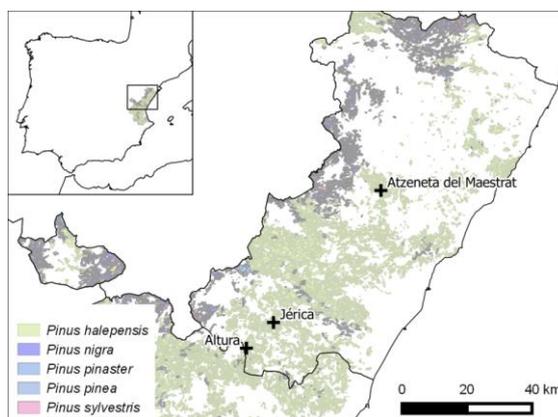


Figura 1. Localización de las diferentes áreas de estudio donde han sido realizados los experimentos: Jérica, (Exp2010), Altura (Exp2011/a) y Atzeneta del Maestrat (Exp2011/b y Exp2012), todos ellos en la provincia de Castelló.

El diseño experimental común a todos los experimentos fue la colocación de un conjunto de trampas, cebadas con atrayentes, a distancias concretas alrededor de un punto fijo desde el cual fueron liberados los ejemplares de *M. galloprovincialis* previamente marcados. Las trampas se colgaron de las ramas inferiores de los pinos o de una cuerda entre dos árboles, quedando la parte superior de la trampa a aproximadamente 1,8 m del suelo.

La liberación de insectos no nativos supuso su cría en laboratorio. Ésta se realizó a partir de trozas provenientes de árboles colonizados por *M. galloprovincialis* en condiciones naturales. Las trozas fueron transportadas a laboratorio e introducidas en jaulas y bidones de cría a temperatura ambiente a la espera de la emergencia de los adultos. Los adultos, una vez emergidos, fueron aislados individualmente en botes de plástico con un papel humedecido y reservados a 4°C hasta el momento de su marcado y liberación. Se intentó no mantener a los insectos en estas condiciones más de 3 días.

#### *Experimento 2010 (Jérica, Castelló)*

Se realizó en el MUP La Muela, Roquetillo y Feliciano (Jérica, Castelló) entre en 29 de mayo y el 10 de noviembre de 2010. El área de muestreo es una repoblación naturalizada de *Pinus halepensis* Mill. a una altitud entre 520 y 850 m. Se distribuyeron 16 trampas en tres círculos concéntricos alrededor de un punto de liberación de los insectos elegido al azar dentro del monte, y a diferentes distancias de éste (4 trampas a 100 m, 4 trampas a 250 m y 8 trampas a 500 m, Figura 2). Otras 6 trampas multi-embudo modificadas fueron colocadas fuera del área de muestreo principal: 3 a 2500 m de distancia del punto de liberación (39° 52' 39.72" N; 0° 32' 14.03" O) y 3 más a 5000 m. La frecuencia de muestreo fue semanal.

Un total de 487 individuos de *M. galloprovincialis* criados en laboratorio fueron liberados en la zona de estudio. Asimismo, un total de 670 insectos (430♀, 240♂) capturados fueron marcados y liberados de nuevo desde el punto de liberación.



Figura 2. Localización de las 16 trampas del Exp2010/b en el área de muestreo principal, con el punto de liberación en el centro. Fuera de esta área fueron colocadas otras 6 trampas vigía de vuelos de larga distancia. En color verde las masas forestales de *P. halepensis* según el IFN3 (2008).

#### *Experimento 2011/a (Altura, Castelló)*

Un segundo experimento en esta sección se desarrolló en el MUP Las Boqueras (Altura, Castelló) entre el 15 de junio y el 20 de noviembre de 2011. Las altitudes en la zona oscilaron entre los 400-1200 msnm. La amplia zona de estudio (> 48.000 ha) estuvo dominada por rodales irregulares de pino *P. halepensis*, aunque pudieron encontrarse otras especies de pino nunca en proporciones superiores al 5% del rodal. Treinta y seis trampas modificadas fueron utilizadas para monitorizar la dispersión de *M. galloprovincialis* bajo dos regímenes de captura. Por un lado, un total de 19 trampas se colocaron con una distribución regular al tresbolillo (disposición 3-4-5-4-3) en un rodal de pinos continuo, aunque heterogéneo en su estructura de masa, de aproximadamente 400 ha. Por otra parte, 17 trampas adicionales fueron instaladas en manchas de bosque con un predominio de *P. halepensis* en dos anillos concéntricos a distancias de 4 a 6 km y 10 km adaptándose la distribución de las manchas de vegetación a esas distancias (Figura 3). Un total de 1568 ejemplares de *M. galloprovincialis* fueron liberados en la zona de estudio. De éstos, un grupo de

473, criados en laboratorio, fueron liberados desde el punto de liberación, coincidente con la trampa central (Figura 3), en el momento en que las trampas se habían retirado del monte, es decir, en ausencia de fuentes artificiales de feromona y cairomona. Otro grupo de 463 individuos de origen nativo (es decir, capturados y marcados) fue liberado en dos puntos de la red central, a 250 m de la trampa central (equidistante entre la trampa 15 y la 8, y entre la trampa 15 y la 14, respectivamente). Un último grupo de 632 *M. galloprovincialis* nativos fueron capturados, marcados y liberados en el mismo punto de su captura en el momento de retirada de las trampas (es decir, de nuevo sin presencia de fuentes artificiales de atrayente en campo) (Figura 3). (Véase ETXEBESTE et al. (2016) para más detalles de los procedimientos y resultados).

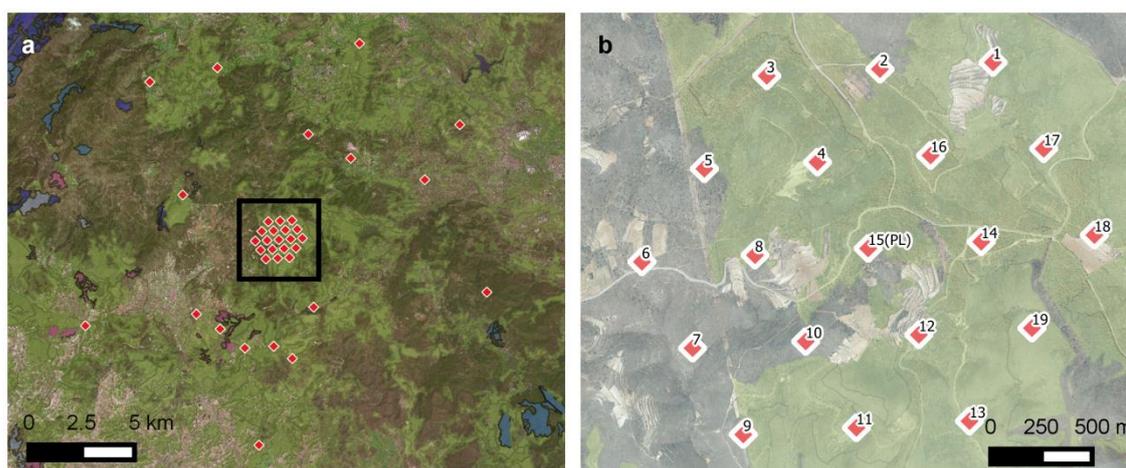


Figura 3. Localización general de las trampas del Exp2011/a, ubicado en Altura (Castelló): (a) Área de estudio total y (b): detalle del área central.

#### Experimento 2011/b (Atzeneta del Maestrat, Castelló)

Se desarrolló en los términos municipales de Atzeneta del Maestrat, Torre d'En Besora, Culla, Benafigos y Vistabella del Maestrat (Castelló) entre el 29 de junio y el 22 de noviembre de 2011. El área de muestreo es un mosaico agrícola-forestal compuesto por una masa arbolada continua de *P. halepensis* en una elevación del terreno que se extiende de sur a norte a lo largo de más de 10 km, flanqueada por dos valles a este y oeste ocupados principalmente por terrenos de cultivo (olivos y almendros), y flanqueados éstos, de nuevo a este y a oeste respectivamente, por masas forestales continuas que ocupan las cotas más altas de las elevaciones de terreno. Se colocaron un total de 19 trampas tipo multiembudo y Crosstrap® modificadas conforme a la siguiente distribución: 10 trampas en la misma masa forestal donde se liberaron los insectos, a aproximadamente 3, 4 y 5 Km. del punto de liberación ( $40^{\circ} 14' 14.73''N$ ;  $0^{\circ} 7' 31.57'' O$ ) en dirección norte y sur; 6 trampas en masas arboladas separadas por terrenos de cultivo y situadas a aproximadamente 3, 4, 5, 6 y 7 Km. al oeste del punto de liberación; y 3 trampas en masas arboladas separadas por terrenos de cultivo a aproximadamente 3, 4 y 5 Km. al este del punto de liberación (Figura 4). La frecuencia de muestreo fue semanal. Los insectos capturados fueron marcados y liberados desde el punto de liberación tras cada muestreo semanal. No se liberaron insectos criados en laboratorio.



Figura 4. Localización de las trampas y del punto de liberación central (amarillo) en el área de estudio del Exp2011/b, ubicado en Atzeneta del Maestrat (Castelló).

#### Experimento 2012 (Atzeneta del Maestrat, Castelló)

Un experimento de marcaje-liberación-recaptura de *M. galloprovincialis* fue realizado en una parcela de 1,5 km por 1,5 km en los términos municipales de Atzeneta del Maestrat (Castelló) y Torre d'En Besora (Castelló) en el año 2012. El paisaje del área de estudio es un fondo de valle de matriz agrícola de secano (fundamentalmente cereales, almendros y olivos) con un mosaico forestal en el cual predominan masas adultas de *P. halepensis*, formando manchas de extensión variable. El valle se encuentra flanqueado por dos elevaciones de terreno que se extienden en dirección noreste-suroeste a lo largo de más de 10 km y ocupadas por masas forestales adultas de *P. halepensis* relativamente continuas (Figura 5).

En la parcela de estudio fueron colocadas un total de 16 trampas tipo Crosstrap® modificada (GALLEGO et al. 2012), dispuestas en gradilla con una separación entre trampas de 500 m. La gradilla fue colocada en el área de estudio de manera aleatoria de modo que las trampas ocuparon puntos en el interior de las masas forestales o fuera de ellas. El experimento se mantuvo entre el 26 de junio y 02 de noviembre 2012 y fue muestreado semanalmente.

Un total de 476 individuos de *M. galloprovincialis* emergidos en laboratorio, provenientes de árboles quemados en un incendio forestal ocurrido el 02 de julio de 2011 en Real de Montroi (València) (MAS, 2015), fueron liberados en la zona de estudio. Tras la emergencia, los insectos fueron conservados de forma individualizada a una temperatura de 4-8°C, sin alimentación pero evitando su desecación. El tiempo entre la emergencia de los adultos y su liberación fue menor de una semana, y sólo fueron liberados los insectos que se encontraban en condiciones óptimas para la evaluación de su dispersión. La liberación de los insectos inmaduros se realizó desde el punto central de la gradilla (Figura 5).

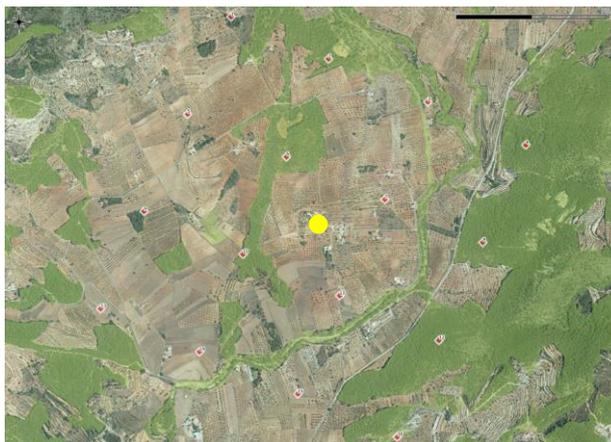


Figura 5. Localización de las trampas y del punto de liberación central (amarillo) en el área de estudio del Exp2012, ubicado en Atzeneta del Maestrat (Castelló).

El estudio de la influencia del viento fue abordado mediante el cómputo de una regresión entre las variables 'viento' y 'desplazamiento'. Tomando las fechas de suelta y recaptura como referencia, se filtraron los datos meteorológicos comprendidos entre ambas fechas (fuente AEMET), de forma que pudiese evaluarse exclusivamente las variables de viento que afectasen al periodo de dispersión de cada insecto. Los datos de viento disponibles estuvieron compuestos por tres observaciones diarias de dirección e intensidad tomadas a las 9, 14 y 18 horas. Estos datos se convirtieron a variables circulares utilizando la librería "circular" de R (AGOSTINELLI Y LUND 2013). Para computar la dirección dominante se siguió el siguiente algoritmo: (a) Si el número de días con registros válidos de vientos entre la suelta y la recaptura fue 1, no se realizó ningún cálculo, y se seleccionó la dirección correspondiente al día de suelta. (b) Si el número de días con registros válidos de vientos entre la suelta y la recaptura fue 2, se tomó como dominante el primero cronológicamente, asumiendo que en el caso de que el desplazamiento de *M. galloprovincialis* se viese afectado por el viento, lo sería inmediatamente después de la suelta, ya que los insectos se lanzaron al vuelo al liberarlos. (c) En el resto de los casos (la mayoría), se calculó la densidad estadística de observaciones de vientos. Una vez computada la densidad, se halló el pico de tal curva, que se estableció como la dirección dominante. Finalmente, la velocidad asociada a la dirección dominante se calculó teniendo en cuenta el registro asociado a la dirección del viento cuando la lectura fue única, y para el resto los registros en un rango de +/- 50 grados de la dirección dominante. La velocidad asociada resultante fue la velocidad media de los registros.

#### 4. Resultados

La influencia del viento fue analizada para cada experimento teniendo en cuenta el diferente momento horario de toma de datos del viento (9h, 14h y 18h). En la Figura 6 se representa el caso de la regresión entre la dirección y velocidad del viento y el rumbo del desplazamiento para cada experimento a las 18h. Los restantes análisis (tomando en cuenta el viento a 9h y 14h) mostraron la misma de falta de correlación entre ambas variables.

El análisis de la influencia del sexo y de la procedencia de los insectos (nativos o criados en laboratorio) en sus desplazamientos en función del viento dominante en cada una de las tres horas diferentes del día tampoco mostró correlación alguna.

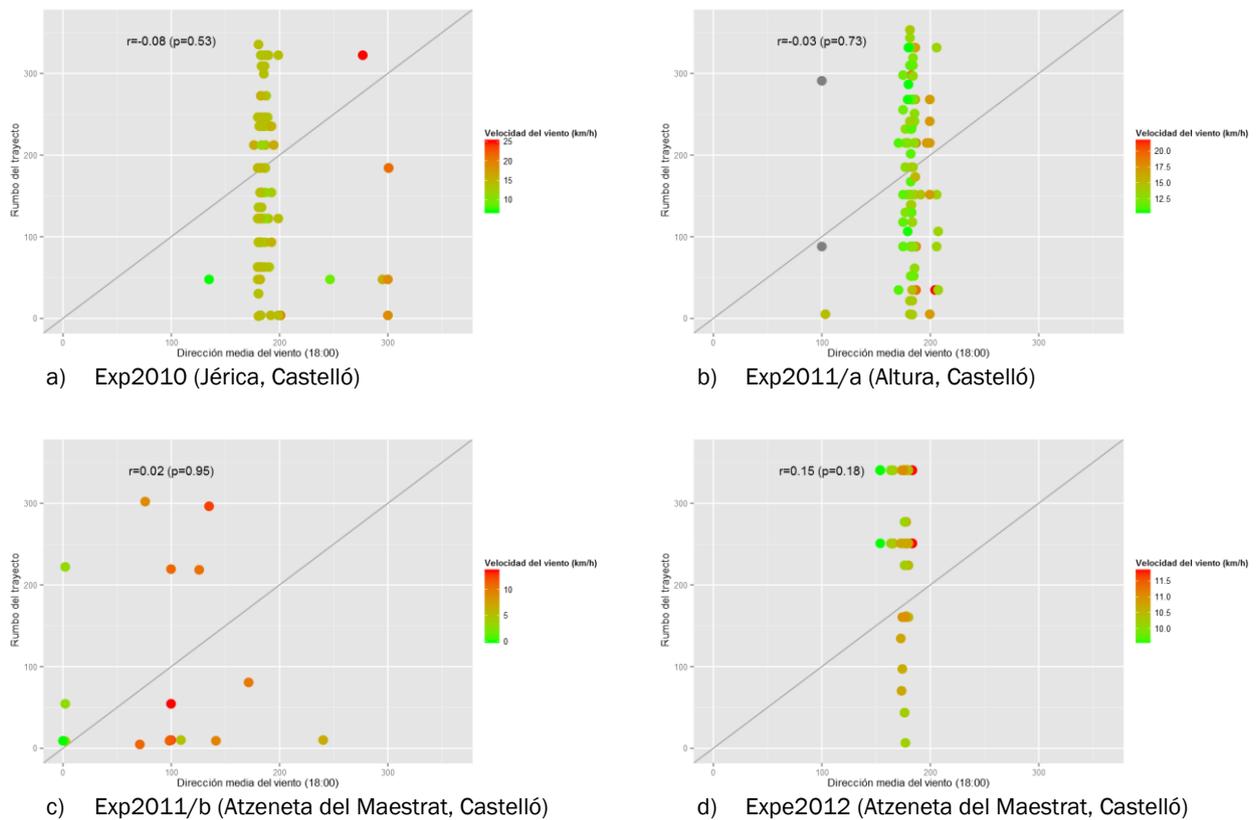
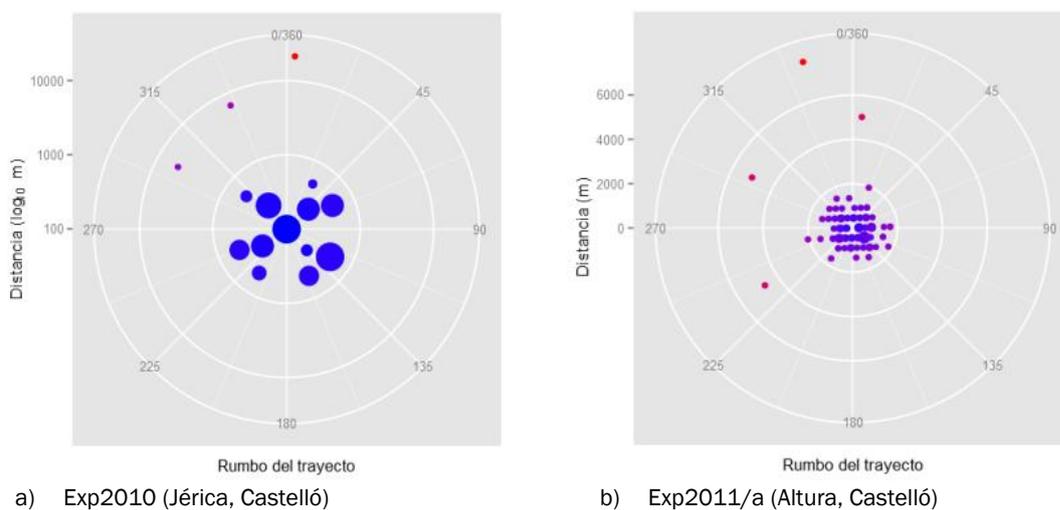


Figura 6. Representación gráfica de la regresión entre la dirección y velocidad del viento (medido a las 18 h) y el rumbo del desplazamiento de *M. galloprovincialis* durante su periodo en libertad para todos los experimentos realizados.

En la Figura 7 puede observarse la distribución de las capturas en función de la distancia al punto de liberación y el rumbo del desplazamiento. No se observa ningún sesgo direccional significativo en el desplazamiento realizado por los individuos recapturados.



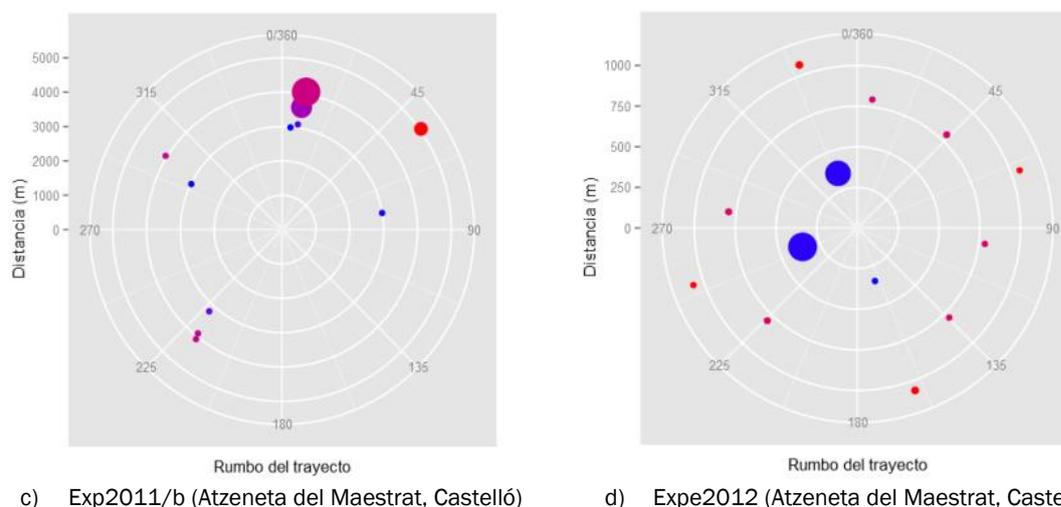


Figura 7. Distribución de las capturas de *M. galloprovincialis* en función de la distancia al punto de liberación y el rumbo del desplazamiento para todos los experimentos realizados. A mayor tamaño de los círculos, mayor número de capturas.

## 5. Discusión

El conocimiento de las variables que influyen en la dispersión de *M. galloprovincialis* es fundamental para afrontar el control del NMP, ya que su difusión a lo largo de Europa, depende, en último término, de la dispersión del vector. No obstante, pese a su gran importancia, esta cuestión ha sido poco abordada en los estudios desarrollados hasta ahora.

Nuestros resultados muestran que las recapturas de *M. galloprovincialis* no estuvieron influidas significativamente por la dirección ni la intensidad del viento dominante, al menos a la escala estudiada y dentro de los rangos de intensidad registrados en los ensayos. Esto hace suponer que existen otras variables que condicionan de manera más determinante el vuelo de esta especie, o bien que si el viento afecta a la dispersión de este insecto, no lo hace durante todo el tiempo transcurrido entre la suelta y la recaptura, sino sólo puntualmente, por lo que la determinación de su efecto no resulta posible dentro de los márgenes de este estudio.

El análisis ha sido realizado en cuatro experimentos ubicados en áreas de estudio muy diferentes en tamaño y en estructura: desde masas relativamente fragmentadas pero con presencia continua de pinos (Exp2010 y Exp2011/a), hasta masas verdaderamente fragmentadas, representantes de mosaicos agroforestales, con amplias zonas totalmente desprovistas de pinos (Exp2011/b y Exp2012). En ninguno de los experimentos se ha podido comprobar que existiese una orientación principal en los rumbos de los trayectos realizados por los insectos liberados-recapturados (Figura 7) y, en cualquier caso, estos rumbos no han mostrado correlación alguna con los de los vientos dominantes de los periodos en los que cada uno de los individuos ha estado libre (es decir, desde su fecha de liberación hasta su fecha de recaptura) (Figura 6). Asimismo, la influencia del viento tampoco se ha observado por razón de sexo o de procedencia de los insectos (nativos frente criados en laboratorio)

Estos resultados no son coincidentes con los escasos estudios realizados hasta la fecha sobre este aspecto. BONIFÁCIO (2009) observó que el vuelo de *M. galloprovincialis* se orientaba mayoritariamente a favor de viento, concluyendo que éste condicionaba la dispersión de los volátiles y, por tanto, la orientación de los insectos hacia las fuentes emisoras. La parcela de estudio en ese trabajo era muy reducida (0.3 ha) comparada con las estudiadas en este trabajo, y las distancias recorridas por los insectos recapturados fueron, consecuentemente, mucho menores a las aportadas aquí. Por otro lado, si bien incluyeron trampeos con atrayentes, éstos fueron diferentes a los utilizados

en este trabajo, ya que fueron realizados con anterioridad al desarrollo del cebo atrayente conteniendo la feromona emitida por los machos de *M. galloprovincialis* (PAJARES et al. 2010). Por lo tanto estos resultados no deberían ser considerados representativos del comportamiento dispersivo de *M. galloprovincialis* en condiciones naturales, toda vez que los estudios más recientes (DAVID et al. 2014, ETXEBESTE et al. 2016, SANCHEZ-HUSILLOS et al. 2015b, TORRES-VILA et al. 2015) han mostrado una capacidad de vuelo de *M. galloprovincialis* mucho mayor a la estudiada por BONIFÁCIO (2009).

GALLEGO et al. (2012) mostraron también la existencia de una correlación entre la orientación de los desplazamientos de los insectos y la dirección de los vientos dominantes en un estudio realizado sobre un paisaje de mosaico agroforestal y en una superficie mucho mayor. En él se forzaba a insectos maduros a dispersarse en busca de alimentación o material de reproducción desde una zona desprovista de masa forestal. No obstante, en ese estudio se puede apreciar una fuerte colinealidad entre la orientación de la distribución de las manchas de pinar y la dirección de los vientos dominantes, por lo que parece razonable pensar que podría ser la presencia de estas masas forestales en un paisaje fragmentado la variable determinante en la dirección principal de la dispersión, con independencia del efecto que el viento produzca en ella. El contraejemplo a esta situación concreta puede ser observado en el Exp2012 de este trabajo (Figura 5), que también fue realizado sobre un paisaje de mosaico agroforestal, y en condiciones muy similares a las estudiadas por GALLEGO et al. (2012), pero con la utilización de insectos inmaduros y con una presencia homogénea de trampas en el área de estudio. En este experimento nuestros resultados tampoco mostraron una correlación entre la dirección de los vientos dominantes y la dirección de los vuelos, sino que el máximo de capturas se obtuvo en las trampas ubicadas en los parches de vegetación de pinar más cercanos al punto de liberación, independientemente de la dirección que tomaran los vientos dominantes, lo cual también es coincidente con los resultados de GALLEGO et al. (2012). Si bien la madurez sexual de los insectos podría marcar alguna diferencia, no es esperable que esto suceda ya que los estudios de SANCHEZ-HUSILLOS et al. (2015b) han mostrado patrones de dispersión similares para insectos maduros e inmaduros.

Según HARDIE y MINKS (1999) y ZHANG y SCHLYTER (2004), la amplia diversidad de señales infoquímicas presentes en el ambiente determina una secuencia en la elección del material hospedante por parte de insectos perforadores, de forma que, en su proceso dispersivo, en primer lugar se produce una selección del hábitat (detección de la masa forestal), en segundo lugar una selección de la especie hospedante más adecuada dentro de la masa y, por último, la elección del árbol hospedador concreto más adecuado para la colonización. Y son diferentes señales infoquímicas (cualitativa y cuantitativamente) las que determinan cada paso de este proceso. En coherencia con ello, CARDÉ (1996) indicó que las masas vegetales tienden a formar grandes y difusas plumas de olor, lo cual se considera que mejora la viabilidad de las estrategias anemotácticas, puesto que no requieren necesariamente el encuentro cara a cara típico de la búsqueda de plumas discretas de feromonas con una fuente de emisión puntual.

Por todo ello, parece razonable pensar que, en zonas de mosaico agroforestal, el viento pueda tener una mayor influencia en la detección de los parches de vegetación, aunque otras muchas variables puedan intervenir en los rumbos de dichos vuelos, como por ejemplo la disponibilidad de señales visuales de la propia fuente de olor o, fundamentalmente, la cercanía de las mismas. Y sin embargo, en virtud de lo expuesto, también es razonable pensar que, una vez alcanzadas las zonas forestales, cubiertas fundamentalmente por material hospedante, la presencia y distribución de los paquetes de olor de manera masiva en el ambiente marque un comportamiento diferente y tomen más importancia las emisiones puntuales de feromonas y otros atrayentes para la elección de hospedantes concretos (HARDIE Y MINKS 1999, ZHANG Y SCHLYTER 2004).

En resumen, los resultados de este trabajo deben ser examinados en el contexto de la complejidad del comportamiento de las plumas de olor a largas distancias. Aunque no está en discusión que el

viento condiciona la dispersión de los volátiles, y que la detección de éstos condiciona a su vez la orientación de los vuelos puntuales de *M. galloprovincialis*, nuestros estudios, evaluando la influencia del viento en la dispersión del insecto en superficies muy extensas, con registros de vuelos muy largos, y con promedios de periodos en libertad muy amplios (un promedio de 14 días entre la liberación y la recaptura), muestran que no puede asumirse que exista una influencia significativa del viento en la dispersión de *M. galloprovincialis*, al menos con los datos actualmente disponibles.

## 6. Conclusiones

No se ha podido demostrar la influencia de la dirección e intensidad de los vientos dominantes en la dispersión de *M. galloprovincialis* a escala de paisaje, con registros de vuelo a larga distancia y de larga duración.

## 7. Agradecimientos

A Gloria Romero y Pau Ferrer, Agentes Medioambientales Salvador, Miguel Ángel, Papapi y León, al personal del CIEF, especialmente, Vicent, Jesu e Isidre.

## 8. Bibliografía

AGOSTINELLI, C. y U. LUND (2013). R package 'circular': Circular Statistics (version 0.4-7). URL <https://r-forge.r-project.org/projects/circular/>.

BARATA, E. N. y J. ARAÚJO (2001). Olfactory orientation responses of the eucalyptus woodborer, *Phoracantha semipunctata*, to host plant in a wind tunnel. *Physiological Entomology* 26(1): 26-37.

BONIFACIO, L. (2009). Impacte e Evolução da Doença da Muchidão dos Pinheiros (Pine Wilt Disease) na Zona Afectada a Sul do Rio Tejo. Doutoramento em Biología PhD, Universidade de Lisboa, Lisboa, 222

CARDÉ, R. T. (1996). Odour plumes and odour-mediated flight in insects. *Olfaction in mosquito-host interactions* 200: 54-70.

COMPTON, S. G. (2002). Sailing with the wind: dispersal by small flying insects. *Dispersal ecology*: 113-133.

DAVID, G., B. GIFFARD, D. PIOU y H. JACTEL (2014). Dispersal capacity of *Monochamus galloprovincialis*, the European vector of the pine wood nematode, on flight mills. *Journal of Applied Entomology* 138(8): 566-576.

ETXEBESTE, I., E. SANCHEZ-HUSILLOS, G. ÁLVAREZ, H. MAS I GISBERT y J. PAJARES (2015). Dispersal of *Monochamus galloprovincialis* (Col.: Cerambycidae) as recorded by mark-release recapture using pheromone traps. *Journal of Applied Entomology*: In press.

GALLEGO, D., F. SANCHEZ-GARCÍA, H. MAS, M. CAMPO y J. L. L. GUTIÉRREZ (2012). Estudio de la capacidad de vuelo a larga distancia de "*Monochamus galloprovincialis*" (Olivier 1795) (Coleoptera: Cerambycidae) en un mosaico agro-forestal. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas* 38(1): 109-124.

HARDIE, J. y A. K. MINKS (1999). Pheromones of non-lepidopteran insects associated with agricultural plants, CABI publishing.

MAS, HUGO (2015). Fenología y capacidad de dispersión de *Monochamus galloprovincialis* (Olivier 1795) en la Península Ibérica = Phenology and dispersal ability of *Monochamus galloprovincialis* (Olivier 1795) at Iberian Peninsula. Tesis (Doctoral). Doctorado en Ingeniería de Montes PhD. Universidad Politécnica de Madrid, 247.

MOTA, M. M., H. BRAASCH, M. A. BRAVO, A. C. PENAS, W. BURGERMEISTER, K. METGE y E. SOUSA (1999). First report of *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and in Europe. *Nematology* 1: 727-734.

- MURLIS, J., J. S. ELKINTON y R. T. CARDE (1992). Odor plumes and how insects use them. *Annual Review of Entomology* 37(1): 505-532.
- NATHAN, R., G. PERRY, J. T. CRONIN, A. E. STRAND y M. L. CAIN (2003a). Methods for estimating long-distance dispersal. *Oikos* 103(2): 261-273.
- PAJARES, J. A., G. ALVAREZ, F. IBEAS, D. GALLEGO, D. R. HALL y D. I. FARMAN (2010). Identification and field activity of a male-produced aggregation pheromone in the pine sawyer beetle, *Monochamus galloprovincialis*. *Journal of Chemical Ecology* 36(6): 570-583.
- RANIUS, T. (2006). Measuring the dispersal of saproxylic insects: a key characteristic for their conservation. *Population Ecology* 48(3): 177-188.
- ROBINET, C., A. ROQUES, H. PAN, G. FANG, J. YE, Y. ZHANG y J. SUN (2009). Role of Human-Mediated Dispersal in the Spread of the Pinewood Nematode in China. *PLoS ONE* 4(2): e4646.
- SANCHEZ-HUSILLOS, E., I. ETXEBESTE y J. PAJARES (2015b). Physiological development and dispersal ability of newly emerged *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera: Cerambycidae). *Entomologia Experimentalis Et Applicata*: Enviado.
- TORRES-VILA, L. M., C. ZUGASTI, J. M. DE-JUAN, M. J. OLIVA, C. MONTERO, F. J. MENDIOLA, Y. CONEJO, Á. SÁNCHEZ, F. FERNÁNDEZ, F. PONCE y G. ESPÁRRAGO (2015). Mark-recapture of *Monochamus galloprovincialis* with semiochemical-baited traps: population density, attraction distance, flight behaviour and mass trapping efficiency. *Forestry* 88(2): 224-236.
- YAMAMURA, K., M. KISHITA, N. ARAKAKI, F. KAWAMURA y Y. SADOYAMA (2003). Estimation of dispersal distance by mark-recapture experiments using traps: correction of bias caused by the artificial removal by traps. *Population Ecology* 45(2): 149-155.
- ZHANG, Q. H. y F. SCHLYTER (2004). Olfactory recognition and behavioural avoidance of angiosperm nonhost volatiles by conifer-inhabiting bark beetles. *Agricultural and Forest Entomology* 6(1): 1-20.