



2022
Lleida

27 · 1
junio · juny
juliol · juliol

Cataluña
Catalunya

8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**

8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya · 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales



Organiza

Ensayo de tratamiento con confusión sexual para el control de la procesionaria del pino *Thaumetopoea pityocampa* en parques forestales de Madrid

HIERNAUX CANDELAS, L.¹, y HURTADO HERNÁNDEZ, A.²

¹ Ingeniero de Montes. Gerente de INFFE, S. L.

² Ingeniero Técnico Forestal. Jefe de equipo técnico de INFFE, S. L.

Resumen

La Procesionaria del Pino, *Thaumetopoea pityocampa*, es la plaga más importante en áreas urbanizadas. Además de ocasionar defoliaciones intensas y extensas, es de las pocas plagas que supone un grave problema desde el punto de vista de la salud pública, debido a su alto poder urticante. Debido a la pérdida de numerosas herramientas fitosanitarias en los últimos años, la implementación de la confusión sexual en espacios verdes urbanos y periurbanos resulta clave para el control de plagas. La actual legislación no permite los tratamientos aéreos salvo casos excepcionales y los tratamientos terrestres no siempre son viables. La confusión sexual es un método de control eficaz empleado desde hace décadas en agricultura pero apenas desarrollado en el ámbito forestal. En 2016 y 2017 el INRA ensayó en Francia una formulación y metodología de aplicación desarrollada por el laboratorio M2i Life Sciences, líder mundial en el ámbito de las feromonas para la protección de los cultivos: Pine T Pro Ball® (materia activa: (Z)-13-hexadecen-11-yn-1-yl acetato) aplicado con marcadoras de Paintball (PAL et al., 2018). Durante el verano de 2020, el Ayuntamiento de Madrid fue pionero en emplear por primera vez en España esta técnica, llevando a cabo el tratamiento de 20 ha en 2 Parques Forestales de la periferia de Madrid con 2 dosis diferentes. El actual trabajo presenta los resultados obtenidos tras el segundo año de aplicación, evaluando las eficacias en la reducción del nº de mariposas y de bolsones.

Palabras clave

Confusión sexual, procesionaria, bioprotección, interrupción de cópulas, Phero Ball, pine T Pro Ball, trampas G, *Thaumetopoea pityocampa*, control biológico, gestión integrada, control de plagas, Ayuntamiento de Madrid.

1. Introducción

La Procesionaria del Pino, *Thaumetopoea pityocampa*, es el mayor defoliador de pinos y cedros en el área mediterránea (BONNET et al., 2006). Su distribución en casi todos los ecosistemas de nuestro país, la extensión de las masas afectadas y la localización en zonas recreativas o de alta presencia humana como parques y jardines, hace que se necesiten métodos de control y erradicación alternativos al uso de productos químicos. La aplicación de estos tratamientos debe ser simple, económica y respetuosa con el medio ambiente. Existen múltiples métodos de control de esta plaga que resultan complementarios entre sí tales como: la captura de imagos con trampas G, la recogida de orugas con anillos, la retirada manual de bolsones en los árboles, la instalación de cajas para murciélagos y aves insectívoras (BARBARO & BATTISTI, 2011) e incluso la endoterapia en casos muy puntuales.

La confusión sexual o interrupción de la cópula es un método de bioprotección que ha demostrado ser altamente efectivo para luchar contra distintos lepidópteros. Su desarrollo se ha centrado básicamente en el ámbito agrario y apenas en el forestal (GUERRERO, 1998; HALPERIN, 1986 y QUERO et al., 1995). En el primero existen casos de éxito demostrado en plagas muy importantes como la polilla de la vid: *Lobesia botrana*, o la carpocapsa de los frutales: *Cydia pomonella* (FERNANDEZ HUERTA et al., 2012; LUCCHI et al., 2015).

En el segundo la información es mucho más escasa, aunque ya se ha demostrado su eficacia sobre *Lymantria dispar* y *Orgyia pseudotsugata* (TREMATERRA & COLACCI, 2019). Los primeros trabajos en procesionaria del pino se encuentran desde hace poco más de dos décadas (PARRILLA & GUERRERO, 1993.). También muy recientemente se ha comprobado su efectividad en áreas recreativas de Italia y Grecia (TREMATERRA et al., 2019). Estas últimas experiencias se basan en la utilización de una pasta de feromonas que se aplica en ramas y troncos cuyo mayor inconveniente es el bajo rendimiento de aplicación y la imposibilidad de su empleo en zonas de elevado uso público.

2. Objetivos

Tras el segundo año de aplicación consecutivo, se pretende comprobar el grado de efectividad de uno de los métodos menos implementados para el control de la procesionaria, plaga que en los últimos años está aumentando considerablemente sus poblaciones en todo el ámbito circunmediterráneo (MARTIN & FREROT, 2005; KHAIRALLAH, 2020). También se discutirá la necesidad de ajustar las dosis a la realidad de cada masa forestal objeto de tratamiento.

3. Metodología

FUNDAMENTOS GENERALES Y APLICACIÓN EN CAMPO

La difusión de la feromona sexual se realiza a través de un gel microencapsulado (Pine T pro ball® comercializado en España por Blue Heron Plant BioDynamics) que se lanza a la copa de los árboles mediante una marcadora de aire comprimido tipo "Paint ball". La microencapsulación es un proceso mediante el cual una sustancia es introducida en una matriz o sistema pared con el objetivo de conseguir controlar su biodisponibilidad, ya que se libera de una manera conocida y controlada. Cada bola aporta 0,1 g de una suspensión concentrada de feromona y está fabricada con una carcasa de origen vegetal totalmente biodegradable. El producto se difunde lentamente y de manera efectiva durante un período de 120 días. La distribución se realiza preferentemente a partir de los 6 metros de altura de modo que las bolas impacten de manera repartida por el tronco y la copa impregnando el árbol. El formato de aplicación resulta innovador, práctico y fácil de usar, adecuado para todo tipo de situaciones y relieves pudiendo ajustar la dosis a cada paso.

Con la finalidad de maximizar el efecto de confusión del producto, se tuvieron en cuenta las curvas de vuelo del insecto obtenidas durante la primera campaña del 2020. De esta manera, en 2021 la aplicación se retrasó unos 15 días respecto al año anterior, efectuándose durante los días 28 y 29 de junio.

Ha de seguirse un plan de aplicación de modo que el nº de bolas/ha se adapte a la superficie a proteger teniendo en cuenta la estructura de cada masa de pinar, su configuración y nivel de infestación. Es recomendable aplicar sobre las caras de los árboles orientadas al sur, ya que son las preferidas para la puesta de las mariposas. También es importante tratar los bordes de la parcela así como insistir especialmente sobre los árboles más altos o aislados.

La presión de plaga se considera baja o moderada hasta 10 bolsones/árbol. Para zonas forestales y a partir de 0,5 Ha. Se siguió la siguiente tabla de referencia (según fabricante), teniendo en cuenta que la dosis máxima autorizada por hectárea es de 400 bolas (Tabla 1).

Tabla 1. Dosis de aplicación en función de la superficie y su grado de infestación.

Dosis de aplicación											
Área de la parcela (Ha)	0,5	1	2	4	10	25	50	100	200	400	

Nº bolas/Ha (niveles altos infestación)	550	290	220	160	110	70	50	35	25	20
Nº bolas/Ha (niveles bajos infestación)	365	180	135	100	70	45	30	25	15	10

DISEÑO Y EJECUCIÓN DEL TRATAMIENTO

Para este estudio se han elegido dos emplazamientos representativos de las masas forestales que gestiona el Ayuntamiento de Madrid, El Parque Forestal de la Casa de Campo de Madrid y el Parque Forestal de Tres Cantos (Figura 1). En el primer caso se trata de una zona de uso público intensivo pegado al área urbana. El segundo es de acceso restringido, linda con el norte del monte del Pardo y es un área más naturalizada. Entre sí, existe una distancia en línea recta de aproximadamente 18 km., situándose Tres Cantos más al norte.

En ambas áreas se mantuvieron exactamente las mismas parcelas con la finalidad de poder comparar los resultados entre dos años consecutivos. En base a la valoración de rodales con grados de infestación de los dos inviernos anteriores al 2020, en la Casa de Campo se consideró una población de partida de la plaga baja mientras que en Tres Cantos se estimó moderada.

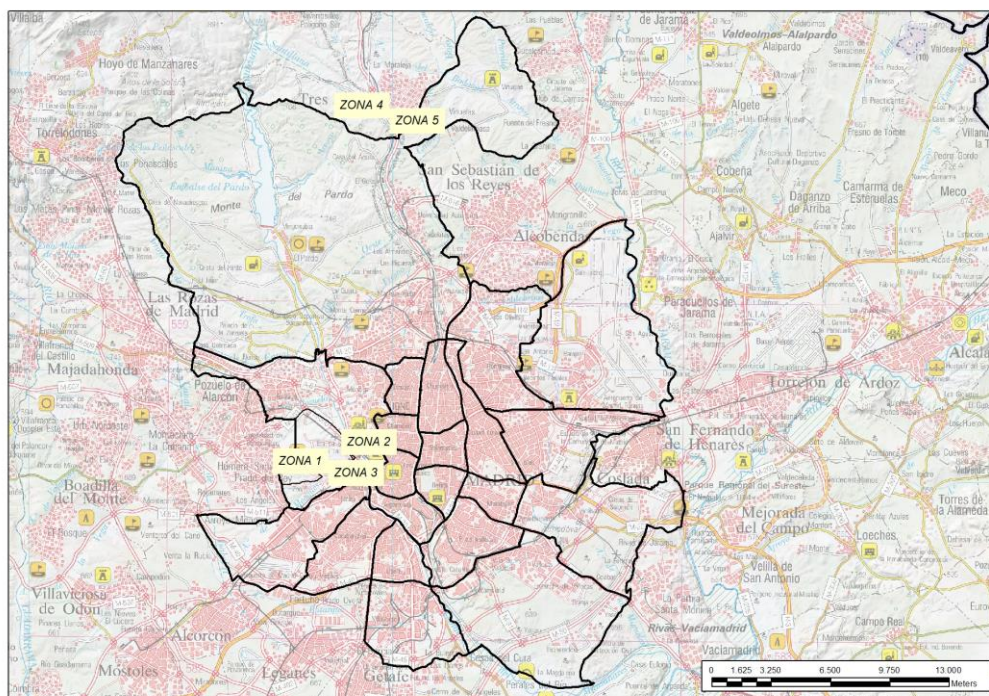


Figura 1. Ubicación de las zonas de ensayo.

Entre ambos emplazamientos se realizaron un total de 5 repeticiones: 3 en la Casa de Campo y 2 en Tres Cantos. En la Tabla 2 se muestran las características básicas de cada zona de ensayo así como la dosis aplicada. En cada escenario (repeticón) se replantearon en campo 2 tipos de parcelas, una tratada con Pine T pro ball® y otra control. Según lo establecido en la Tabla 1, la aplicación de dosis fue máxima para el caso de la Casa de Campo y mínima para la zona forestal de Tres Cantos. En la Tabla-2 se han actualizado las densidades del arbolado teniendo en cuenta las pérdidas ocasionadas por Filomena.

En cada rodal se aplicó el nº de bolas programado en dos pasadas, una inicial perimetral y otra más interior en una franja comprendida entre los 15 y 30 metros en función de cada configuración (orografía y ubicación de pies). De este modo la superficie tratada queda impregnada con un “doble

anillo" (uno exterior y otro interior) de tal modo que se olgra toda una banda tratada. El tratamiento de 2020 se efectuó a lo largo de los días 28 y 29 de junio y el de 2021 los días 15 y 16 de julio. Para ello se balizó cada rodal estableciendo un perímetro de seguridad de 10 metros de margen. Se colocaron carteles informativos y se aplicó durante las primeras horas de la mañana para minimizar la posible presencia de público circundante.

Tabla 2. Características de las parcelas de ensayo y dosis de aplicación. CC: Casa de Campo; TC: Tres Cantos. Junio 2020 y 2021.

Escenario	Parcela	Área (ha)	Orientación	Perímetro área tratada	Dist.entre áreas (m)	Clase edad	Densidad 2020 pies/ha	Densidad 2021 pies/ha*	H media	% parcela en borde
CC-ZONA 1	Rodajos	3,50	Todos los	1074,9	930	fustal medio	350	280	10	42,79
	El Pocillo – Test.	3,50	Todos los	819,4	930	fustal medio bajo	400	280	8	0,00
CC-ZONA 2	Paseo Piñoneros A	3,50	NO-SE	864,0	490	fustal alto	300	285	16	38,20
	Covatillas – Test.	3,50	NO-SE	878,9	490	fustal alto	300	270	16	26,17
CC-ZONA 3	El Renegado	0,50	NE-SO	345,4	250	fustal bajo	450	225	8	39,08
	El Renegado –Test.	0,50	NE-SO	314,2	250	fustal bajo	500	250	7	6,68
TC-ZONA 4	Pinar Repoblación	1,17	NO-SE	826,4	260	latizal alto	500	490	4	7,26
	Pinar Repoblación – Test.	0,44	NO-SE	338,3	260	latizal alto	500	490	4	26,60
TC-ZONA 5	El Separado	10,00	NO-SE	1565,7	475	fustal medio	150	147	14	100,00
	Oeste del Separado - Test.	10,00	Todos los	1451,1	475	fustal medio	150	147	14	4,48

* Recalculado tras Filomena.

SEGUIMIENTO Y CONTROL DE EFICACIA

En cada parcela se dispusieron distintas trampas G, habitualmente empleadas para llevar a cabo el monitoreo de adultos (CHENCHOUNI *et al.*, 2010) según se muestra en la Tabla 3. La distribución de las mismas fue equidistante y en las mismas orientaciones entre cada pareja de parcelas (tratada y testigo) para minimizar la posible influencia de los vientos dominantes.

La periodicidad de la revisión fue semanal en la Casa de Campo (Zonas 1 a 3 con elevada afluencia de público e incidencia baja de la plaga) y quincenal en Tres Cantos (Zonas 4 y 5, restringidas al público y con incidencia moderada de la plaga). En la Figura 1 se muestra la ubicación de cada zona de ensayo.

Para evaluar la eficacia en la reducción del nº de bolsones se realizó una inspección minuciosa a cada parcela durante los meses de enero de 2021 y enero de 2022. El conteo se efectuó *de visu* con la ayuda de prismáticos y efectuando recorridos a pie peinando la totalidad de la superficie.

Tabla 3. Distribución de trampas G para monitoreo de adultos

Escenario	Parcela	Nº de trampas	Intervalo de trampas	Distancia media (m) entre trampas G
CC-ZONA 1	Rodajos	4	1 a 4	105
	El Pocillo – Test.	4	5 a 8	105
CC-ZONA 2	Paseo Piñoneros A	2	9 a 10	220
	Covatillas – Test.	2	11 a 12	220
CC-ZONA 3	El Renegado	2	13 a 14	85
	El Renegado –Test.	2	15 a 16	85
TC-ZONA 4	Pinar Repoblación	2	17 a 18	200
	Pinar Repoblación –	2	19 a 20	90
TC-ZONA 5	El Separado	10	21 a 30	100
	Oeste del Separado -	10	31 a 40	100

PARASITISMO NATURAL SOBRE LA FASE DE CRISÁLIDA

Durante los dos años de estudio se procedió a la valoración del nivel de parasitismo existente sobre la fase de crisálida. Para ello, se partió de un remanente de 2800 crisálidas obtenidas durante el invierno anterior de cada campaña. Éstas procedían de la parcela de experimentación que el Ayuntamiento de Madrid tiene en Tres Cantos donde existe arbolado con anillos metálicos enterrados en el suelo para la recogida controlada de las mismas. Estas crisálidas se repartieron homogéneamente empleando 40 cajas de plástico con 70 unidades cada una que se revisaron periódicamente de junio a noviembre.

Durante este proceso se comprobó una alta incidencia por parte del parasitoide de crisálidas *Phryxe caudata* Rond. (Diptera. Tachiniidae) que alcanzó un 37% de incidencia. Testimonialmente también emergieron dos especímenes de *Meteorus versicolor* (Hymenoptero. Braconidae) detectados a finales de enero de 2021. La determinación fue llevada a cabo por el Dr. Peter Tshchornig del Museo de Ciencias Naturales de Stuttgart.

4. Resultados

CURVAS DE VUELO

En la Figura 2 se muestran los resultados de capturas durante el periodo de vuelo de las campañas 2020 y 2021 dando una idea de la dinámica natural de la plaga durante los dos últimos años.

En todos los casos se han detectado pequeñas diferencias interanuales en lo que respecta al inicio de vuelo del insecto. En el 2021, en la Casa de Campo los primeros individuos no aparecieron hasta el día 26 de julio lo que supuso un retraso de 17 días respecto a la campaña anterior. De modo similar, en las parcelas de Tres Cantos el periodo de vuelo no arrancó hasta el 29 julio de 2021 (lo que supuso un retraso de 20 días respecto a 2020).

Analizando más en detalle la Figura 2, se comprueba que durante el primer verano, en todos los casos existen 2 picos. Uno principal muy marcado a mediados de agosto y otro mucho más reducido

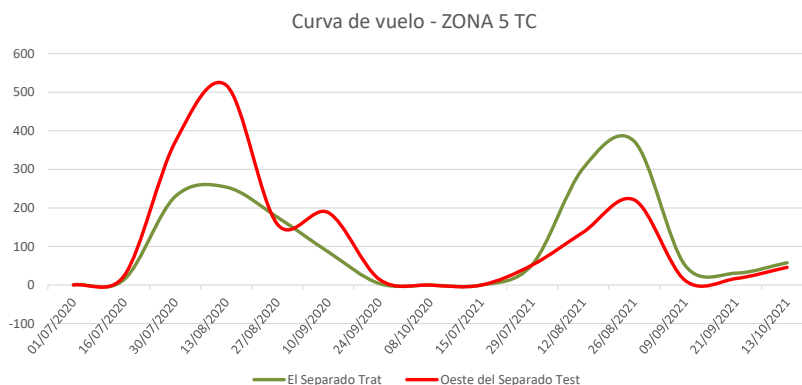


Figura 2. Comparativas de curvas por zona para los años 2020 y 2021.

En el Gráfico 1 se muestran las capturas totales en valor absoluto de cada parcela durante las campañas 2020 y 2021. Este gráfico es complementario a la Figura 2 y se obtiene que en el 2020 las capturas son menores en las parcelas tratadas; mientras que en el 2021 (tras el segundo año de aplicación), únicamente en las zonas 2 y 3 las capturas son significativamente menores en las parcelas tratadas frente a las control.

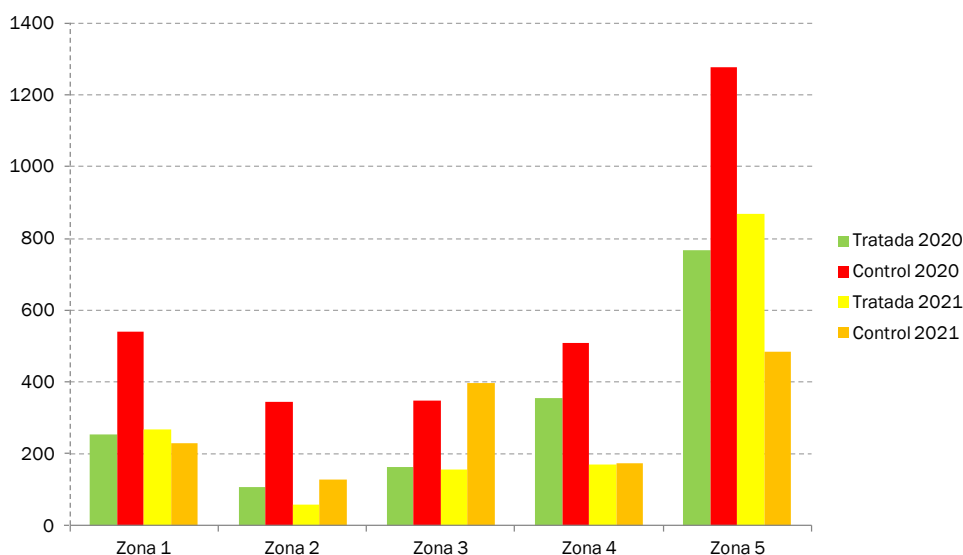
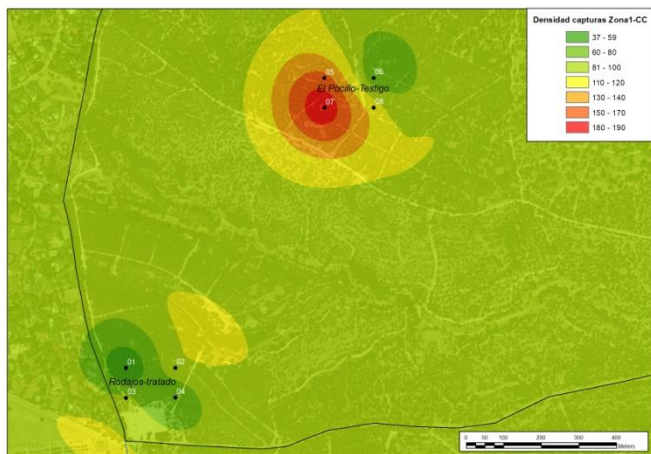


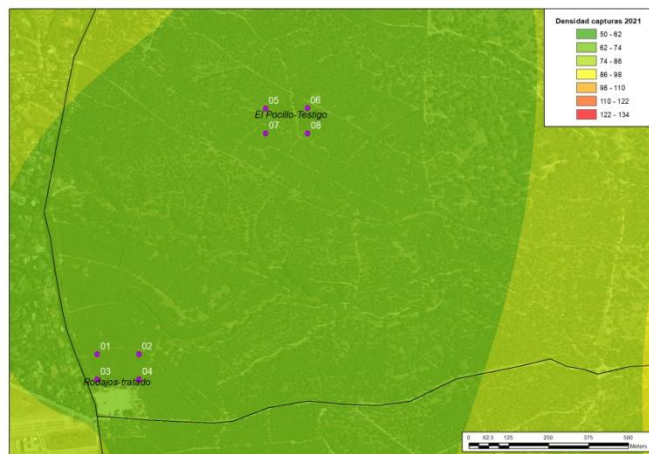
Gráfico 1: Capturas totales durante las campañas 2020 y 2021 en cada parcela.

EFICACIA EN LA REDUCCIÓN DE CAPTURAS

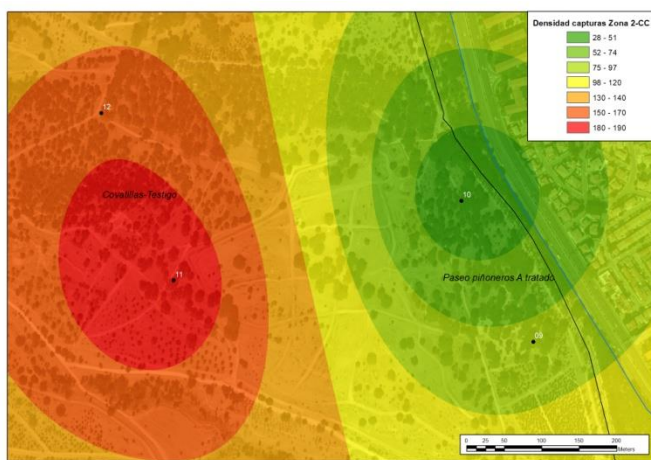
A continuación en la Figura 3 se representa cartográficamente la densidad de capturas por unidad de superficie obtenida mediante interpolación para cada zona y cada año de aplicación.



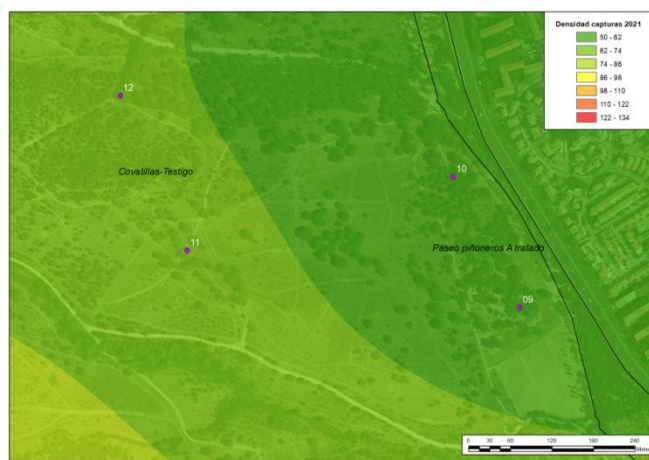
ZONA 1 - 2020



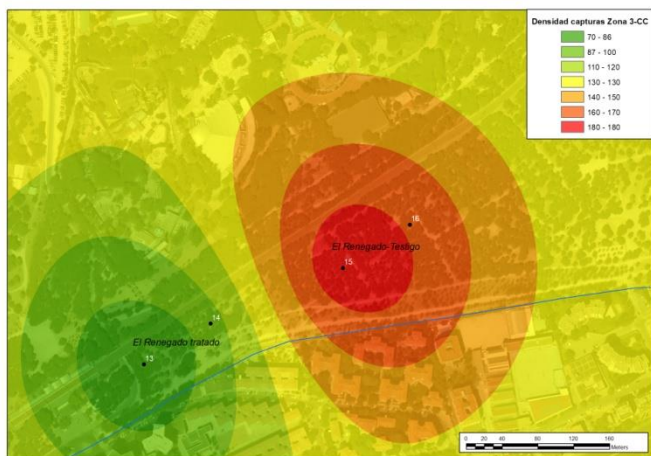
ZONA 1 - 2021



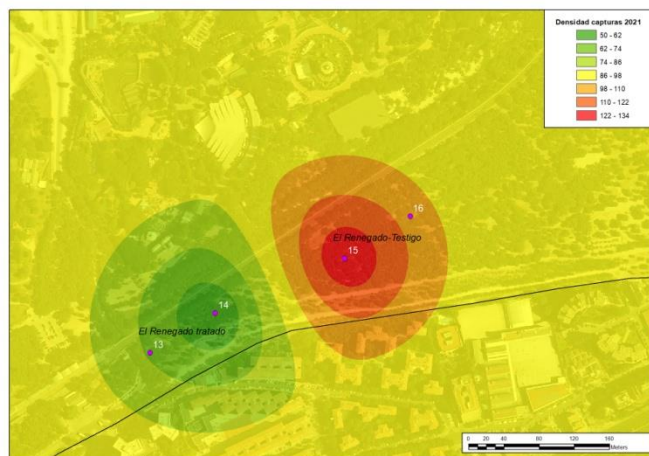
ZONA 2 - 2020



ZONA 2 - 2021



ZONA 3 - 2020



ZONA 3 - 2021

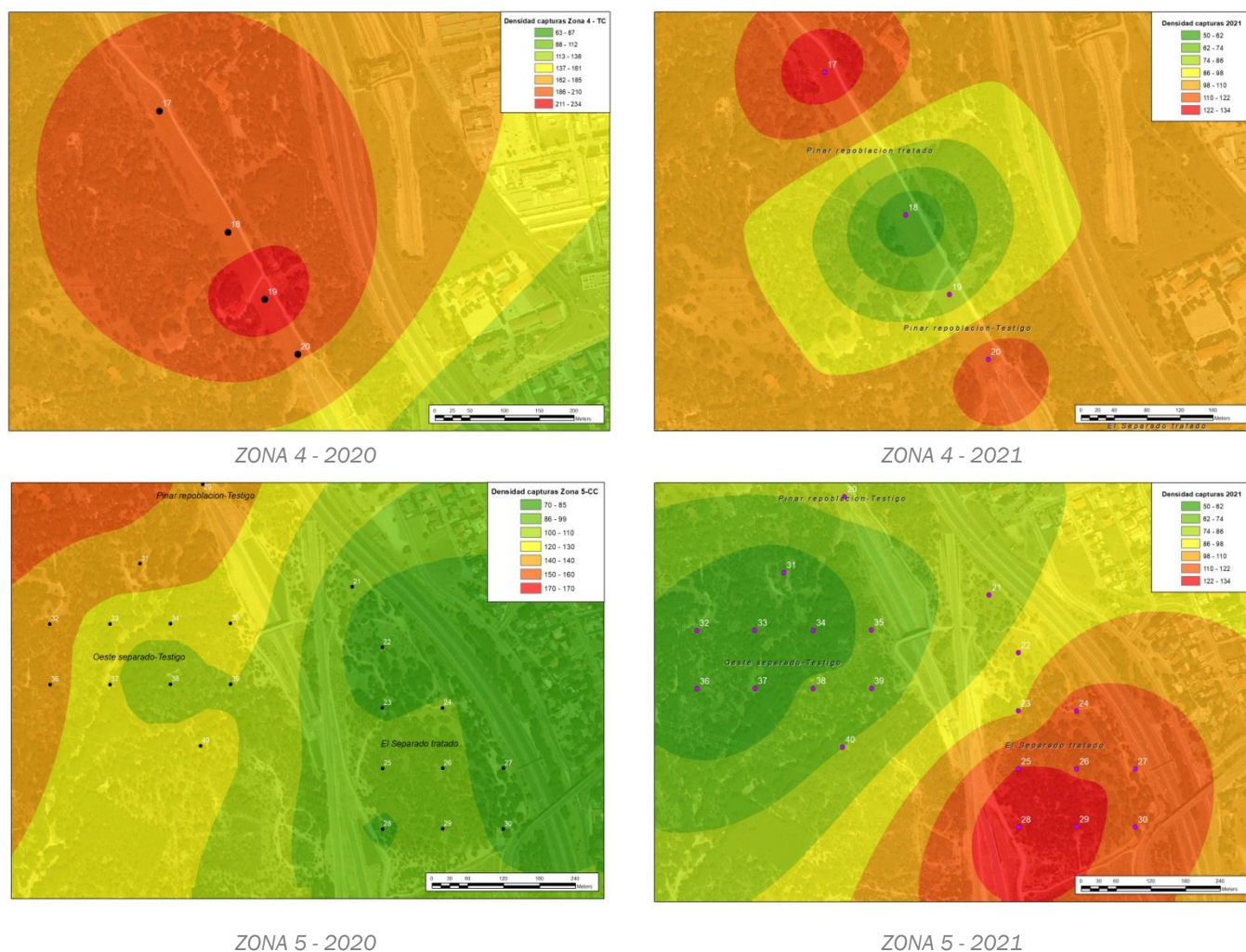


Figura 3. Resultados de capturas durante las campañas 2020 y 2021 en cada zona de ensayo obtenida mediante kriging.

En la Tabla 4 se muestran las capturas obtenidas durante los dos años de ensayo expresadas en nº de adultos por árbol durante 2020 y 2021, de este modo se relativizan los resultados y se tiene en cuenta los cambios de densidad de cada parcela como consecuencia de Filomena. La eficacia se expresa como el porcentaje de reducción de capturas entre la parcela tratada y la control por lo que valores negativos indican una confusión eficaz mientras que valores positivos indican lo contrario.

Tabla 4. Evolución de capturas de adultos obtenidas durante los años 2020 y 2021 expresadas en valor relativo a la densidad de arbolado y eficacia de la confusión respecto a las parcelas control.

	% parcela en borde	Nº adultos/arbol 2020	Nº adultos/arbol 2021	Eficacia con respecto a las parcelas control 2020	Eficacia con respecto a las parcelas control 2021
Zona 1	42,79	0,21	0,27	-46,46	16,45
Zona 2	38,20	0,10	0,06	-68,50	-55,59
Zona 3	39,08	0,73	1,40	-47,49	-55,78
Zona 4	7,26	0,61	0,30	-73,90	-63,53
Zona 5	100,00	0,51	0,59	-39,97	79,18
Zona 1-C	0,00	0,39	0,24		
Zona 2-C	26,17	0,33	0,14		
Zona 3-C	6,68	1,39	3,18		
Zona 4-C	26,60	2,32	0,81		
Zona 5-C	4,48	0,85	0,33		

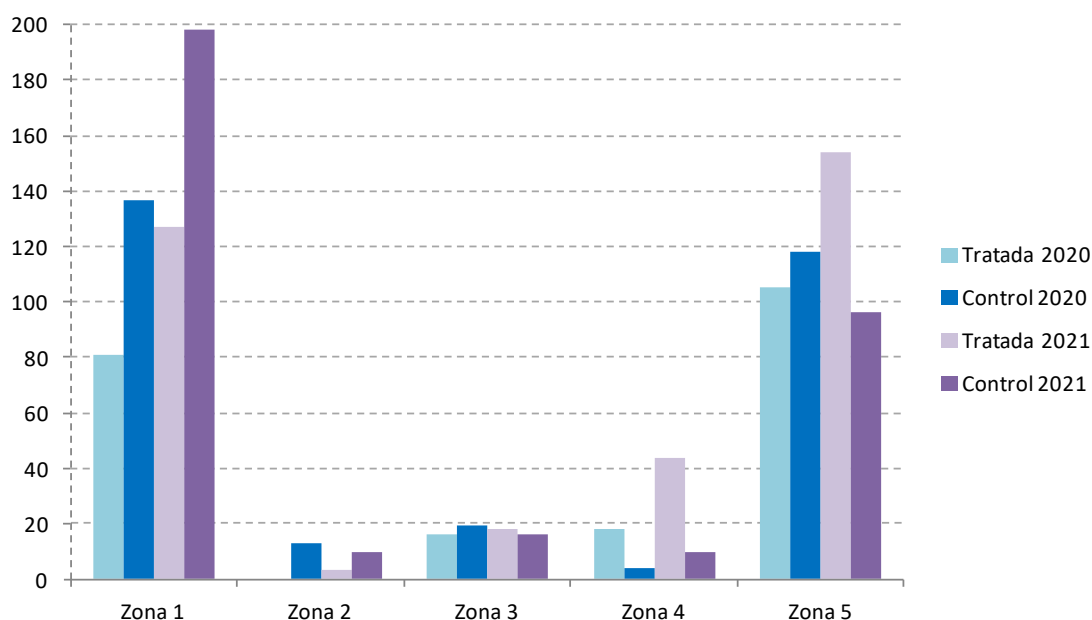


Figura 4. Bolsos contabilizados durante las campañas 2020 y 2021 en cada parcela.

EFICACIA EN LA REDUCCIÓN DE BOLSONES

Con la finalidad de comprobar el efecto acumulativo del tratamiento, en la Tabla 5 se muestra la evolución del nº de bolsones relativo por árbol en cada parcela pretratamiento (2019) y postratamiento (2020 y 2021) teniendo en cuenta los cambios de densidad producidos entre 2019 y 2020 como consecuencia del temporal Filomena. También se muestra el % de variación media del nº de bolsones respecto al punto de partida de 2019. Los valores negativos indican una reducción del nº de bolsones.

Tabla 5. Evolución relativa del nº de bolsones y su % de variación para 2020, 2021 y promedio.

	Nº Bolsones/arbol 2019	Nº Bolsones/arbol 2020	Nº Bolsones/arbol 2021	%variacion 19/20	%variacion 19/21	%variacion media
Zona 1	0,33	0,08	0,13	-74,69	-60,31	-67,50
Zona 2	0,04	0,00	0,00	-100,00	-91,90	-95,95
Zona 3	0,13	0,14	0,16	10,34	24,14	17,24
Zona 4	0,09	0,03	0,08	-64,68	-13,66	-39,17
Zona 5	0,03	0,07	0,10	123,21	227,38	175,30
Zona 1-C	0,05	0,14	0,20	187,82	315,97	251,89
Zona 2-C	0,01	0,01	0,01	-3,70	-25,93	-14,81
Zona 3-C	0,10	0,15	0,13	52,00	28,00	40,00
Zona 4-C	0,10	0,02	0,05	-80,56	-51,41	-65,99
Zona 5-C	0,03	0,08	0,07	150,85	104,08	127,47

Tabla 6. Promedio de eficacia de reducción de bolsones para cada zona.

	% eficacia 20 con respecto a parcelas control	% eficacia 21 con respecto a parcelas control	% eficacia media para los dos años de tratamiento
Zona 1	262,50	376,28	319,39
Zona 2	96,30	65,98	81,14
Zona 3	41,66	3,86	22,76
Zona 4	-15,89	-37,75	-26,82
Zona 5	27,64	-123,30	-47,83

La figura 5 resume visualmente los resultados obtenidos en las Tablas 5 y 6.

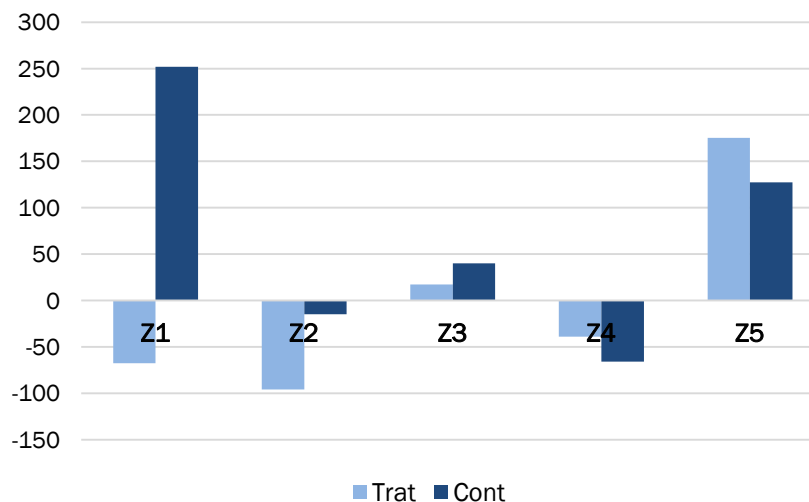


Figura 5: Eficacia de cada zona expresada como la variación media de bolsones con respecto a 2019.

5. Discusión

Referente a la captura de imagos:

De la Tabla-4 se deduce que mientras en el primer año en todos los casos las capturas son menores en las parcelas tratadas (en mayor o menor medida), en cambio tras el segundo año de aplicación coincide que las dos zonas donde peor funciona el efecto de confusión es justamente en la zona 5 y en la zona 1 donde, respectivamente, el efecto de borde es muy importante (con un 100% y un 42,79% respectivamente) dando lugar a capturar un 79,18% más de insectos en la zona 5 tratada frente a la control y un 16,45% más para el caso de la zona 1. En estas dos zonas parece evidente que se está produciendo un efecto “llamada” de mariposas de los alrededores. En la zona 5 se acentúa por el hecho de haber aplicado la dosis mínima y no haber logrado el efecto de confusión esperado (Tabla 4). Son en estas zonas donde se han obtenido peores eficacias en ambos años de tratamiento. En 2020, pareció funcionar pero algo menos que en las otras zonas, pero en 2021 en las parcelas tratadas se llegan a capturar incluso mayor número de adultos (muy superior en el caso de la zona 5).

En el caso de capturas de machos, no se realiza un promedio de la eficacia para los dos años de duración del ensayo, ya que éstas dependen de otros muchos factores no controlables e imposibles de medir como la emergencia de individuos diapausantes o cambios en las dinámicas poblacionales de sus enemigos naturales.

La variabilidad de resultados entre las distintas repeticiones (Tablas 4 y 6) puede deberse en gran parte a que la homogeneidad de las parcelas seleccionadas no era tan consistente como se creía inicialmente por la disparidad del efecto de borde entre ellas. Además, los efectos del temporal Filomena han modificado tanto la estructura de algunos rodales (por la tala de numerosos pies y la brusca reducción de masa foliar producida por la gran pérdida de ramas) que sin duda habrá afectado de manera importante a la emergencia de crisálidas diapausantes enterradas en el suelo (debido a una mayor insolación del suelo) pero en niveles imposibles de medir.

En el reciente trabajo griego de MICHAELAKIS *et al* (2020) hablan de eficacias de interrupción de cópulas de entre el 85 y el 95% con dosis de producto de 20 g/ha para una aplicación anual. Estas dosis resultan el doble de la dosis máxima empleada en el presente trabajo.

A medio plazo, los resultados obtenidos en múltiples estudios del campo agronómico (ZHANG & PAIVA, 1998; ALONSO & COLÁS, 2015; DÍAZ GALLEGU & RIQUELME BALSALOBRE, 2012) sugieren que se observa un claro efecto acumulativo de la eficacia con la aplicación continuada de este método en campañas sucesivas (de 4 a 6 años) lo que a su vez permite la disminución paulatina de la cantidad de bolas/ha con la consiguiente reducción de costes. El presente trabajo todavía no es concluyente a este respecto puesto que sólo se ha ensayado la aplicación durante 2 años y además se desconoce la influencia que sin duda ha tenido el temporal Filomena.

Referente al número de bolsones:

No se han obtenido los resultados esperados donde se aprecie un aumento en la reducción de bolsones tras la aplicación de dos años consecutivos, al contrario en las zonas tratadas hay más bolsones en 2021 que en 2020 pero en cambio sí se produce una reducción de infestación en 3 de las 5 zonas tratadas respecto a 2019 (Tabla-5). En cambio en la última columna de esta misma tabla se comprueba como el promedio de los dos últimos años sí fue significativamente menor en 3 de las 5 parcelas tratadas.

Sin embargo, la eficacia obtenida frente a las parcelas control siempre fue favorable para las tres zonas de la Casa de Campo donde se empleó la dosis más alta de producto. En cambio la

eficacia fue negativa para las dos zonas de Tres Cantos donde se aplicó a la mínima dosis (Tabla-6 y Gráfico-3).

En el trabajo francés de PHYTOMA de 2018 (PAL *et al.*, 2018), las reducciones en número de nidos en el primer año de tratamiento con esta metodología son también extraordinariamente variables en zonas forestales, variando del 75% a incluso una repetición con eficacia negativa. En medios urbanos de pinos de rotondas y alineaciones de borde de carretera la eficacia fue del 57,91% ($\pm 20,85\%$). En ese trabajo se considera que los porcentajes de reducción obtenidos en las grandes parcelas forestales (4 ha) no fueron suficientes, recomendando testar dosis más elevadas. En el caso de árboles aislados o pequeños grupos de zonas urbanas aisladas a dosis de 30 bolas/árbol si se afirma haber logrado reducir significativamente las poblaciones.

6. Conclusiones

El tratamiento funcionó bien para reducir bolsones en las tres zonas de la Casa de Campo donde se aplicó a la dosis máxima recomendada. A igualdad de dosis la eficacia disminuye cuanto menor es el tamaño de la parcela (la zona 3 fue donde comparativamente menos se redujo el nº de bolsones).

En cambio en las dos zonas donde se aplicó a la dosis mínima prescrita por el fabricante parece haberse logrado el efecto contrario resultando contraproducente. Esto en parte puede explicarse porque la estimación inicial de infestación en estas zonas estaba infravalorada o bien por ser la dosis mínima insuficiente.

Es necesario revisar las dosis establecidas por el fabricante en el caso de emplear este método en zonas forestales. Sería necesario según nuestros estudios aumentar las mismas considerablemente para que el método alcance eficacias elevadas.

El efecto de borde parece tener más influencia de la esperada y este fue un factor que no se tuvo suficientemente en cuenta a la hora de diseñar el ensayo habiendo priorizado masas equivalentes en cuanto a su edad, estructura e infestación previa.

Tratándose de una solución basada en la Naturaleza, la confusión sexual es una magnífica alternativa desde el punto de vista toxicológico, minimizando el riesgo para los usuarios y el medio ambiente. Dados los resultados obtenidos, ha quedado claro que es necesario continuar realizando ensayos para determinar las dosis eficaces.

Los resultados parecen ir en la misma línea que los primeros ensayos franceses pero poniendo todavía más de relieve la necesidad de testar dosis más elevadas en zonas forestales. Las variables que *a priori* parecen condicionar la eficacia del tratamiento en lo que a reducción de bolsones se refiere parecen ser el tamaño de la parcela y la dosis empleada.

7. Agradecimientos

A D. Santiago Soria Carreras por confiar en el equipo de INFFE. A María Inés Font Serradilla, por el trabajo de campo. Al Dr. Hans-Peter Tschorsnig del “Museum für Naturkunde” de Stuttgart por la determinación de los parasitoides.

A Rocío Ballesta por su colaboración en las jornadas de laboratorio. En especial a D. Pablo Pereira Sieso por sus recomendaciones de manejo de insectos y corrección del artículo, al Dr. Jose Carlos Miranda García-Rovés por sus aportaciones en la elaboración de gráficos y procesamiento estadístico. Por último, a Jose María Iglesias, Patricia Martín Jara y José María López Carrión por

facilitarnos siempre toda la información demandada y por su inestimable disposición y colaboración en todo momento.

8. Bibliografía

ALONSO DE I Y COLÁS, C. 2015. CheckMate® Puffer® LB, la tecnología aerosol de emisión activa para el control de *Lobesia botrana*. *PHYTOMA*, 274: 24-25.

BARBARO, L & BATTISTI, A. 2011. Birds as predators of the pine processionary moth (Lepidoptera: Notodontidae). *BIOCONTROL*, 56:107–114.

BONNET, C.; MARTIN, J.C, ET MAZET, R. 2006. Lutte contre la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) par leurre phéromonal de synthèse – Phases 2005-2006. Rapport de fin d'étude INRA pour SERFOB PACA 27p.

CHENCHOUNI, H.; ZANATI, K.; REZOUGUI, A.; BRIKI, A., & ARAR, A. 2010. Population monitoring of pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*) by pheromone trapping at the southern limit of distribution of *Pinus halepensis* in Eastern Algeria. *Forest Science and Technology*, 6(2), 67-79.

DÍAZ GALLEGU, T. Y RIQUELME BALSALOBRE, A. 2012. Control Integrado en el cultivo de uva de mesa en la Región de Murcia. *PHYTOMA*, 239: 48-54.

FERNANDEZ HUERTA, M.J.; BADÍA I BALLESTER, V. Y INSA OLCINA, V. 2012. Ensayo contra la polilla del racimo de la vid (*Lobesia botrana*) mediante la técnica de la confusión sexual. *PHYTOMA*, 239: 44-47.

GUERRERO, A. 1998. Studies directed to the inhibition of the processionary moth sex pheromone in the laboratory and in the field. *Ecology*, (6), 9.

HALPERIN, J. 1986. Application of ptyolure for detection and control of *Thaumetopoea pityocampa* in Israel 1. *EPPO Bulletin*, 16(4), 627-632.

KHAIRALLAH, F. 2020. Comment lutter contre la prolifération massive de la chenille processionnaire du pin, néfaste pour la santé de l'homme, de l'animal et de la forêt, tout en respectant l'écosystème. Sciences du Vivant [q-bio]. <https://hal.inrae.fr/hal-02820044>.

LUCCHI, A.; SAMBADO, P.; JUAN ARROYO, A.B.; NARVAIZA MARTÍNEZ, A.; BAGONOLI, B. 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: 26-29.

MARTIN, J.C. & FREROT, B. 2005. Lutte contre la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* par leurre phéromonal de synthèse au cours de l'été 2004. Rapport de fin d'étude INRA pour SERFOB PACA 10p.

MICHAELAKIS, A.; ANASTASAKI, E.; MILONAS, P.G.; PAPACHRISTOS, D.P.; KONTODIMAS, D.; PONTIKAKOS, C.M.; RAPTOPOULOS, D.G.; BABILIS, N.A. & M.A. KONSTANTOPOULOU. 2020. Efficacy of communication disruption of *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera:

Thaumetopoeidae) with low pheromone formulation. *Hellenic Plant Protection Journal* 13: 42-53, 2020. DOI 10.2478/hppj-2020-0005

PAL, E.; CORREARD, M.; REI, F.; THÉVENET, J.; LANTUS, S.; PEZZINI, E.; BURADINO, M.; SOPHIE BRINQUIN, A. ET MARTIN, JC. 2018. Processionnaire du pin: un traitement bille en tête. *PHYTOMA*, 715 (jun-juliet 2018): 28-32.

PARRILLA, A., & GUERRERO, A. 1993. Inhibition of the sex pheromone perception in the processionary moth *Thaumetopoea pityocampa*. *Bulletin OILB SROP* (France). ISSN: 0253-1100.

QUERO, C; CAMPS, F. & GUERRERO, A. 1995. Behavior of processionary males (*Thaumetopoea pityocampa*) induced by sex pheromone and analogs in a wind tunnel. *Journal of Chemical Ecology*. Vol. 21. N°. 12.

TREMATERRA, P.; COLACCI, M.; ATHANASSIOU, CH.; KAVALLIERATOS, N.; RUMBOS, CHRISTOS I.; BOUKOUVALA, MARIA C.; NIKOLAIDOU, ANASTASSIA J.; KONTODIMAS, DEMETRIUS C.; BENAVENT-FERNÁNDEZ, E & GÁLVEZ-SETTIER, S. 2019. Evaluation of Mating Disruption For the Control of *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) in Suburban Recreational Areas in Italy and Greece. *Journal of Economic Entomology*, 2019, 1–7. doi: 10.1093/jee/toz129.

TREMATERRA, P & COLACCI, M. 2019. Recent Advances in Management by Pheromones of *Thaumetopoea* Moths in Urban Parks and Woodland Recreational Areas. *MDPI Insects*. 2019 Nov; 10(11): 395.

ZHANG, Q. H., & PAIVA, M. R. 1998. Female calling behaviour and male response to the sex pheromone in *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep., Thaumetopoeidae). *Journal of applied entomology*, 122(1-5), 353-360. Présentation des résultats de l'essai "Processionnaire du pin. Rapport d'essais du 1014B". CONFIDENTIE, DIPTER SAS. 2019. URL:<https://www.dipter.eu/bibli/catalogue/197/docs/resultats-essais-pine-t-pro-ball-2019.pdf>