ZUBÍA

REVISTA DE CIENCIAS

29

ier

Instituto de Estudios Riojanos

ZUBÍA. MONOGRÁFICO
REVISTA DE CIENCIAS.
Nº 29 (2017). Logroño (España).
P. 1-200, ISSN: 1131-5423

DIRECTORA
Patricia Pérez Matute

CONSEJO DE REDACCIÓN
Luis Español González
Rubén Esteban Pérez
Rafael Francia Verde
Juana Hernández Hernández
Alfredo Martínez Ramírez
Luis Miguel Medrano Moreno
Ana María Palomar Urbina
Ignacio Pérez Moreno
Enrique Requeta Loza
Purificación Ruiz Flaño
Angélica Torices Hernández

CONSEJO CIENTÍFICO
José Antonio Arizaleta Urarte
(Instituto de Estudios Riojanos)
José Arnáez Vadillo
(Universidad de La Rioja)
Susana Caro Calatayud
(Instituto de Estudios Riojanos)
Eduardo Fernández Garbayo
(Universidad de La Rioja)
Rosario García Gómez
(Universidad de La Rioja)
José Mª García Ruiz
(Instituto Pirenaico de Ecología)
Javier Guallar Otazua
(Universidad de La Rioja)
Teodoro Lasanta Martínez
(Instituto Pirenaico de Ecología)
Joaquín Lasierra Cirujeda
(Hospital San Pedro, Logroño)
Luis Lopo Carramiñana
(Dirección General de Medio Natural del Gobierno de La Rioja)
Fernando Martínez de Toda
(Universidad de La Rioja)
Juan Pablo Martínez Rica
(Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC)
José Luis Nieto Amado
(Universidad de Zaragoza)
José Luis Peña Monné
(Universidad de Zaragoza)
Félix Pérez-Lorente
(Universidad de La Rioja)
Diego Troya Corcuera
(Instituto Politécnico y Universidad Estatal de Virginia, Estados Unidos)
Eduardo Viladés Juan
(Hospital San Pedro, Logroño)
Carlos Zaldívar Ezquerro
(Dirección General de Medio Natural del Gobierno de La Rioja)

DIRECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN
Instituto de Estudios Riojanos
C/ Portales, 2
26071 Logroño
publicaciones.ier@larioja.org

Suscripción anual España (1 número y monográfico): 15 €
Suscripción anual extranjero (1 número y monográfico): 20 €
Número suelto: 9 €
Número monográfico: 9 €

INSTITUTO DE ESTUDIOS RIOJANOS

ZUBÍA

REVISTA DE CIENCIAS

Monográfico Núm. 29

VID Y VINO

Coordinador:
IGNACIO PÉREZ MORENO

Gobierno de La Rioja
Instituto de Estudios Riojanos
LOGROÑO
2017

Vid y vino / coordinador Ignacio Pérez Moreno. – Logroño : Instituto de Estudios Riojanos, 2017
197 p. : gráf. ; 24 cm– (Zubía. Monográfico, ISSN 1131-5423; 29).-
D.L. LR 413-2012

1. Vinos - España. I. Pérez Moreno, Ignacio. II. Instituto de Estudios Riojanos. III. Serie

634.8(460)
663.2(460)

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de esta publicación pueden reproducirse, registrarse o transmitirse por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación o cualquier otro, sin permiso previo por escrito de los titulares del copyright.

© Logroño, 2017
Instituto de Estudios Riojanos
C/ Portales, 2.
26001-Logroño, La Rioja (España)

© Diseño de cubierta e interior: ICE Comunicación

© Cubierta y contracubierta: Colores rojizos de parra silvestre en un rincón del río Iregua (Fotografía de José Manuel Valle Melón)

Vid silvestre en la parcela experimental de la Universidad de La Rioja (Fotografía de Álvaro Rodríguez Miranda)

Imprime: Gráficas Isasa, S. L. - Arnedo (La Rioja)

ISSN 1131-5423
Depósito Legal LR 413-2012

Impreso en España - Printed in Spain

ÍNDICE

CARMEN BERLANAS, BEATRIZ LÓPEZ-MANZANARES, DAVID GRAMAJE
Desarrollo de un medio de cultivo para detectar propágulos viables de hongos asociados a la enfermedad del pie negro en viñedos
Estimation of viable propagules of black-foot disease pathogens in grapevine cultivated soils and their relation to production systems and soil properties 7-24

MARÍA ÁNGELES DEL-CASTILLO-ALONSO, LAURA MONFORTE, GONZALO SORIANO, RAFAEL TOMÁS-LAS-HERAS, JAVIER MARTÍNEZ-ABAIGAR, ENCARNACIÓN NÚÑEZ-OLIVERA
Diferencias en el perfil fenólico del hollejo entre dos variedades tintas de *vitis vinifera*, Tempranillo y Garnacha, y sus correspondientes variantes blancas
Differences in the phenolic profile of berry skins among two red varieties of vitis vinifera, *tempranillo and garnacha, and their corresponding white variants* 25-40

ESTEBAN GARCÍA RUIZ, VICENTE S. MARCO MANCEBÓN, IGNACIO PÉREZ MORENO
Análisis geoestadístico de la distribución espacio-temporal de *Lobesia Botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) en Rioja Alta (España)
Geostatistical analysis of space-time distribution of Lobesia Botrana *(Lepidoptera: Tortricidae) in Rioja Alta (Spain)* 41-66

JUANA MARTÍNEZ, ANA GONZALO-DIAGO, ELISA BAROJA, ENRIQUE GARCÍA-ESCUDERO
Características agronómicas y potencial enológico de las variedades de vid blancas autorizadas en la D.O.Ca. Rioja.
Agronomic characteristics and enological potential of white vine varieties authorized in the D.O.Ca. Rioja 67-82

FERNANDO MARTÍNEZ DE TODA FERNÁNDEZ, JESÚS GARCÍA MARTÍN, PEDRO BALDA
Adaptación al calentamiento climático de veinte variedades de vid, minoritarias de la DOCa Rioja, por su potencial de acidez
Adaptation to climate warming of twenty vine varieties, minorities in the DOCa Rioja, through their acidity potential 83-94

FERNANDO MARTÍNEZ DE TODA FERNÁNDEZ, RAFAEL OCETE RUBIO, EDUARDO PRADO VILLAR, ÁLVARO RODRÍGUEZ MIRANDA, JOSÉ MANUEL VALLE MELÓN
La vid silvestre en La Rioja (España): situación actual y difusión mediante infraestructuras de datos espaciales
Wild grapevine in La Rioja, Spain: current situation and dissemination through spatial data infrastructures 95-120

MAITE RODRÍGUEZ-LORENZO, CAROLINA ROYO, PABLO CARBONELL-BEJERANO, FÉLIX CIBRÍAIN SABALZA, JULIÁN SUBERVIOLA RIPA, ANA SAGÜÉS SARASA, JAVIER IBÁÑEZ, JOSÉ M. MARTÍNEZ ZAPATER
Caracterización de deleciones causantes de cambios en el color de la uva mediante evaluación de la heterocigosidad de marcadores SNP
Characterization of deletions responsible for grape berry color changes through the study of loss of heterozygosity of SNP markers.....121-140

JAVIER PORTU, ROSA LÓPEZ, PILAR SANTAMARÍA, TERESA GARDE CERDÁN
Efecto de la aplicación foliar de jasmonato de metilo en la composición fenólica de la uva y del vino
Effect of methyl jasmonate foliar application on the grape and wine phenolic composition.....141-154

PILAR RUBIO-BRETÓN, MATTEO BORDIGA, JUANA MARTÍNEZ, ANA GONZALO-DIAGO, EVA P. PÉREZ-ÁLVAREZ, TERESA GARDE-CERDÁN
Envejecimiento de vinos en barricas y alternativos de roble
Aging of wines in oak barrels and alternatives 155-176

LUCÍA GONZÁLEZ-ARENZANA, PATROCINIO GARIJO, ANA ROSA GUTIÉRREZ, ROSA LÓPEZ, PILAR SANTAMARÍA, ISABEL LÓPEZ-ALFARO, CARMEN OLARTE, SUSANA SANZ
Factores implicados en la alteración de vinos tintos por *Brettanomyces bruxellensis*
Factors involved in the red wines spoilage produced by Brettanomyces bruxelliensis.....177-194

Zubía. Monográfico 29 41-66 Logroño 2017

ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE *LOBESIA BOTRANA* (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE) EN RIOJA ALTA (ESPAÑA)

ESTEBAN GARCÍA RUIZ[1]
VICENTE S. MARCO MANCEBÓN[2]
IGNACIO PÉREZ MORENO[2]*

RESUMEN

Se ha analizado la distribución espacio-temporal de *Lobesia botrana* en Rioja Alta utilizando trampas cebadas con feromona sexual femenina. El número medio de capturas semanales se vio afectado por el año y por la generación. Se desarrollaron modelos matemáticos para las semanas de mayor densidad poblacional, que mostraron una dependencia espacial que varió entre 4.5 km y 28 km. El número total de capturas por año y trampa, así como la semana de primera captura, se vieron afectados por el año y la localización. El pico poblacional de la primera generación se vio influido por la semana de primera captura. Los mapas de contorno del número de capturas resultaron útiles para identificar las principales zonas de infestación del insecto, y los generados para las variables temporales "semana de primera captura" y "semana de pico de primera generación" permiten predecir los picos poblacionales de la plaga.

Palabras clave: Lobesia botrana*, polilla del racimo, poblaciones, geoestadística, Rioja*.

The space-time distribution of L. botrana *was analyzed in Rioja Alta recording catches in sex pheromone traps. The mean number of weekly catches in traps was impacted both by year as by generation. Mathematical models were drawn up for the weeks of highest population density and revealed space dependence, which varied between 4.5 km and 28 km. The total number of captures per year and per trap as well as the week of the first catch were subject to the impact of year and location. The peak population for the first generation was influenced by the catch of the first week. The contour maps*

1. Dirección Técnica de Evaluación de Variedades y Productos Fitosanitarios. INIA Ctra. De la Coruña km 7,5; 28040 - Madrid

2. Departamento de Agricultura y Alimentación. Universidad de La Rioja. c/ Madre de Dios, 53; 26006 - Logroño (La Rioja)

* Autor de referencia (*corresponding author*): ignacio.perez@unirioja.es

for the number of catches are useful for the identification of the main zones of infestation of the pest, and those generated for the time variables "week of the first catch" and "week of first generation peak" allow us to estimate the pest population peaks.

Key words: Lobesia botrana*, european grapevine moth, populations, geostatistics, Rioja*.

1. INTRODUCCIÓN

La polilla del racimo, *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller, 1775), está considerada como la plaga clave del viñedo español, debido a la importancia de los daños que provoca y a la necesidad de combatirla de forma sistemática todos los años. Es una especie polivoltina que suele desarrollar entre dos y cuatro generaciones anuales, dependiendo de la zona y la climatología del año (Coscollá, 1997). Así, en La Rioja suele tener tres generaciones en Rioja Baja y Media, mientras que en Rioja Alta varía entre dos y tres, dependiendo de si el año es más fresco o más cálido, respectivamente.

Las larvas de la 1ª generación dañan las inflorescencias, destruyendo los botones florales, que reúnen en glomérulos, e incluso frutos recién cuajados. A este respecto, conviene señalar que en la mayoría de los estudios realizados en nuestro país se ha demostrado que los ataques de esta 1ª generación, salvo casos particulares, no suponen pérdida ni en cantidad ni en calidad de la cosecha (Coscollá *et al.* 1982). Las larvas de la 2ª y 3ª generación dañan los frutos en maduración y maduros, penetrando en ellos y alimentándose de la pulpa. A los daños directos hay que añadir los indirectos, más importantes, debido a la infección causada por los microorganismos responsables de las podredumbres del racimo, que tiene lugar como consecuencia de las heridas que producen los ataques de la polilla (Fermaud y Giboulot 1992).

El conocimiento de los datos de distribución espacio-temporal de las poblaciones de especies plaga resulta muy útil en el Manejo Integrado de Plagas (IPM). Entre otras cosas, es importante para la mejor planificación de los programas de monitoreo (Southwood, 1978; Taylor *et al.*, 1978), para predecir la densidad de población en puntos no muestreados (Liebhold *et al.*, 1991), para mejorar las estrategias de manejo (Hughes y McKinlay, 1988), y para llegar a un mejor entendimiento de sus relaciones ecológicas con diferentes factores bióticos o abióticos (Iwao, 1970; Hassell y May, 1974; Ifoulis y Savopoulou-Soultani, 2006). Sin embargo, determinar la presencia y distribución de las plagas requiere un alto nivel de preparación. Afortunadamente, la experiencia de los últimos años sugiere que los métodos de la estadística espacial ofrecen un marco de actuación que puede ayudar enormemente a conseguir ese objetivo.

Al analizar los datos espaciales es importante tener en cuenta el fenómeno conocido como autocorrelación espacial, que sucede cuando los

valores de las variables muestreadas en localizaciones próximas no son independientes unas de otras (Tobler, 1970). La autocorrelación espacial se produce, principalmente, porque procesos como la especiación, la extinción, la dispersión o las relaciones interespecíficas son dependientes de la distancia (Legendre y Legendre, 1998). La autocorrelación espacial puede ser una gran herramienta dentro del análisis espacial porque provee información muy útil por inferencia de los procesos a partir de un patrón (Palma *et al.*, 1999), y así poder incrementar el entendimiento sobre procesos biológicos contagiosos, como son el crecimiento poblacional, la dispersión geográfica, la organización social o las dinámicas competitivas (Griffith & Peres-Neto, 2006).

Por otro lado, si las coordenadas reales se usan en el análisis espacial, se posee una mayor información y aplicabilidad de los análisis (Williams *et al.*; 1992). Es por ello que los investigadores han incorporado cada vez más explícitamente el espacio a los estudios de distribución espacial (Rossi *et al.*, 1992), especificando formalmente las coordenadas bidimensionales y analizando las variables en función de la distancia gracias al desarrollo de dos nuevas herramientas que permiten el manejo y análisis de grandes bloques de datos: los sistemas de información geográfica (GIS), que permiten compilar y manipular datos referenciados espacialmente, y la Geoestadística que permite describir la correlación en el espacio y en el tiempo, así como interpolar entre y extrapolar más allá de los puntos de muestreo.

La Geoestadística ha sido empleada en los últimos años para explorar la estructura espacial de numerosas especies de insectos en campo, tanto a nivel de parcela, para optimizar la toma de decisiones a la hora de aplicar medidas de control, como a distintos niveles de superficie, para facilitar, por ejemplo, los planes de muestreo (Ribes-Dasi *et al.*, 2001).

Existe una gran cantidad de trabajos basados en las capturas con trampas de feromonas con el objetivo de determinar la distribución y densidad de diferentes poblaciones de lepidópteros plaga (Ribes-Dasi *et al.,* 2001; Sciarretta *et al.*, 2001; Trematerra *et al.*, 2004; Moral-García *et al.*, 2004; Sciarretta & Trematerra, 2006). En el caso de *L. botrana*, existen trabajos sobre la caracterización de la distribución espacial de la poblaciones de esta plaga, bien a través de las capturas en trampas de feromonas (Peláez *et al.,* 2004 y 2006), aunque limitados por la duración y diseño del muestreo, bien por inspección de las plantas en busca de daños o estados inmaduros (Ifoulis y Savopoulou-Soultani, 2006). Sin embargo, el análisis de la distribución espacial de adultos es importante para entender la dinámica y dispersión de las poblaciones que no pueden detectarse a través de los conteos de huevos, especialmente cuando la densidad es baja (Sharov *et al.*, 1996). A este respecto, es importante señalar que, hasta que no se establezca una relación unívoca entre las capturas en trampas y la densidad real en campo para esta plaga, si el estudio estadístico está fundamentado en estos valores, tanto agricultores como técnicos deben ser muy cuidadosos a la hora de basar las decisiones sobre las acciones de control a llevar a cabo en lo obtenido con este muestreo (Gauthier *et al.*, 1991), aunque sí es fundamental para detec-

tar los cambios en las poblaciones en espacio y, especialmente, en tiempo (Fadamiro, 2004).

2. METODOLOGÍA

Los estudios fueron llevados a cabo en La Rioja Alta, la zona más occidental y septentrional de la DOCa Rioja, durante los años 2005, 2006 y 2007. El área de estudio, de unos 1500 Km^2, comprende un paisaje más o menos homogéneo, que se sitúa en su mayor parte en la vega del Ebro. Es una zona netamente antropizada dominada por los cultivos agrícolas, de los que la mayoría son viñedos. Las 22 localizaciones del muestreo se distribuyeron de forma regular sobre parcelas de viñedo, cubriendo la totalidad de la zona de estudio y distando entre sí no menos de 3.5 km y no más de 7 km (Figura 1). Estas distancias se basan en la correlación entre los puntos de muestreo obtenida por estudios llevados a cabo por Peláez *et al.* (2004 y 2006) en la Denominación de Origen Cigales, con parecidas características climatológicas y topográficas.

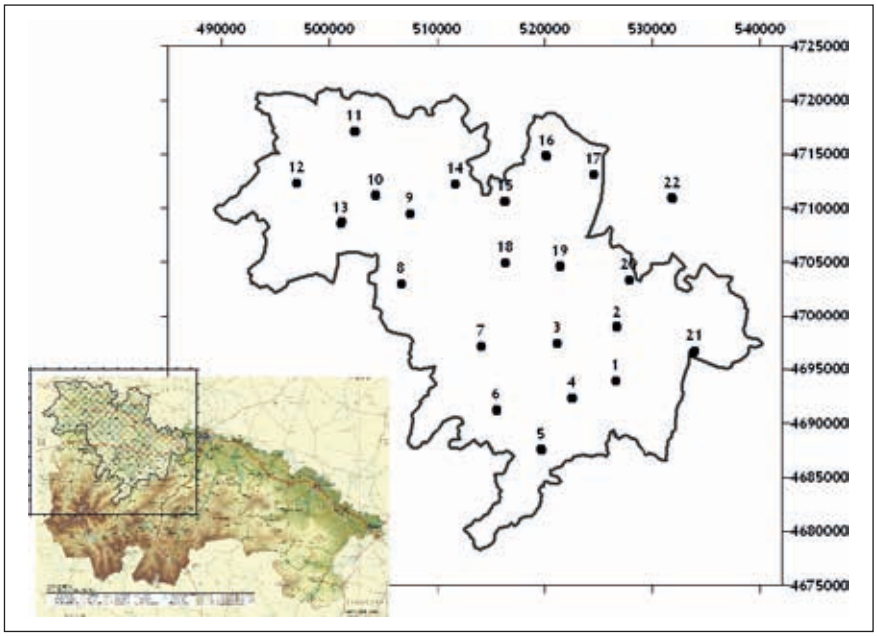

Figura 1. Localizaciones del muestreo en Rioja Alta.

En cada localización del muestreo, se colocaron dos trampas separadas entre sí menos de 200 m. El muestreo constó, por tanto, de 44 puntos agrupados por parejas en 22 localizaciones, georreferenciados mediante GPS.

Los puntos de muestreo se mantuvieron en las mismas localizaciones todos los años, salvo por el hecho de que las trampas de Sotés-Navarrete y Navaridas fueron añadidas a partir de 2006 para completar el muestreo (Tabla 1). Este diseño permite que, a la hora de realizar el estudio geoestadístico, existan pares suficientes a pequeñas distancias que mejoren el ajuste de los variogramas en los puntos cercanos al origen.

Tabla 1. Localización de los puntos de muestreo georreferenciados y referencia de cada trampa

Punto	Trampa	Localización	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z
1	1A	Manjarrés	526412	4694172	603
2	1B	Manjarrés	526465	4694196	601
3	2A	Huércanos	526558	4699083	524
4	2B	Huércanos	526563	4699153	520
5	3A	Nájera-Hormilla	521055	4697594	548
6	3B	Nájera-Hormilla	521006	4697580	546
7	4A	Arenzana de Abajo	522381	4692657	531
8	4B	Arenzana de Abajo	522438	4692649	531
9	5A	Baños de Rio Tobía	519591	4687914	580
10	5B	Baños de Rio Tobía	519510	4687962	581
11	6A	Badarán-Cordovín	515444	4691578	600
12	6B	Badarán-Cordovín	515454	4691536	602
13	7A	Alesanco	514086	4697312	567
14	7B	Alesanco	514052	4697369	567
15	8A	Bañares	506601	4703137	579
16	8B	Bañares	506585	4703132	578
17	9A	Casalarreina	507378	4709475	509
18	9B	Casalarreina	507433	4709469	506
19	10A	Tirgo	504189	4711187	505
20	10B	Tirgo	504184	4711204	505
21	11A	Sajazarra-Zabaleta	502302	4716958	544
22	11B	Sajazarra-Zabaleta	502352	4716956	539
23	12A	Treviana	496999	4712296	546
24	12B	Treviana	496980	4712257	546
25	13A	Cuzcurrita	500998	4708649	542
26	13B	Cuzcurrita	501122	4708794	542
27	14A	Haro	511652	4712218	477

Punto	Trampa	Localización	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z
28	14B	Haro	511652	4712220	473
29	15A	Briones	516267	4710608	465
30	15B	Briones	516205	4710616	461
31	16A	San Vicente de la Sonsierra	520040	4714694	549
32	16B	San Vicente de la Sonsierra	519994	4714806	545
33	17A	Ábalos	524441	4713056	598
34	17B	Ábalos	524384	4713100	601
35	18A	San Asensio-Hormilla	516259	4705027	496
36	18B	San Asensio-Hormilla	516296	4705071	496
37	19A	San Asensio	521346	4704671	496
38	19B	San Asensio	521343	4704745	494
39	20A	Cenicero	527727	4703464	486
40	20B	Cenicero	527646	4703499	489
41	21A	Sotés-Naverrete	533810	4696902	552
42	21B	Sotés-Naverrete	533612	4696698	550
43	22A	Navaridas	531719	4710871	515
44	22B	Navaridas	531652	4710933	524

Las trampas utilizadas en el muestreo son trampas tipo delta, con una base engomada y cebadas con la feromona sexual femenina de *L. botrana*, para la atracción de machos adultos. Se efectuaron conteos semanales de los machos capturados a lo largo de todo el ciclo anual de la plaga. Este periodo, de unas 25 semanas, se alarga desde mediados de abril, momento en el que se colocaban las trampas, hasta principios de octubre, cuando se retiraban. Tanto las bases engomadas como las cápsulas de feromonas se cambiaban cada cuatro semanas. Los datos semanales de capturas y los datos globales de cada año fueron usados para desarrollar los análisis estadísticos y construir los modelos predictivos.

En cuanto al análisis geoestadístico, se llevó a cabo con los datos de capturas globales para cada año y con las comparaciones entre ellos (estudios interanuales), así como con los datos de capturas semanales de cada año a lo largo de todo el periodo de muestreo (estudios intraanuales). Antes de la construcción de los variogramas y la estimación mediante el krigeado se utilizó la transformación log (n + 1).

Las variables estudiadas para los datos muestrales fueron el número de capturas en trampas, la semana de primera captura y la semana de pico poblacional de la primera generación de cada año. Los datos se analizaron a través del PROC UNIVARIATE y del PROC GLM (General Linear Model) de

SAS (SAS Institute Inc.). En el estudio interanual, las variables anteriores son las variables respuesta, con el año y el punto (localización) como causas de los efectos. Con los datos de capturas semanales de cada año se estudia la evolución de las capturas en trampas para observar los efectos año, punto (localización) y ciclo de muestreo (o generación). Las diferencias significativas se establecieron al 95% del nivel de confianza ($P<0.05$). La distribución espacial de las variables se analizó mediante la combinación de dos paquetes informáticos de análisis espacial: SURFER para Windows versión 8 y Variowin versión 2.21.

El fin último de este trabajo fue desarrollar mapas de estimaciones interpoladas a toda la zona de estudio del número de capturas en trampas de machos de polilla y de las semanas hasta la primera captura y hasta el pico poblacional de la primera generación para cada año. Para ello se utilizó el programa SURFER 8 mediante procedimientos de krigeado ordinario (KO), que ofrece la mejor estimación lineal insesgada de los valores interpolados. El espaciado utilizado en la construcción de la retícula (grid) es de 100 x 100 m.

3. RESULTADOS

3.1. Estudios intraanuales

El número medio de capturas para cada generación de cada año de muestreo se recoge en la Tabla 2. El modelo muestra que el número medio de capturas semanales en trampas se vio afectado tanto por el año como por la generación dentro de un mismo año ($F = 16.82$; $P < 0.0001$; $R^2 = 0.40$). La evolución semanal del número de capturas a lo largo de los tres años se muestra en la Figura 2. Se observa que en 2006 la 2ª generación se desarrolla con mayor rapidez, lo que posibilita una 3ª generación más larga y patente que en 2005. Las Tablas 3, 4 y 5 muestran la descripción de los modelos que relacionan la Y(h) = semivarianza estandarizada de log (n + 1) con h = distancia de separación entre muestras, para los años 2005, 2006 y 2007, respectivamente.

Tabla 2: Número medio de capturas semanal en las diferentes generaciones de cada año

Año	1ª Gen.	2ª Gen.	3ª Gen.	$F_{año}$ (P)	$F_{Gen.}$ (P)	$F_{Gen*año}$ (P)
2005	14.18 ±1.37	10.40 ± 2.10	2.18 ± 0.39	15.54	17.26	4.99
2006	24.64 ± 3.01	7.88 ± 1.20	9.61 ± 1.28	(<0.0001)	(<0.0001)	(0.0019)
2007	10.80 ± 1.13	4.26 ± 0.57	-			

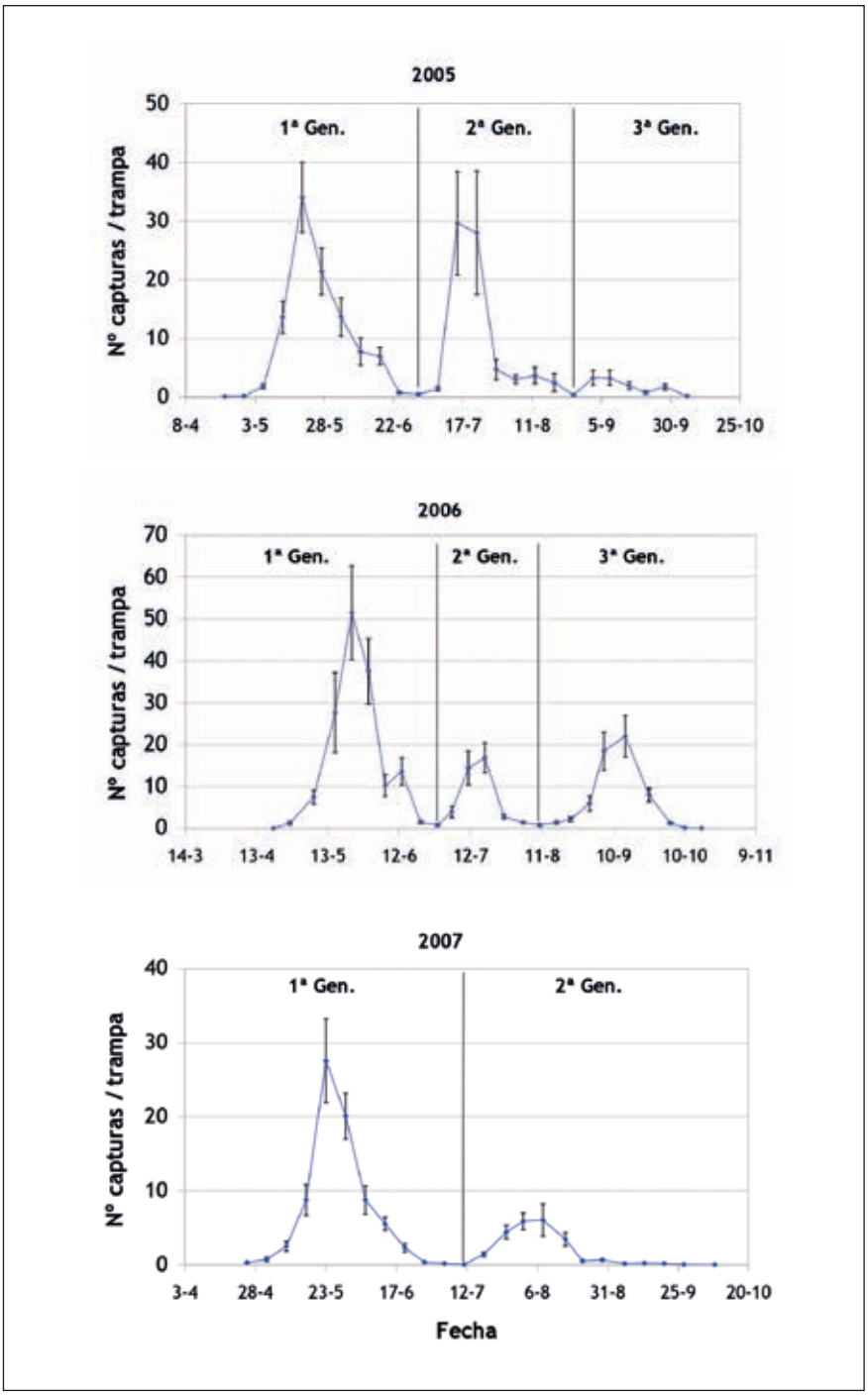

Figura 2. Curvas de vuelo y generaciones de *Lobesia botrana* en 2005, 2006 y 2007.

Tabla 3. Descripción de los modelos para el año 2005

Fecha	Modelo	S^2	lag	Pepita	Meseta	Rango(1)	Área(2)	Igf(3)	R^2	k(4)
13-5	Esf.	0.364	5750	0.024	0.400	16240	829	0.00097	0.22	0.06
20-5	Esf.	0.493	5750	0.075	0.500	21560	1460	0.00815	0.37	0.15
27-5	Exp.	0.438	5700	0.078	0.470	28000	2463	0.00942	0.35	0.17
3-6	Esf.	0.375	3900	0.108	0.316	16000	804	0.00240	0.29	0.34
10-6	Exp.	0.306	5900	0.016	0.352	24000	1810	0.00097	0.40	0.05
17-6	Esf.	0.262	5650	0.102	0.150	10120	322	0.00922	0.29	0.68
15-7	Esf.	0.483	5650	0.110	0.370	10350	337	0.00002	0.26	0.30
22-7	Esf.	0.563	5500	0.156	0.444	14740	683	0.00024	0.30	0.35
2-9	Exp.	0.166	5450	0.100	0.088	16320	837	0.00008	0.16	1.14
8-9	Esf.	0.145	5900	0.083	0.074	7900	196	0.00037	0.06	1.12
Media	Exp.	0.247	5450	0.027	0.279	27000	2290	0.00272	0.36	0.10

(1) en m; (2) en Km^2; (3) igf: bondad del ajuste del modelo; (4) K: Pepita/(Pepita + Meseta).

Tabla 4. Descripción de los modelos para el año 2006

Fecha	Modelo	S^2	lag	Pepita	Meseta	Rango(1)	Área(2)	igf(3)	R^2	k(4)
7-5	Esf.	0.296	4300	0.036	0.282	14040	619	0.00134	0.27	0.13
16-5	Esf.	0.448	6400	0.110	0.390	20540	1325	0.00015	0.41	0.28
23-5	Esf.	0.314	3950	0.060	0.236	6720	141	0.00230	0.24	0.25
30-5	Exp.	0.437	4950	0.075	0.405	16750	881	0.00097	0.24	0.19
13-6	Esf.	0.312	3800	0.060	0.184	4500	64	0.00154	0.41	0.33
11-7	Esf.	0.379	3750	0.120	0.308	7350	170	0.00004	0.09	0.39
18-7	Esf.	0.273	4650	0.057	0.207	6270	124	0.00458	0.08	0.28
31-8	Exp.	0.251	3600	0.093	0.204	6750	143	0.00239	0.03	0.46
6-9	Esf.	0.278	4000	0.168	0.117	5200	85	0.00056	0.03	1.44
15-9	Esf.	0.276	4750	0.078	0.195	5510	95	0.01310	0.11	0.40
25-9	Esf.	0.206	4900	0.129	0.087	5800	106	0.00063	0.10	1.48
Media	Esf.	0.217	3850	0.021	0.189	8000	201	0.00034	0.26	0.11

(1) en m; (2) en Km^2; (3) igf: bondad del ajuste del modelo; (4) K: Pepita/(Pepita + Meseta)

Tabla 5. Descripción de los modelos para el año 2007

Fecha	Modelo	S^2	lag	Pepita	Meseta	Rango(1)	Área (2)	igf(3)	R^2	k(4)
16-5	Exp.	0.251	5350	0.045	0.231	14740	683	0.00062	0.23	0.19
23-5	Exp.	0.325	4700	0.045	0.324	18620	1089	0.00033	0.22	0.14
30-5	Exp.	0.266	4100	0.069	0.189	12810	516	0.00095	0.27	0.37
6-6	Exp.	0.272	5350	0.051	0.249	23490	1733	0.00200	0.40	0.20
13-6	Gauss.	0.210	5350	0.069	0.174	22000	1521	0.00210	0.55	0.40
26-7	Gauss.	0.190	3700	0.064	0.188	13950	611	0.00048	0.23	0.34
1-8	Esf.	0.210	3700	0.093	0.174	15000	707	0.00068	0.10	0.53
8-8	Exp.	0.216	3750	0.093	0.165	9600	290	0.00138	0.07	0.56
16-8	Esf.	0.175	4000	0.080	0.122	5280	88	0.00448	0.01	0.66
media	Esf.	0.146	3830	0.012	0.174	16000	804	0.00298	0.27	0.07

(1) en m; (2) en Km^2; (3) igf: bondad del ajuste del modelo; (4) K: Pepita/(Pepita + Meseta)

En general, los variogramas omnidireccionales construidos semanalmente en cada uno de los años de muestreo para las semanas en las que esto ha sido posible, muestran dependencia espacial en el número de capturas. En dos casos de 2005, el parámetro k se sitúa por encima de 0.80, que es el valor a partir del cual se puede considerar que deja de existir un fenómeno agregado, falta la estructura espacial y, por tanto, se trata de una distribución aleatoria (Journel y Huijbregts, 1978). En el resto de semanas los valores se sitúan por debajo de 0.70. Las dos semanas en las que deja de haber relación entre las muestras, el 2 de septiembre y el 8 de septiembre, entran dentro de la 3ª generación, con valores poblacionales mucho más bajos que en las generaciones precedentes. El valor del efecto pepita frente a la varianza total es muy alto, indicativo de que existe una gran variación del fenómeno a una escala menor que la usada en el estudio.

El rango estimado de los modelos varía entre 7.9 km y 28 km, según la fecha de muestreo, siendo el de las capturas medias de 27 km. La superficie que podría cubrir una trampa varía, por tanto, según la fecha, entre 196 y algo más de 2.460 Km^2, lo que equivale a decir que en algunos momentos del muestreo, con apenas una trampa se podría haber cubierto la totalidad de la superficie de muestreo. El igf, indicativo del ajuste matemático del modelo se sitúa en todos los casos en valores por debajo de 0.01.

Para los modelos de 2006, el parámetro k varía entre 0.13 y 1.48, y para las capturas medias es 0.11. También en dos modelos el parámetro k se sitúa por encima de 0.80, en las fechas 6 de septiembre y 25 de septiembre, durante el inicio y final de la tercera generación y dónde, una vez más, predominan las bajas densidades poblacionales. El rango varía entre los 4.5 km y los 20.5 km, siendo de 8 km para las capturas medias. El área que podría cubrir cada trampa sería de entre 64 y 1325 Km^2.

2005

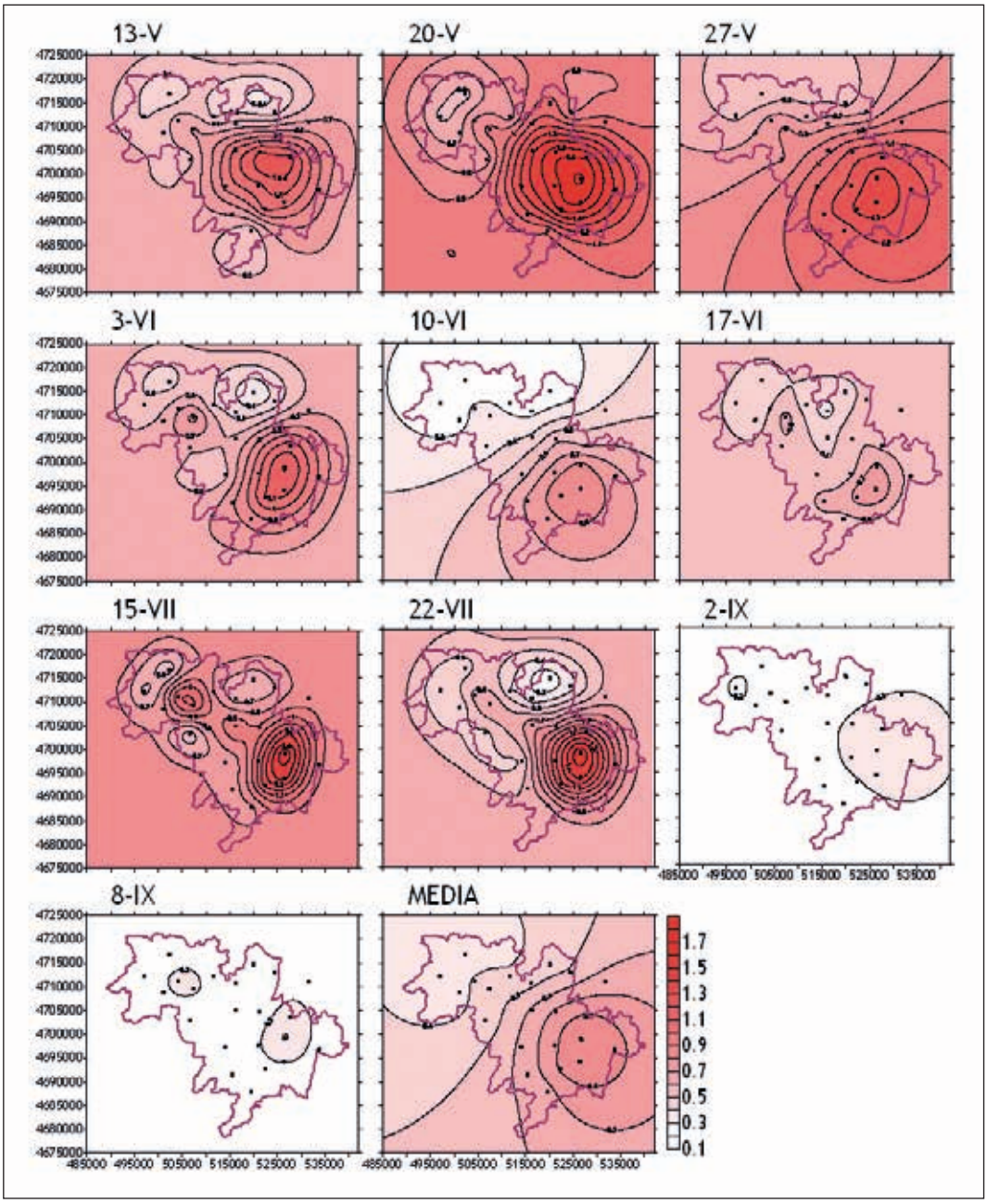

Figura 3: Mapas de contorno o "curvas de isovuelo" para las fechas descritas en 2005 y para la media anual.

2006

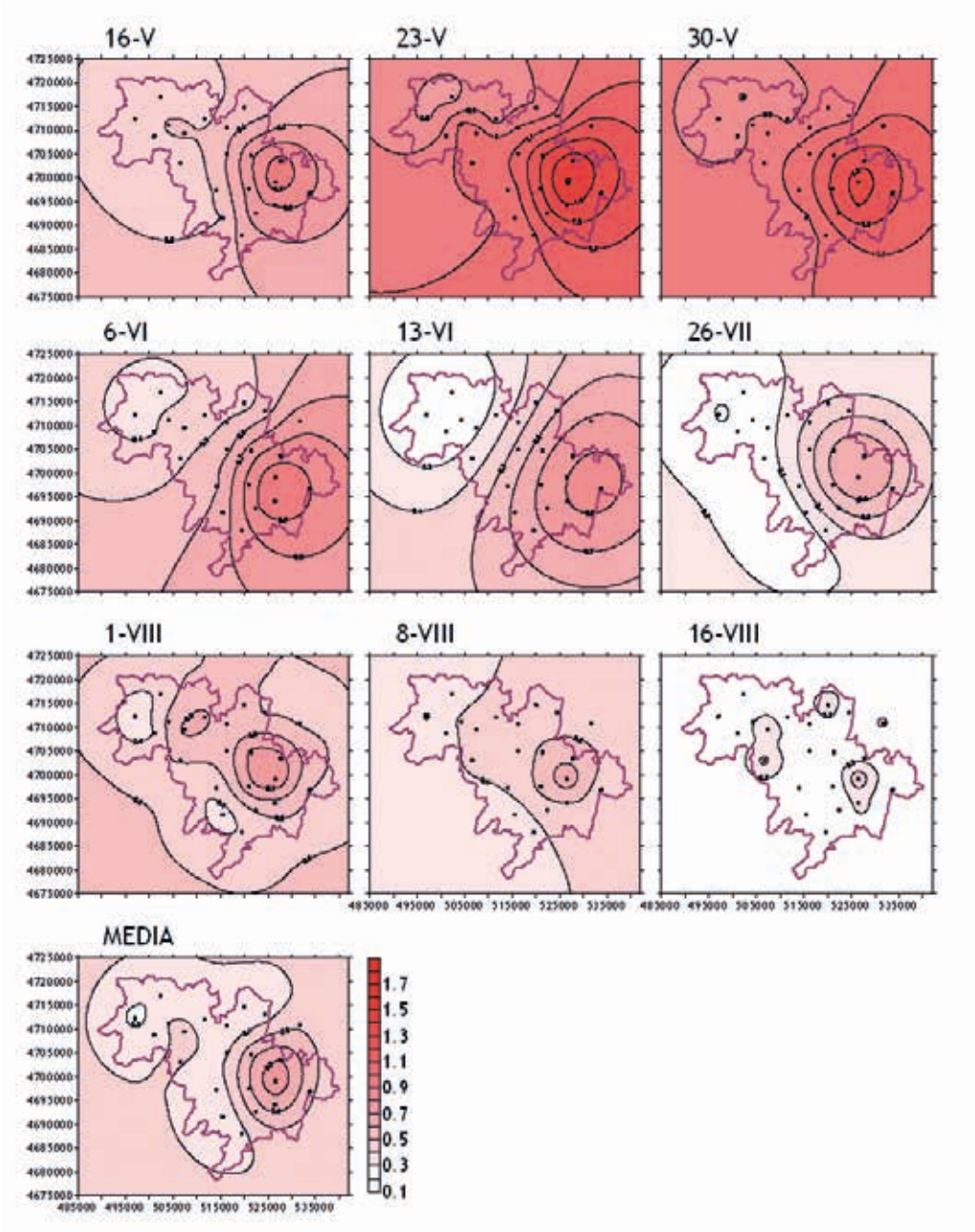

Figura 4: Mapas de contorno o "curvas de isovuelo" para las fechas descritas en 2006 y para la media anual..

2007

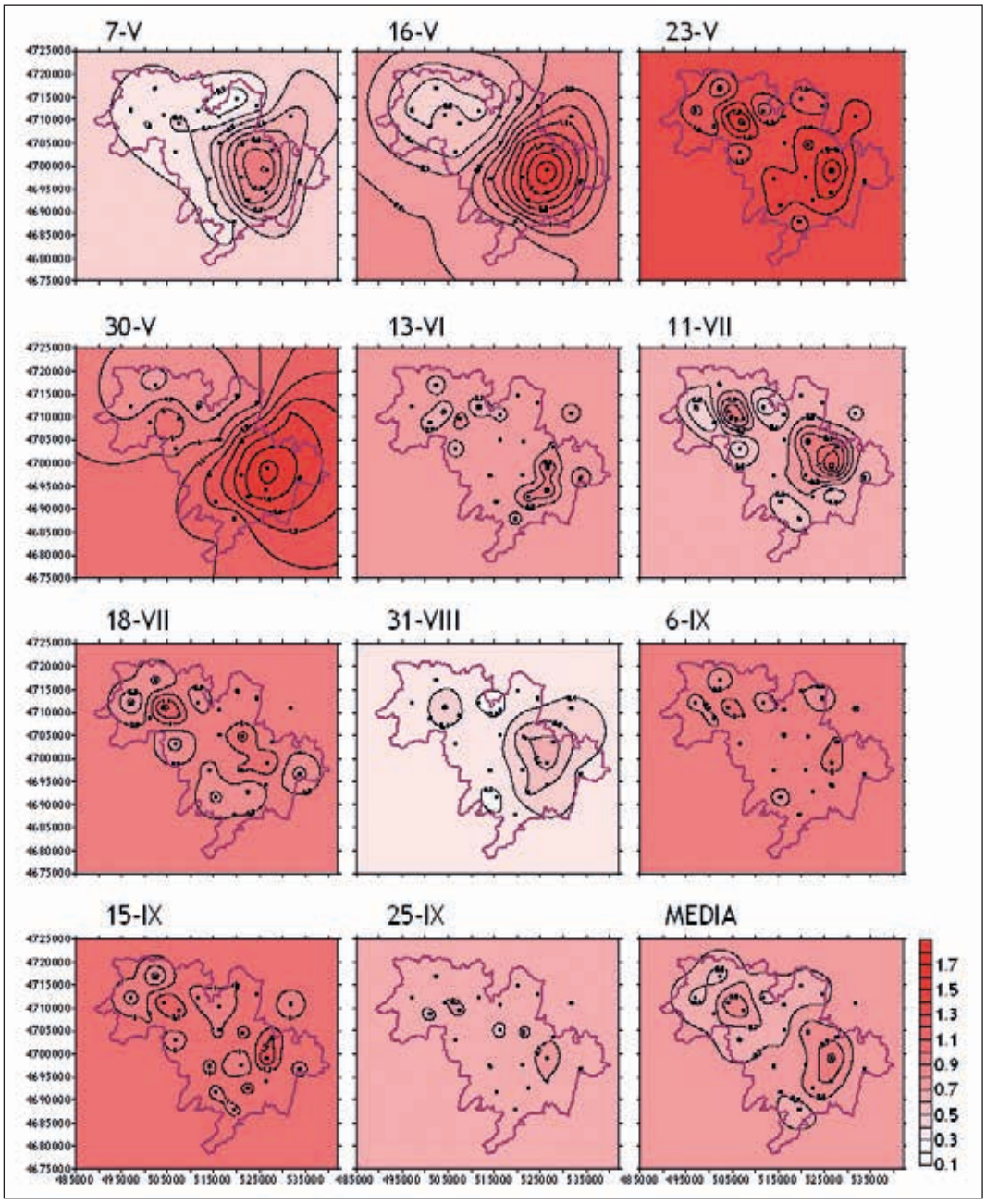

Figura 5: Mapas de contorno o "curvas de isovuelo" para las fechas descritas en 2007 y para la media anual..

El igf en 2006 se sitúa, en todos los casos, por debajo de 0.014 y en 2007 por debajo de 0.005. Ninguno de los modelos de 2007 presenta un valor de k por encima de 0.80, situándose entre 0.14 y 0.66, con un valor de 0.07 para las capturas medias. Los rangos en 2007 son generalmente muy parecidos a los de los dos años anteriores, con valores entre los casi 5.3 km y los 23.5 km, cubriendo una superficie, según la fecha, de entre 88 y 1733 Km^2. Salvo en dos modelos en 2005 y otros dos en 2006, se puede decir que los modelos explican la variabilidad entre los pares de muestras a través de la dependencia espacial.

En la Figuras 3, 4 y 5 se muestran los mapas de contorno o "curvas de isovuelo" para cada fecha descrita cada año. En los tres años, se produce la mayor explosión poblacional entre el 20 y el 30 de mayo que, como se ha puesto de manifiesto en la figura de evolución de capturas (Figura 2), se corresponde con el pico de la 1ª generación y que es coincidente en el tiempo. En los tres años se observa que la mayor incidencia se produce en la parte sureste de la zona de muestreo, especialmente en el término municipal de Huércanos y sus alrededores. A raíz de la explosión poblacional ocurrida durante la 1ª generación, el aumento del número de capturas se extiende de forma generalizada en dirección noroeste, siempre manteniéndose más alto en su foco principal, pero llegando a establecer un segundo foco de importancia en el término municipal de Casalarreina, en el centro oeste de la zona de muestreo, y que en 2005 y 2006 se observa que se mantiene hasta la segunda generación durante el mes de julio. Esta distribución bipolar, siguiendo la dirección del cauce del río, queda plasmada de manera clara en el mapa de medias de 2006. Los puntos situados en las partes de mayor altitud de la zona de muestreo, correspondientes a las zonas noreste y suroeste, son las que en todos los años sufren una menor densidad poblacional de polilla, lo que está íntimamente ligado a las condiciones microclimáticas de esas zonas, por lo general más frías, lo que dificulta el establecimiento de la especie y ralentiza el desarrollo de la viña.

3.2. Estudios interanuales

Las características de la población de machos adultos de *L. botrana* en cada año de muestreo se muestran en la Tabla 6. Se observan diferentes niveles poblacionales en cada uno de los años. El año en el que se alcanza un mayor número total de capturas es 2006, con más de 250 capturas totales de media por trampa, seguido del 2005, con 185 capturas. El año 2007 presenta menos capturas, algo más de 100, debido a que, por motivos climáticos (lluvias y relativamente bajas temperaturas durante gran parte del verano), no hubo tercera generación de polilla en la zona de estudio. De media, el número de capturas por año y por trampa se sitúa en torno a las 178.

La semana de primera captura se sitúa de media en la semana 3 desde el comienzo de los muestreos, o lo que es lo mismo, en la tercera semana desde mediados de abril o la primera semana de mayo, si bien en 2006 y

2007 es ligeramente antes, y en 2005 se atrasa algo. Lo que sí sucede en los tres años es que el pico poblacional de la primera generación se alcanza de media en la semana 5-5,5 tras el inicio de los muestreos, lo que coincide con la tercera semana de mayo.

Tabla 6. Características de la población de machos adultos de *L. botrana* en cada año de muestreo y media de los 3 años

	Nº capturas	Sem. 1ª captura	Sem. Pico 1ª gen.
Media	178.55 ± 22.24	2.99 ± 0.11	5.42 ± 0.08
2005	185.00 ± 34.89 a	3.38 ± 0.25 a	5.68 ± 0.20 a
2006	250.68 ± 51.83 a	2.84 ± 0.15 ab	5.16 ± 0.07 a
2007	100.55 ± 18.15 b	2.80 ± 0.18 b	5.45 ± 0.11 a
$F_{año}$ (P)	14.37 (<0.0001)	3.98 (0.0215)	1.86 (0.1613)
F_{loc} (P)	16.50 (<0.0001)	8.25 (0.0001)	1.19 (0.2804)
$F_{sem\ 1ª}$ (P)	-	-	8.41 (<0.0001)

El número de capturas se construye con las variables año y localización geográfica. El modelo es significativo ($F = 16.32$; $P < 0.0001$) con una R^2 de 0.78. La 1ª semana de captura también es una variable que se construye con año y localización como variables dependientes. La $F = 7.88$ ($P < 0.0001$) con $R^2 = 0.64$ y la variable semana de pico de 1ª generación, se construye con esas dos variables y, además, la variable semana de 1ª captura con una $F = 2.52$ ($P = 0.0004$) y $R^2 = 0.42$.

Se observa que tanto el número de capturas por trampa y año como la semana de primera captura se ven afectados por el año y por la localización. No así la semana de pico poblacional de la primera generación, como se puede observar en 2005, año en el que tanto la semana de primera captura como la semana de pico de la primera generación están ligeramente atrasadas respecto a la media y a los otros dos años.

Con respecto a la variable número de capturas, las localizaciones significativamente diferentes ($P < 0.05$) del resto son la 2, 8, 11, 12, 13 y 14. Para la variable semana de primera captura, las localizaciones diferentes son la 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17, mientras que para la variable semana de pico de 1ª generación no hay ninguna localización significativamente diferente, es decir, no hay tendencias a gran escala en la zona de muestreo.

La evolución de las capturas en trampas a lo largo de diferentes años (Figura 6) muestra una concordancia en el momento en el que se alcanza el

máximo poblacional en la 1ª generación y que se trata de los adultos procedentes de pupas invernantes. En 2005 y 2006, el pico poblacional de la 2ª generación se alcanza también dentro de la misma semana. En 2007, debido a las bajas temperaturas que se produjeron en esa zona durante los meses de verano, especialmente durante el mes de junio, el pico de la 2ª generación se retrasa aproximadamente un mes y no aparece una 3ª generación.

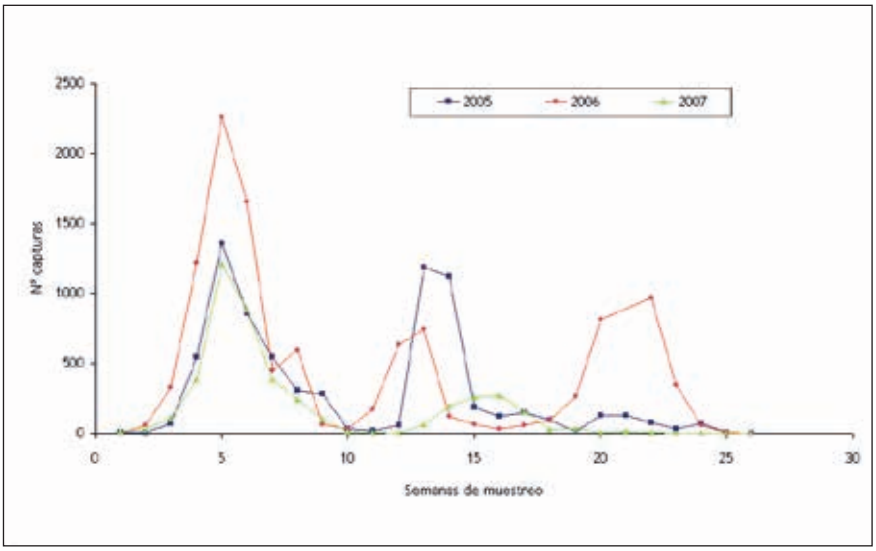

Figura 6. Evolución de las capturas totales de machos adultos de *L. botrana* en 2005, 2006 y 2007.

Las figuras 7, 8 y 9 muestran los mapas de contorno generados para las variables número de capturas o "curvas de isovuelo", semana de primera captura y semana de pico poblacional de la 1ª generación, respectivamente. Por su parte, las Tablas 7, 8 y 9 recogen los modelos teóricos y los parámetros obtenidos del ajuste de éstos a los semivariogramas experimentales para cada una de estas variables. El rango de la dependencia espacial para el número de capturas totales por trampa fue de 17.4 Km en 2005, de 8.8 Km en 2006, y de algo más de 10.5 Km en 2007, lo que en términos de superficie indica que una trampa podría cubrir una superficie de 945, 243 y 348 Km^2, respectivamente. El parámetro k se sitúa en todos los casos por debajo de 0.15, lo que indica que la distribución es agregada, con una fuerte relación entre las muestras. Los mapas de contorno muestran la tendencia hacia una distribución bipolar, con un foco de mayor densidad poblacional en torno a la localización 2, en la parte sureste de la zona estudiada, que se extiende hacia el noroeste, salvo en 2007 que presenta una menor densidad de polilla, hacia un segundo foco que se centra en torno a las localizaciones de Casalarreina y Tirgo (Figura 8 y Tabla 7).

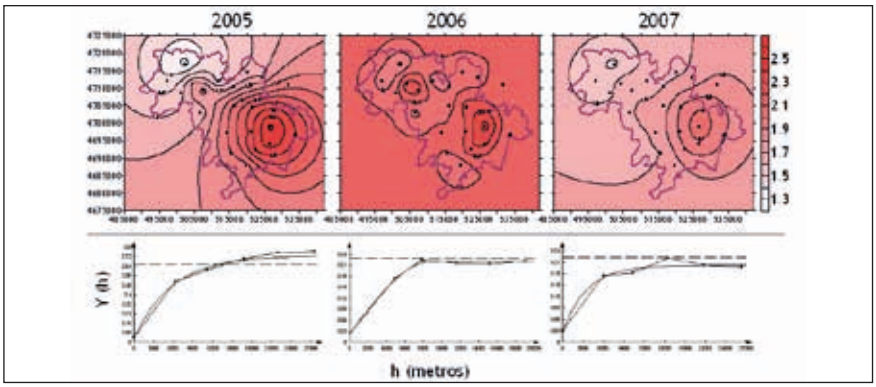

Figura 7. Mapas de contorno generados para el número de capturas o "curvas de isovuelo" y semivariogramas de los años 2005, 2006 y 2007.

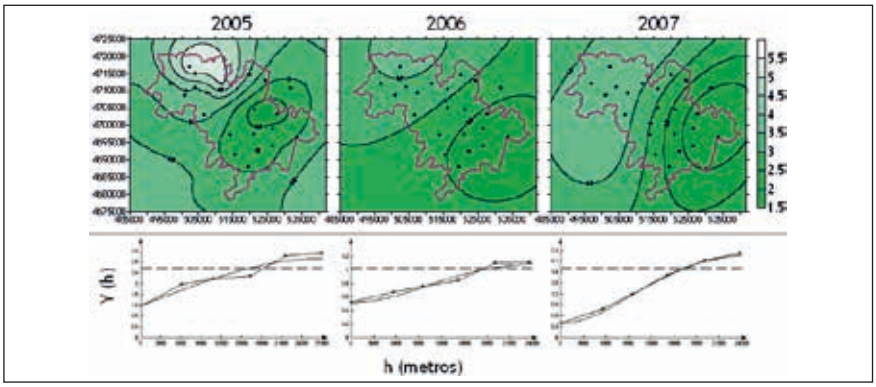

Figura 8. Mapas de contorno generados para la semana de primera captura y semivariogramas de los años 2005, 2006 y 2007.

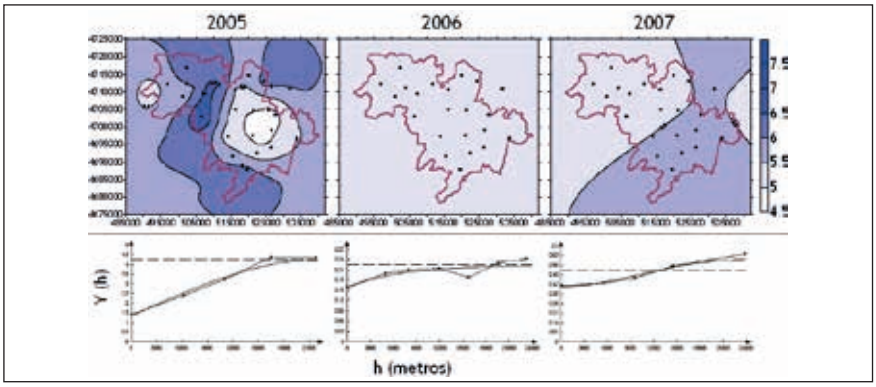

Figura 9. Mapas de contorno generados para el pico poblacional de la 1ª generación y semivariogramas de los años 2005, 2006 y 2007.

Tabla 7. Modelos teóricos y parámetros obtenidos de su ajuste a los semivariogramas experimentales para el número de capturas o "curvas de isovuelo"

Año	Modelo	S^2	lag	Pepita	Meseta	Rango (m)	Área (km^2)	igf(1)	R^2	k(2)
2005	Exp.	0.655	5620	0.035	0.700	17360	945	0.00192	0.40	0.05
2006	Esf.	0.230	3850	0.024	0.198	8800	243	0.00097	0.27	0.12
2007	Exp.	0.232	5200	0.027	0.177	10530	348	0.00492	0.34	0.15

(1) igf: Bondad del ajuste del modelo; (2): K: Pepita/(Pepita + Meseta).

Tabla 8. Modelos teóricos y parámetros obtenidos de su ajuste a los semivariogramas experimentales para la semana de 1ª captura

Año	Modelo	S^2	lag	Pepita	Meseta	Rango (m)	Área (km^2)	igf(1)	R^2	k(2)
2005	Esf.	2.562	5440	1.191	1.768	27000	2290	0.01092	0.26	0.67
2006	Gauss.	1.026	4830	0.529	0.608	24000	1810	0.00506	0.36	0.87
2007	Gauss.	1.913	4850	0.420	1.940	23040	1668	0.00082	0.43	0.22

(1) igf: Bondad del ajuste del modelo; (2): K: Pepita/(Pepita + Meseta).

Tabla 9. Modelos teóricos y parámetros obtenidos de su ajuste a los semivariogramas experimentales para la semana de pico poblacional de la 1ª generación

Año	Modelo	S^2	lag	Pepita	Meseta	Rango (m)	Área (km^2)	igf(1)	R^2	k(2)
2005	Esf.	2.562	5440	1.191	1.768	27000	2290	0.01092	0.26	0.67
2006	Gauss.	1.026	4830	0.529	0.608	24000	1810	0.00506	0.36	0.87
2007	Gauss.	1.913	4850	0.420	1.940	23040	1668	0.00082	0.43	0.22

(1) igf: Bondad del ajuste del modelo; (2): K: Pepita/(Pepita + Meseta)

El valor k de los modelos que mejor describen la estructura espacial de la variable semana de primera captura indica que en 2006 la distribución espacial de la variable no es agregada. Es muy significativo que los tres modelos muestren un rango de dependencia espacial por encima de los 23 Km, llegando incluso en 2005 a los 27 Km, lo que supone que en cualquiera de los tres años sólo se necesitaría una única trampa para cubrir el total de la superficie de muestreo. Analizando los mapas de contorno de esta variable, se observa que en los tres años los puntos situados a la derecha de un imaginario eje que dividiese la zona de muestreo de suroeste a nordeste, pasan entre 2 y 3 semanas desde el inicio de los muestreos hasta que se produce la primera captura en trampas, mientras que los situados a la izquierda de ese eje tardan siempre entre 3 y 4 semanas. Esto indica que la expansión del vuelo de la polilla se produce desde los puntos situados más al este o sureste hacia los puntos situados más al oeste o noroeste. La distribución

de esta variable está gráficamente relacionada con la distribución de la variable anterior, de forma que los puntos en los que se produce una mayor densidad poblacional (mayor número de capturas por trampa) son, en gran medida, los puntos en los que antes se producen las primeras capturas. Con dos trampas, cada una situada a un lado de ese imaginario eje, se tendría controlado el momento en el que se produce la primera captura en la zona estudiada (Figura 9 y Tabla 8).

Sería un tanto arriesgado sacar alguna conclusión de los datos ofrecidos por los modelos que describen la estructura espacial de la variable semana de pico de 1ª captura, ya que el valor k muestra unos valores muy por encima de 0.80, que es el valor hasta el que se establece que existe agregación espacial en la variable. La diferencia entre la meseta y el efecto pepita es la porción de la varianza muestral que puede ser modelizada, y en esos casos no existe al ser el efecto pepita mayor que la meseta. Sólo en 2005 el valor de este índice (0.47) permite tener una idea de los parámetros que describen la distribución de la variable en campo. Para ese año, el rango de dependencia espacial es de 22 Km, lo que implica una superficie de 1521 Km^2, que es similar a la superficie muestreada. Los puntos de los variogramas en 2006 y 2007 siguen prácticamente una línea recta y el modelo más adecuado para describir esa disposición sería el llamado "efecto pepita puro", que indica que la variable se comporta de manera aleatoria. En el mapa de contorno para el año 2005 se observa que hay una zona, que coincide con la parte suroeste, en la que se produce la mayor densidad poblacional, aparecen las primeras capturas en trampas y aparece primero el pico de la 1ª generación.

4. DISCUSIÓN

L. botrana es una plaga que ha sido intensamente estudiada y de la que se conocen abundantes métodos de seguimiento y control. Así, las trampas de feromona sexual han demostrado ser muy efectivas en la detección y seguimiento de sus poblaciones. El conocimiento de la evolución de los niveles de captura con el tiempo es de gran utilidad cualitativa al permitir establecer las curvas de vuelo y determinar el momento de realizar conteos visuales en los racimos, limitando estas laboriosas observaciones al mínimo imprescindible, más aún si esa evolución se puede extrapolar a todo el territorio y de una manera muy visual, como la reportada por las estimaciones geoestadísticas.

Mediante los mapas de contorno se establece un seguimiento prácticamente semanal de la evolución de la curva de vuelo en todo el territorio. De esta manera se pueden focalizar los esfuerzos en los momentos y en las zonas en las que las densidades poblacionales sean más significativas. Como consecuencia, el presente trabajo también permite determinar la densidad de trampas necesaria para muestrear las poblaciones de la polilla del racimo.

Atendiendo a los cambios en el rango de dependencia espacial registrados en cada año, puede observarse cómo los patrones de distribución espacial y el grado de agregación de las poblaciones de *L. botrana* cambian a lo largo de su desarrollo. El rango de influencia posee una significación muy importante desde un punto entomológico y práctico. Más allá de la distancia de alcance, la variabilidad entre muestras es independiente. Por eso no es adecuado disponer los puntos de muestreo separados más allá de esa distancia a la hora de diseñar el muestreo. Por otro lado, tampoco se debe correr el riesgo de que, por estar demasiado juntos, se obtengan muestras que puedan no ser espacialmente independientes (Midgarden *et al.*, 1993). En numerosos momentos, la densidad de trampas podría ser menor que la establecida en este estudio (una trampa cada 4 a 7 km), que de por sí es suficientemente pequeña, llegando en algunos momentos a sobrepasar los 20 km. La autocorrelación a grandes distancias puede estar relacionada con diferentes fenómenos como la existencia de grandes colonias aisladas, autocorrelación en las características medioambientales que afectan al establecimiento de las poblaciones o la capacidad de dispersión de la especie desde zonas con alta densidad (Sharov *et al.*, 1996).

El alto valor de la meseta observado en el modelo anual en 2005 (0.700) indica una alta variación en la media de la densidad de población entre las diferentes áreas, lo que significa que existen parches de superficie con alta densidad poblacional separados por otras zonas con niveles poblacionales bajos. Este tipo de patrón espacial puede ser el resultado de la variabilidad en el momento de la colonización inicial y del crecimiento diferencial de la población en localizaciones favorables y desfavorables. En nuestro caso, parece ser esta segunda la explicación más plausible debido a que se trata de poblaciones ya establecidas en la zona durante un largo tiempo. Los patrones de distribución agregados en insectos sugieren que los individuos se concentran en las partes más favorables del hábitat debido a su mayor disposición de recursos, a la heterogeneidad medioambiental y al comportamiento agregado de la especie durante la cópula o con motivo de su propia defensa (Taylor, 1984).

Las tendencias de dispersión a gran escala detectadas en el estudio, tanto para la variable densidad de capturas como para la variable temporal semana de 1ª captura, están en relación con la distribución y forma de esos parches de hábitat favorables dispuestos en dirección sureste-noroeste, paralelo a la dirección de la vega del río y a la de las cadenas montañosas que cercan esa vega por el suroeste (Sierra de la Demanda) y por el noreste (Sierra de Cantabria). Las parcelas de la vega sufren un mayor ataque de la plaga al ofrecer zonas con mejores condiciones de temperatura que las situadas en las zonas más altas. A lo largo de ese mismo eje, existe también una marcada tendencia bipolar, con un núcleo poblacional muy intenso en el borde suroriental limítrofe con Rioja Media (Huércanos, Manjarrés, etc.), y de características más cálidas, que se extiende en menor medida corriente arriba del río hasta los términos de Casalarreina y Tirgo, algo más fríos y, posiblemente por eso, con poblaciones menos marcadas. De esa manera,

se puede esperar que el crecimiento poblacional sea mayor en esas zonas y que las tendencias poblacionales sean un reflejo de las características geográficas y climáticas señaladas anteriormente. En 2006 y 2007 los modelos señalan una relación espacial más débil. El valor de la meseta es más bajo (0.198 y 0.177, respectivamente), indicando una mayor parte de variabilidad no explicada, lo que sugiere que las dinámicas poblacionales en esos años se hacen más estacionarias. En año 2006 posiblemente se deba a las mayores densidades poblacionales alcanzadas de forma generalizada en la zona de muestreo, mientras que en 2007 es probable que sea por el caso contrario, a pesar de que la relación espacial no tiene porqué ser dependiente de la densidad poblacional (Midgarden *et al.*, 1993).

El patrón agregado de la distribución espacial ofrecido por *L. botrana* ha sido confirmado por el análisis geoestadístico a través de los datos de los semivariogramas y se muestra claramente en los mapas generados. La existencia de ese patrón agregado permite el establecimiento del mejor plan de muestreo para cada caso, adecuando la densidad de trampas a lo requerido en cada momento, lo que permite el muestreo en grandes superficies con un menor coste y esfuerzo. Sin embargo, un valor alto del efecto pepita, que representa el error experimental no detectable y la variación espacial por debajo de la escala de muestreo establecida, sugiere en algunos casos la existencia de una dependencia espacial a escalas menores que la resolución empleada en el estudio, atribuible a la agregación de individuos en parcelas determinadas o en zonas determinadas de una parcela. La correlación espacial entre muestras puede ocurrir a diferentes escalas (Barrigosi *et al.*, 2001), habiendo estudios que han encontrado variabilidad en la distribución poblacional de esta especie a nivel de parcela (Peláez *et al.*, 2006; Ifoulis y Savopoulou-Soultani, 2006).

Los mapas generados en el presente trabajo muestran cómo se repiten, año tras año, los mismos focos de máxima infestación, así como los patrones de evolución espacial de *L. botrana* en la zona de muestreo. Invariablemente, la 1ª generación es la más populosa y es la que produce una mayor expansión de la plaga y un crecimiento en las densidades poblacionales en prácticamente toda la superficie. Este hecho lleva a la discusión de si es adecuado o no considerar la 1ª generación en la estrategia de control. Por un lado es una generación que rara vez produce daños significativos, pero por otro determina el nivel de infestación por parte de las generaciones siguientes.

La consecuencia inmediata de la identificación de las principales zonas de infestación y de otros factores relacionados, principalmente medioambientales, es que se puede emplear ese conocimiento a la hora de enfocar los tratamientos insecticidas reduciendo los costes del control químico, así como los problemas medioambientales derivados de ese tipo de control.

Avilla & Rives-Dasi (2004) observaron que la variable "fecha de superación del umbral de tolerancia" también es una variable regionalizable y se puede emplear en un sistema de avisos a los agricultores, lo que significa

que las variables temporales también son susceptibles de ser estudiadas mediante técnicas geoestadísticas. En este trabajo, se han incorporado dos variables temporales ("semana de 1ª captura" y "semana de pico poblacional de la 1ª generación") con vistas a su empleo como indicadores útiles, en la interpolación a todo el territorio, de la predicción y modelización del desarrollo de esta especie en función de la temperatura. El hecho de conocer en toda la superficie el momento en el que producen los fenómenos más importantes del desarrollo de *L. botrana* permitiría la monitorización del insecto reduciendo drásticamente los muestreos en campo.

Lo que presumiblemente ofrecería una mejor información en el proceso de modelización sería conocer la semana en la que se produce el pico poblacional de la 1ª generación (momento en el que se alcanza la mayor densidad de adultos en cada punto) y así establecer el "biofix" a partir del cual predecir el desarrollo de la especie en función de la temperatura. Sin embargo, los modelos muestran que esa variable, salvo para el año 2005, sigue un patrón más o menos aleatorio y, por tanto, no se puede caracterizar en el espacio. Además, existe una clara relación estadística entre la semana de pico de la 1ª generación y la semana en la que se producen las primeras capturas ($F = 8.41$; $P < 0.0001$), lo que indica que, en cada punto, el momento de pico poblacional depende del momento en el que empieza a haber adultos en campo. Esta relación y el comportamiento más agregado de la variable "semana de 1ª captura" permiten proponer su uso como indicador temporal, extrapolable a todo el territorio, del momento a partir del cual iniciar la monitorización del desarrollo de la plaga en campo en función de los datos de temperatura.

Determinando el momento en el que se produce la primera captura en campo, se puede conocer, con ayuda de los valores de la temperatura y de los modelos de desarrollo de la especie formulados por Sáenz de Cabezón (2003), el momento en el que empezarían a emerger las primeras larvas, a aparecer las primeras pupas y, sobre todo, las primeras capturas de la 2ª generación en las diferentes zonas, con todo el abanico de posibilidades para el control que eso supone. En definitiva, se estaría en disposición de adelantarse a los picos poblacionales de la plaga.

El rango o alcance obtenido con los modelos se sitúa entre los 23 y los 27 km, lo que significa que, atendiendo a la división espacial que se observa entre la parte sureste y la noroeste, sería necesario colocar sólo dos trampas, una en cada una de esas zonas, para tener controlado el momento en el que se producen las primeras capturas en todas las localizaciones de la zona de muestreo. Suponiendo que, en lugar de los datos de temperatura ofrecidos por estaciones climáticas, se dispusiese de datos de temperaturas a nivel de parcela y habiendo comprobado que las variables temporales, en particular la semana de primeras capturas, son regionalizables, no sólo se dispondría de las estimaciones de las densidades poblacionales, sino que se podrían generalizar a todo el territorio las estimaciones espaciales de otras variables temporales calculadas a raíz de los datos de modelización del desarrollo, y así monitorizar el estado de la evolución temporal del desarrollo de la plaga.

Este estudio sienta las bases para el monitoreo a gran escala de *L. botrana* en la zona vitivinícola de Rioja Alta. Para mejorar el conocimiento de la distribución espacio-temporal de esta plaga habría que incorporar todas las variables antrópicas y medioambientales presentes en la zona, así como modelos de estimación del desarrollo que facilitasen la predicción de la evolución de las poblaciones, lo que redundaría en un uso más efectivo de los métodos de control. Los Sistemas de Información Geográfica (GIS) y las técnicas geoestadísticas ofrecen la posibilidad de integrar toda la información válida necesaria para llevar a cabo ese proyecto. La Geoestadística tiene el potencial de establecer conexiones entre los patrones de distribución de artrópodos con los procesos ecológicos (Rossi *et al.*, 1992; Liebhold *et al.*, 1993) y los GIS la capacidad de integrar todas las variables necesarias en el estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Avilla, J. y Ribes-Dasi, M. (2004). Aplicaciones de la geoestadística y de los sistemas de información geográfica en el estudio de las poblaciones de las plagas. *Phytoma España*, 164, 22-24.

Barrigosi, J.A.F., Young, L.J., Gotway, C.A.G., Hein, G.L. y Higley, L.G. (2001). Spatial and probability distribution of Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinelidae) egg mass populations in dry bean. *Environmental Entomology*, 30, 244–253.

Coscollá, R. (1997). *La polilla del racimo de vid (Lobesia botrana Denis & Schiffermüller)*. Serie Técnica. Ed. Generalitat Valenciana. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Valencia. España. 613 pp.

Coscollá, R., Arias, A., Cortés, J.A., Esteve, R., Martínez-Morga, F., Nieto, J., Pérez-Marín, J.L., Rodríguez-Pérez, M., Sánchez-García, J. y Toledo, J. (1982). Estudio de los daños producidos por la 1º generación de la polilla del racimo de la vid (*Lobesia botrana* Den. & Schiff.). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 8, 215-223.

Fadamiro, H.Y. (2004). Monitoring the seasonal flight activity of *Cydia pomonella* and *Argyrotaenia velutinana* (Lepidoptera: Tortricidae) in apple orchards by using pheromone-baited traps. *Environmental Entomology*, 33, 1711-1717.

Fermaud, M. y Giboulot, A. (1992). Influence of *Lobesia botrana* larvae on field severity of Botrytis rot of grape berries. *Plant Diseases*, 76, 404-408.

Gauthier, N.L., Logan, P.A., Tewksbury, L.A., Hollingsworth, C.F., Weber, D.C. y Adams, R.G. (1991). Field bioassay of pheromone lures and trap designs for monitoring adult corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) in sweet corn in southern New England. *Journal of Economic Entomology*, 84, 1833-1836.

Griffith, D.A. y Peres-Neto, P.R. (2006). Spatial modelling in ecology: the flexibility of eigenfunction spatial analyses in exploiting relative location information. *Ecology*, 87, 2603-2613.

Hassell, M.P. y May, R.M. (1974). Aggregation of predators and insect parasites and its effect on stability. *Journal of Animal Ecology*, 43, 567-594.

Hughes, G. y McKinlay, R.G. (1988). Spatial heterogeneity in yield-pest relationships for crop loss assessment. *Ecological Modelling*, 41, 67-73.

Ifoulis, A.A. y Savopoulou-Soultani, M. (2006). Use of geostatistical analysis to characterize the spatial distribution of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) larvae in northern Greece. *Environmental Entomology*, 35, 497-506.

Iwao, S. (1970). Analysis of contagiousness in the action of mortality factors on the western tent caterpillar population by using the m-m relationship. *Researches on Population Ecology*, 12, 100-110.

Journel, A.G. y Huijbregts, C.J. (1978). *Mining geostatistics*. Academic Press, New York. USA. 600 pp.

Legendre, P. y Legendre, L. (1998). *Numerical ecology*. Elsevier. Amsterdam. 852 pp.

Liebhold, A.M., Rossi, R.E. y Kemp, W.P. (1993). Geostatistics and geographic information systems in applied insect ecology. *Annual Review of Entomology*, 38, 303–327.

Liebhold, A.M., Zhang, X., Hohn, M.E., Elkinton, J.S., Ticehurst, M., Benzon, G.L. y Campbell, R.W. (1991). Geostatistical analysis of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) egg mass populations. *Environmental Entomology*, 20, 1407-1417.

Midgarden, D.G., Youngman, R.R. y Fleischer, S.J. (1993). Spatial analysis of counts of western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) adults on yellow sticky traps in corn: geostatistics and dispersion indices. *Environmental Entomology*, 22, 1124-1133.

Moral-García, F.J., Rodríguez Bernabé, J.A., Arranz Romero, A., de la Cruz Blanco, J.I. y Honorio-Guisado, F. (2004). Técnicas geoestadísticas aplicadas al análisis de la distribución de capturas de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) mediante trampas con feromonas sexuales en una plantación de tomate. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas*, 30, 733-744.

Palma, L., Beja, P. y Rodrigues, M. (1999). The use of sighting data to analyse Iberian lynx habitat and distribution. *Journal of Applied Ecology*, 36, 812-824.

Peláez, H., Maraña, R., Vázquez de Prada, P., Puras, A. y Santiago, Y. (2006). Comportamiento local de poblaciones de *Lobesia botrana* Denis & Schiffermüller (Lepidoptera: Tortricidae). *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas*, 32, 189-197.

Peláez, H., Santiago, Y., García-Sinovas, D., Martín, M.C., Moro, S., Armendariz, I., Sinovas, M., Moreno, M.C., Barrigón, J., Utset, A., Pérez, A. y Manzano, R. (2004). Distribución espacial y su aplicación en la monitorización de la polilla del racimo *Lobesia botrana* Denis & Schiffermüller (Lepidoptera: Tortricidae). *Phytoma España*, 164,149-150.

Ribes-Dasi, M., Albajes, R., Sarasua, M.J. y Avilla, J. (2001). The use of geostatistics to study the spatial distribution of *Cydia pomonella* and *Pandemis heparana* in Lleida (Spain). *Integrated Fruit Production*, 24, 185-188.

Rossi, R.E., Mulla, D.J., Journel, A.G. y Franz, E.H. (1992). Geostatistical tools for modelling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecological Monographs*, 62, 277-314.

Sáenz de Cabezón, F.J. (2003). Aportaciones al Manejo Integrado de *Lobesia botrana* Den. y Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae): avaluación de la eficacia del lufenurón, metoxifenocida y azadiractina y modelización del desarrollo. Tesis Doctoral. Departamento de Agricultura y Alimentación. Universidad de La Rioja. 151 pp.

Sciarretta, A., Trematerra, P. y Baumgärtner, J. (2001). Geostatistical analysis of *Cydia funebrana* (Lepidoptera: Tortricidae) pheromone trap catches at two spatial scales. *American Entomologist*, 47, 138-147.

Sciarretta, A. y Trematerra, P. (2006). Geostatistical characterization of the spatial distribution of *Grapholita molesta* and *Anarsia lineatella* males in an agricultural landscape. *Journal of Applied Entomology*, 130: 73-83.

Sharov, A.A., Liebhold, A.M. y Roberts, E.A. (1996). Spatial variation among counts of gypsy moths (Lepidoptera: Lymantriidae) in pheromone-baited traps at expanding population fronts. *Environmental Entomology*, 25, 1312-1320.

Southwood, T.R.E. (1978). *Ecological Methods*. 2nd ed. Chapman & Hall, London, UK. 524 pp.

Taylor, L.R. (1984). Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Annual Review of Entomology*, 29, 321-357.

Taylor, L. R., Woiwod, I.P. y Perry, J.N. (1978). The density-dependence of spatial behaviour and the variety of randomness. *Journal of Animal Ecology*, 47, 383-406.

Tobler, W.R. (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, 46, 234-240.

Trematerra, P., Gentile, P. y Sciarretta, A. (2004). Spatial analysis of pheromone trap catches of codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) in two heterogeneous agro-ecosystems, using geostatistical techniques. *Phytoparasitica*, 32, 325-341.

Williams III, L., Schotzko, D.J. y McCaffrey, J.P. (1992). Geostatistical description of the spatial distribution of *Limonius californicus* (Coleoptera: Elateridae) wireworms in the northwestern United States, with comments on sampling. *Environmental Entomology*, 21, 983-995.

ZUBÍA

29

9 770213 430604 00029

Gobierno de La Rioja
www.larioja.org

Instituto
de Estudios
Riojanos