

## EFFECTOS DE TRATAMIENTOS FORESTALES CON CIPERMETRINA Y MALATION SOBRE EL EXITO DE CRIA DEL HERRERILLO COMUN (*PARUS CAERULEUS*)

J. A. PASCUAL<sup>1</sup>, S. PERIS<sup>1</sup> y F. ROBREDO<sup>2</sup>

### RESUMEN

Se presentan en este estudio los resultados obtenidos al comparar varios parámetros reproductivos del Herrerillo Común (*Parus caeruleus*) entre parcelas experimentales tratadas con los insecticidas Cipermetrina y Malatión y una parcela testigo; en estas parcelas también se cuantificó periódicamente la abundancia de artrópodos (principalmente las larvas de lepidópteros) en las hojas de rebollo mediante muestreos previos y posteriores a los tratamientos, cuyo fin fue determinar la disponibilidad trófica para el Herrerillo Común durante su período reproductor. El trabajo de campo se realizó entre 1988 y 1990 en bosques monoespecíficos de monte alto de rebollo (*Quercus pyrenaica*) situados en el Suroeste de la provincia de Salamanca.

Dos parcelas fueron tratadas con el piretroide Cipermetrina, empleándose dos dosificaciones diferentes. En una se realizó un espolvoreo de Cipermetrina a una dosificación de 75 g ma/ha («Cipermetrina-75») en una superficie de 125 ha y en otra parcela de 160 ha se hizo una aplicación aérea ULV de Cipermetrina a una dosificación de 3,75 g ma/ha («Cipermetrina-3,75»). En estas dos parcelas hubo diferencias significativas al comparar sus resultados con los de la parcela no tratada («Testigo») en la mortalidad de pollos de *P. caeruleus*. El tratamiento «Cipermetrina-75» provocó una rápida y casi total desaparición de los artrópodos del follaje del rebollo, coincidiendo temporalmente con el período de nacimiento de los pollos en la mayor parte de los nidos de *P. caeruleus*; el porcentaje de pollos que murieron durante su tiempo de estancia en el nido fue muy elevado en esta parcela (más del 80%), mortalidad que se atribuye a los efectos indirectos (vía cadena trófica) producidos por la aplicación de esta dosis de Cipermetrina, cuya alta efectividad contra los artrópodos privó a los adultos de Herrerillo Común de los recursos tróficos necesarios para alimentar a sus pollos. El tratamiento «Cipermetrina-3,75» causó una elevada reducción en la comunidad de artrópodos del rebollo (que no fue tan drástica y rápida como la provocada por la dosis de 75 g ma/ha), encontrándose tras la aplicación algunas orugas vivas, aunque en menor densidad que en la parcela «Testigo». La mortalidad de pollos de *P. caeruleus* en los nidos tempranos fue próxima en las parcelas «Cipermetrina-3,75» y «Testigo»; en los nidos tardíos, sin embargo, el porcentaje de pollos que murieron fue superior en la parcela tratada (53,4%) que en la parcela control (14,6%).

En una parcela de 125 ha se efectuó un tratamiento aéreo ULV con el organofosforado Malatión a una dosificación de 1.160 g ma/ha («Malatión»), que fue muy efectiva contra las orugas de *Tortrix viridana*, pero no contra las de otro tortricido (*Archips xylosteana*), lo que determinó que a lo largo de todo el período reproductor de *P. caeruleus* hubiera en esta parcela igual o mayor abundancia de alimento que en la parcela testigo. En ninguno de los parámetros reproductivos de *P. caeruleus* analizados (nidos abandonados, éxito global de los nidos, tamaño de puesta, eclosión y mortalidad de pollos) hubo diferencias entre la parcela tratada con Malatión y la testigo.

(Palabras clave: Aves, *Parus caeruleus*, éxito de cría, tratamientos forestales, Cipermetrina, Malatión.)

### INTRODUCCION

Los efectos de los tratamientos químicos con insecticidas sobre las aves pueden ser de dos tipos, direc-

tos e indirectos, que actuando separada y/o conjuntamente pueden afectar negativamente a las poblaciones de aves (POWELL, 1984). Los efectos directos están determinados por la toxicidad que el ingrediente activo del insecticida tiene para los pájaros, mientras que los indirectos se centran principalmente en las consecuencias que puede tener la reducción de presas (disminución de la disponibilidad trófica) causada por la acción del insecticida. La apli-

<sup>1</sup> Area de Biología Animal. Facultad de Biología. Universidad de Salamanca. 37071 Salamanca.

<sup>2</sup> Subdirección General de Sanidad Vegetal. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. C/ Juan Bravo, 3 B. 28006 Madrid.

cación de insecticidas durante el período reproductor de las aves puede tener efectos negativos sobre sus poblaciones, al provocar una reducción en el éxito de cría y/o disminuir las posibilidades de supervivencia de los volantones tras el abandono del nido.

La reproducción de la mayoría de las aves forestales de las regiones templadas está sincronizada con el período de mayor abundancia de insectos en el medio y, en los Páridos en particular, con la etapa de mayor disponibilidad de orugas (PERRINS, 1979), ya que todo el proceso reproductor, y en especial la crianza de los pollos, requiere un elevado consumo de alimento de origen animal. La mayor parte de este alimento son artrópodos que los pájaros capturan sobre la vegetación (HOLMES & SCHULTZ, 1988). Algunos de estos artrópodos son plagas que, al desarrollar en este período los estadios que producen daños, son objeto de control mediante tratamientos con insecticidas.

En las experiencias que hemos realizado se han empleado dos insecticidas: Cipermetrina y Malatión. La Cipermetrina [(RS)-ciano(3-fenoxifenil)metil(1RS)-cis, trans-3-(2,2-dicloroetenil)-2,2-dimetil ciclopropanocarboxilato], como la mayoría de los piretroides, presenta una toxicidad muy baja para las aves con valores de LD<sub>50</sub> que superan los 2.000 mg/kg (SMITH & STRATTON, 1986). La peligrosidad de este tipo de insecticidas no radicaría en su toxicidad directa, sino en sus efectos indirectos, al alterar la cadena trófica debido a la drástica disminución que pueden provocar en la comunidad de artrópodos (PEAKALL & BOYD, 1987). El Malatión [ditiófosfato de 0,0-dimetilo y de S-(1,2-dietoxicarbonil)etilo] es un organofosforado poco tóxico para las aves, según los estudios de laboratorio que han arrojado valores de toxicidad oral LD<sub>50</sub>, que oscilan entre 400 y 1.600 mg/kg (MULLA *et al.*, 1981) y varios estudios de campo en los que no se observaron efectos negativos sobre las poblaciones de aves (ver referencias en MULLA *et al.*, 1981).

El método utilizado en este trabajo para estudiar el impacto de los tratamientos químicos forestales realizados ha sido el análisis del éxito de cría del Herrero Común (*Parus caeruleus* L.). Este ave presenta varias ventajas para efectuar un estudio de este tipo, entre las que destacamos las tres que a continuación mencionamos:

1) Durante el período reproductor, los individuos que nidifican en bosques caducifolios del género

*Quercus* se alimentan principalmente de larvas y de crisálidas de lepidópteros (BETTS, 1995; MINOT, 1981), presas que en su mayor parte capturan en las hojas y ramas delgadas de las copas de los árboles (PERRINS, 1979; OBESO, 1987), lugar donde viven las orugas defoliadoras contra las que van dirigidos los tratamientos.

2) En bosques caducifolios suele presentar una elevada densidad de parejas nidificantes, con valores de más de una pareja/ha (LACK, 1985; PERIS & PASCUAL, en prensa); esto permite manejar tamaños de muestra apropiados.

3) Nidifica con facilidad en cajas anidaderas, lo que facilita el estudio pormenorizado de sus principales parámetros reproductivos. Según PEAKALL & BART (1983), el trabajo con especies que se reproducen en nidas presenta ventajas e inconvenientes. La principal ventaja es que se reduce considerablemente el riesgo de depredación, evitándose acusadas diferencias entre distintas parcelas. El inconveniente que destacan estos autores es que el nidal protege a los pollos del contacto directo con el insecticida; este problema se ve atenuado en nuestro caso, debido a que los dos insecticidas empleados son poco tóxicos para las aves y a que el objetivo principal del presente estudio es evaluar los efectos indirectos de los tratamientos.

El objetivo de este trabajo es estudiar los posibles efectos de los tratamientos insecticidas sobre el Herrero Común durante su etapa reproductora, determinándose los principales parámetros reproductivos en distintas parcelas tratadas químicamente y en una parcela testigo (no tratada), en las que, además, se cuantificó periódicamente la abundancia de artrópodos (disponibilidad de alimento) en el arbolado.

## MATERIAL Y METODOS

### Parcelas experimentales

Este estudio fue realizado en bosques monoespecíficos de Rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) situados en el Suroeste de la provincia de Salamanca.

Se eligieron tres parcelas experimentales (Tabla I). La parcela A fue la parcela «Testigo» (no tratada), empleada como tal en todos los años de estudio. La parcela B fue sólo tratada en 1988 con Cipermetri-

TABLA I  
CARACTERÍSTICAS DE LAS TRES PARCELAS EXPERIMENTALES

Parcela	Situación (Coord. UTM)	Altitud (m)	Tratamiento y fecha	Superficie tratada (ha)	Superficie con nidales (ha)	Núm. de nidales
A .....	29TQE0072	850	No tratada	—	7,5	50
B .....	29TPE8869	890	«Cipermetrina-75» 27-5-88	125	8,0	50
C .....	29TPE8970	880	«Malatión» 24-5-88	125	8,9	31
			«Cipermetrina-3,75» 3-6-89	160		

na a una dosificación de 75 g ma/ha (gramos de materia activa por hectárea). La parcela C se trató en dos años consecutivos, empleándose en cada uno insecticidas diferentes; en 1988 se trató con Malatión (1.160 g ma/ha) y en 1989 con Cipermetrina a dosificación de 3,75 g ma/ha.

La superficie tratada en cada una de las parcelas B y C fue siempre superior a 125 ha, existiendo una distancia mínima de 300 m entre el borde del área tratada y los nidales más próximos. De este modo se establecía un margen de seguridad que evitaba que los pájaros pudieran salir fuera del área tratada mientras buscaban alimento para cebar a los pollos (ver MINEAU & PEAKALL, 1987). Todos los nidales controlados estaban colocados en la zona central del área tratada. En estas zonas la cobertura arbórea era próxima al 100%, la densidad de árboles por hectárea superior a 400 pies y la altura de las copas variaba entre 10 y 15 m.

### Tratamientos aéreos

#### TRATAMIENTOS REALIZADOS EN 1988

Fueron dirigidos contra las orugas de *Tortrix viridana* L. (Lep. Tortricidae), cuando la mayor parte de la población se encontraba en los dos últimos estadios larvarios. Los dos tratamientos se hicieron en condiciones meteorológicas adecuadas y no hubo precipitación hasta pasados siete días desde los tratamientos.

Se empleó una avioneta Piper PA-25 Pawnee equipada con tobera Venturi para espolvoreo y con seis atomizadores rotatorios Mini-Micronair AU-5000 para la aplicación a ultra bajo volumen (ULV). La velocidad de vuelo fue de 150 km/h. y la anchura de pasada en la aplicación ULV, de 18 m.

Parcela B. Fue tratada el 27-5-88 entre las 6,00 y las 7,15 hora solar. Se realizó un espolvoreo del producto comercial a razón de 15 kg/ha, lo que supuso la aplicación de Cipermetrina a una dosificación de 75 g ma/ha. En el resto del presente trabajo este tratamiento será denominado «Cipermetrina-75».

Parcela C. Esta parcela se trató mediante técnica ULV el 24-5-88 entre las 9,00 y las 9,45 hora solar, utilizándose 1 l/ha del producto comercial. La dosificación empleada fue de 1.160 g ma/ha de Malatión. A este tratamiento le hemos denominado «Malatión».

#### TRATAMIENTO REALIZADO EN 1989

Parcela C. En 1989 sólo se trató esta parcela, en la que se realizó una aplicación aérea ULV a razón de 1 l/ha de preparado comercial aplicándose así una dosificación de Cipermetrina de 3,75 g ma/ha. El tratamiento se llevó a cabo el día 3 de junio entre las 5,30 y las 6,15 hora solar, con una avioneta Air Tractor AT-401, cuya velocidad de vuelo fue de 208 km/h. y la anchura de pasada de 28 m, con un equipo de cuatro atomizadores rotatorios Micronair AU-3000 para la aplicación ULV. En esta parcela no hubo precipitación hasta pasados doce días de realizada la aplicación. Este tratamiento se denomina a lo largo del presente trabajo como «Cipermetrina-3,75».

#### Muestreo de artrópodos

La densidad de artrópodos en el follaje de *Quercus pyrenaica* fue estimada en todas las parcelas, realizándose cuatro días de muestreo en 1988 y ocho en 1989. En 1988 estos muestreos se iniciaron coincidiendo con el período de nacimiento de los primeros pollos de *P. caeruleus*, mientras en 1989 comenzaron durante la etapa de incubación de este ave.

Los muestreos finalizaron en ambos años en la última decena de junio, cuando la mayor parte de los pollos ya habían abandonado el nido.

Cada unidad de muestreo estaba formada por 3-5 ramillas de menos de 20 cm de longitud cogidas en ramas del mismo árbol o árboles próximos, situadas a una altura del suelo entre 1,5 y 2,5 m, aproximadamente; estas ramillas se cogían colocando debajo de ellas un recipiente que evitaba que los artrópodos cayeran al suelo mientras se cortaba la rama. Estos grupos de 3-5 ramillas eran guardadas en bolsas de plástico, constituyendo una unidad de muestreo. En las horas posteriores a su recogida eran llevadas al laboratorio donde se miraban hoja por hoja, recogiendo y conservando en alcohol de 70° todos los artrópodos, que posteriormente fueron contados y determinados. Todas las hojas de cada unidad de muestreo fueron guardadas en bolsas independientes que se conservaron en congelador a -20° C, para posteriormente obtener su peso seco. Para ello, las hojas de cada muestra se secaron en estufa a 100° C durante veinticuatro horas, siendo entonces pesadas en una balanza con una precisión de 0,01 g.

La unidad de medida de la densidad de artrópodos que empleamos en este estudio es el número de artrópodos en 50 g de peso seco de hojas de rebollo. Para la exposición de los resultados se han dividido los artrópodos en dos grupos, separándose las larvas de lepidópteros del resto de los artrópodos.

### Datos reproductivos del Herrerillo Común

Se utilizaron un total de 131 nidales (Tabla I) del mismo tamaño (volumen interior, 2.628 cm<sup>3</sup>; superficie basal, 144 cm<sup>2</sup>; diámetro del orificio de entrada, 32 mm), que fueron controlados con una frecuencia de uno a siete días desde mediados del mes de abril (inicio de la construcción del nido) hasta comienzos de julio (abandono del nido por parte de los últimos pollos). En estas visitas se recogió información sobre: número de nidales ocupados por *P. caeruleus*, fecha de puesta del primer huevo, tamaño de puesta, fecha de nacimiento de los pollos, huevos que no eclosionan, fecha de vuelo de los pollos y número de volantones. Antes del inicio de cada estación reproductora los 131 nidales fueron revisados y limpiados.

En cada uno de los tres años de estudio, *P. caeruleus*

realizó una única puesta, si bien en un año anterior (1984) hubo un 2% de las parejas reproductoras que hicieron una segunda puesta (PASCUAL, 1985). En la población estudiada, el número de días transcurridos desde que se completó la puesta hasta la eclosión de los huevos fue superior en 1988 ( $\bar{x}$  = 15,89, desviación típica = 1,22, número de nidos = 47) que en 1989 ( $\bar{x}$  = 12,45, desviación típica = 1,92, número de nidos = 37). El tiempo medio de permanencia de los pollos en el nido fue de diecisiete-diecinueve días.

Para poder comparar los parámetros reproductivos de *P. caeruleus* a medida que avanza la estación reproductora, hemos establecido dos categorías de nidos en función de la fecha de nacimiento de los pollos: nidos TEMPRANOS y TARDIOS. La fecha de separación fue elegida en función de la fecha de tratamiento de las parcelas (Tabla I) y de la fecha de nacimiento de los pollos en la población estudiada (Fig. 1). En 1988 se consideraron nidos TEMPRANOS todos aquéllos cuyos pollos nacieron antes del 27 de mayo y nidos TARDIOS aquéllos en los que el nacimiento se produjo después de ese día. En 1989 los nidos cuyos pollos nacieron hasta el día 30 de mayo se consideraron TEMPRANOS y los que nacieron posteriormente TARDIOS.

Para el cálculo y exposición de los resultados sobre el éxito de cría se han excluido todos aquellos nidos que fueron depredados o abandonados por los padres.

### Pruebas estadísticas

Las pruebas estadísticas de este estudio se han centrado en la comparación de los resultados de la parcela «Testigo» con los de cada una de las parcelas tratadas por separado, de tal forma que en todas las pruebas realizadas se han comparado datos pertenecientes a dos muestras. Las pruebas utilizadas han sido el test de la G, con la corrección de Yates (SOKAL & ROHLF, 1979), el test de la probabilidad exacta de Fisher y el test U de Mann-Whitney (STEGEL, 1972). Las pruebas fueron de dos colas y el nivel de significación del 5%.

## RESULTADOS

### Abundancia de artrópodos

Los resultados sobre la abundancia de artrópodos, obtenidos a partir de los muestreos de hojas de

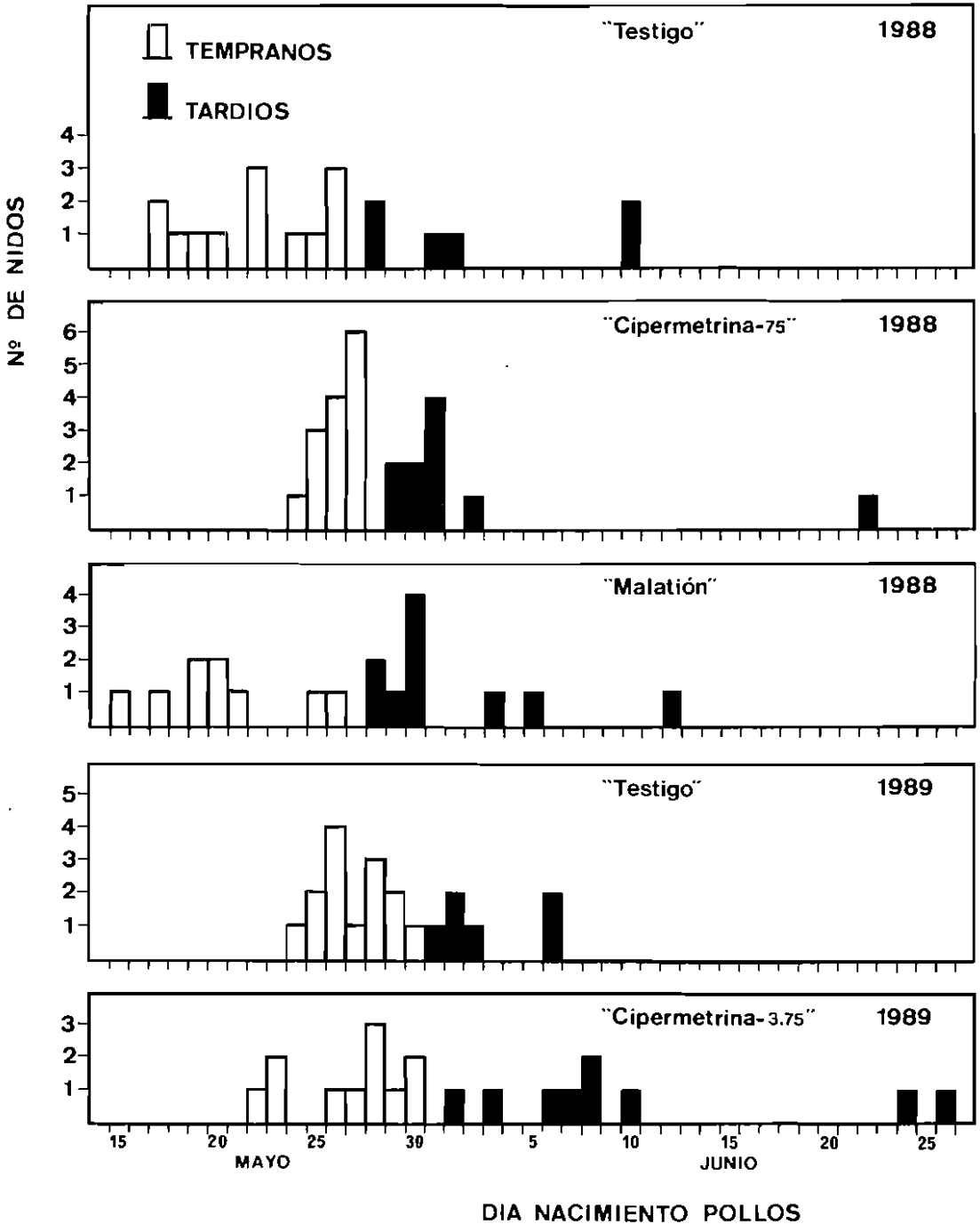


Fig. 1. Día de nacimiento de los pollos de *Parus caeruleus* en nidos TEMPRANOS y TARDIOS en las parcelas «Testigo», «Cipermetrina-75» y «Malatión» en 1988 y en las parcelas «Testigo» y «Cipermetrina-3,75» en 1989. Para cada nido se considera una sola fecha de nacimiento, correspondiente a la de eclosión de los primeros huevos en los nidos con asincronía eclosora.

TABLA II

VARIACION ESTACIONAL DE LA DENSIDAD DE LARVAS DE LEPIDOPTEROS (NUMERO DE ORUGAS EN 50 GRAMOS DE PESO SECO DE HOJAS DE REBOLLO) EN EL FOLLAJE DE *QUERCUS PYRENAICA* EN 1988, EN LAS PARCELAS «TESTIGO», «CIPERMETRINA-75» Y «MALATION»

Fecha de muestreo	NUMERO DE ORUGAS/50 GRAMOS DE PESO SECO DE HOJAS					
	«Testigo»		«Cipermetrina-75» <sup>a</sup>		«Malatión» <sup>b</sup>	
	n	$\bar{X} \pm ES$	n	$\bar{X} \pm ES$	n	$\bar{X} \pm ES$
21-5 .....	9	87,92 ± 13,206	9	195,11 ± 36,525	9	182,75 ± 30,177
30-5 .....	9	38,16 ± 5,428	9	6,54 ± 2,136	9	39,20 ± 6,016
7-6 .....	9	24,87 ± 3,542	9	0	9	44,78 ± 6,787
22-6 .....	9	1,32 ± 1,322	9	0	9	26,20 ± 4,828

<sup>a</sup> Parcela tratada el 27-5-88.

<sup>b</sup> Parcela tratada el 24-5-88.

n: número de unidades de muestreo (ver Material y Métodos).

$\bar{X} \pm ES$ : media y error estándar.

*Q. pyrenaica*, se presentan en las Tablas II y III y en la Figura 2, en los que los animales recogidos se han separado en dos grupos: larvas de lepidópteros y resto de artrópodos. Las larvas de lepidópteros se han considerado aparte por ser el grupo más abundante y constituir la presa fundamental con la que se alimentan los pollos de Herrerillo Común.

#### PARCELA A («Testigo»)

En esta parcela, tanto la densidad de larvas de lepidópteros como la del resto artrópodos presentan pautas similares en 1988 y 1989. La densidad de ar-

trópodos (excluyendo las orugas) apenas sufre variaciones en las distintas fechas de muestreo, exceptuando la primera fecha, en que en ambos años el elevado número de curculiónidos incrementó la densidad de artrópodos.

La densidad de orugas disminuye progresivamente a medida que avanza mayo y junio, observándose un alto grado de similitud entre los valores de 1988 y 1989 (Tablas II y III). En ambos años, en torno al 50% de las orugas pertenecían a la familia *Tortricidae*, siendo *Tortrix viridana* la más abundante en 1988 y *Archips xylosteana* L. en 1989; por orden de

TABLA III

VARIACION ESTACIONAL DE LA DENSIDAD DE LARVAS DE LEPIDOPTEROS (NUMERO DE ORUGAS EN 50 GRAMOS DE PESO SECO DE HOJAS DE REBOLLO) EN EL FOLLAJE DE *QUERCUS PYRENAICA* EN 1989, EN LAS PARCELAS «TESTIGO» Y «CIPERMETRINA-3,75»

Fecha de muestreo	NUMERO DE ORUGAS/50 GRAMOS DE PESO SECO DE HOJAS			
	«Testigo»		«Cipermetrina-3,75» <sup>a</sup>	
	n	$\bar{X} \pm ES$	n	$\bar{X} \pm ES$
21-5 .....	9	71,39 ± 12,152	3	113,93 ± 31,257
27-5 .....	7	61,76 ± 13,805	3	100,13 ± 30,426
31-5 .....	4	38,31 ± 6,861	3	88,59 ± 2,387
5-6 .....	5	28,16 ± 6,009	6	29,72 ± 11,137
8-6 .....	5	21,54 ± 3,597	4	13,57 ± 1,326
13-6 .....	5	7,59 ± 1,222	5	3,82 ± 0,570
20-6 .....	5	4,03 ± 1,428	10	0,83 ± 0,463
28-6 .....	5	0	5	0,77 ± 0,482

<sup>a</sup> Parcela tratada el 3-6-89.

n: número de unidades de muestreo (ver Material y Métodos).

$\bar{X} \pm ES$ : media y error estándar.

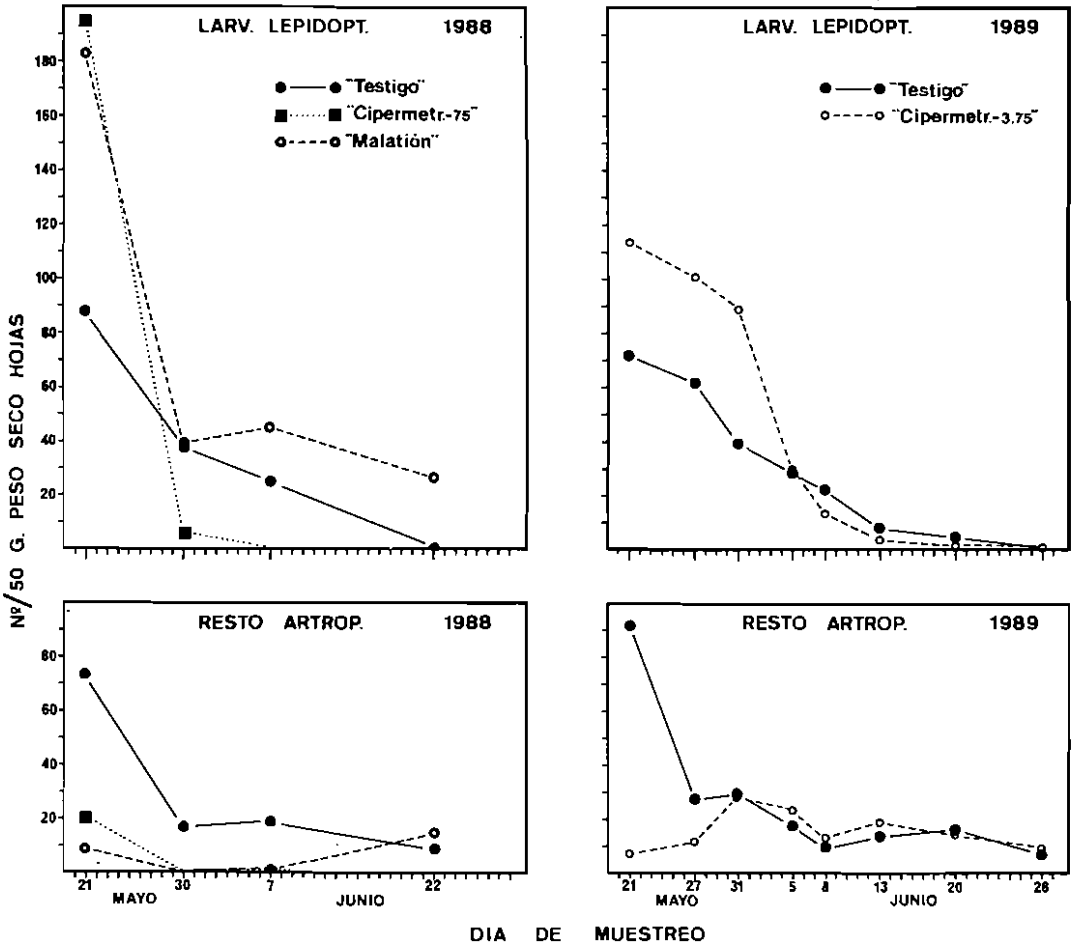


Fig. 2. Resultados de los muestreos peri6dicos realizados para determinar la densidad (n6mero de individuos en 50 gramos de peso seco de hojas) de larvas de lepid6pteros y del resto de artr6podos en el follaje del rebollo en cada una de las parcelas experimentales.

abundancia, seguían a dicha familia Geométridos y Noctuidos.

PARCELA B («Cipermetrina-75»)

El espolvoreo con Cipermetrina a una dosificaci6n de 75 g ma/ha tuvo un efecto r6pido y dr6stico sobre la comunidad de artr6podos del follaje del rebollo, ya que provoc6 una reducci6n casi total de la misma (Tabla II y Fig. 2). Este tratamiento afect6 por igual a todas las orugas del rebollo, cuya densidad se redujo en un 97% entre el muestreo anterior al tratamiento y el realizado a los tres días del

mismo (Tabla II); en los muestreos posteriores (07-06 y 22-06) no se encontr6 ninguna oruga viva. La fuerte mortalidad de artr6podos provocada por esta elevada dosificaci6n y la coincidencia de la fecha de tratamiento (27-05-88) con los días en que se produjo el nacimiento de la mayor parte de los pollos de *P. caeruleus* en esta parcela (ver Fig. 1) determin6 que la disponibilidad de alimento durante el peri6do de mayor necesidad de presas fuera muy escasa.

PARCELA C. 1988 («Malati6n»)

La aplicaci6n ULV de Malati6n dirigida contra *Tor-*

*trix viridana* fue muy efectiva contra las orugas de esta especie, entre las que provocó una mortalidad próxima al 100%; esto explica el descenso observado en la densidad total de larvas de lepidópteros entre los muestreos de los días 21-05 y 30-05 (Tabla II). Sin embargo, *Archips xylosteana*, tortrícido que antes de la fumigación se encontraba a una densidad inferior a la mirad de la de *T. viridana*, fue afectada en mucho menor grado por el tratamiento, quedando vivas un elevado número de orugas tras la aplicación del insecticida; de hecho, en las tres últimas fechas de muestreo (Tabla II), de todas las orugas vivas recogidas pertenecían a esta especie el 81,6% (30-05), 96% (7-06) y 100% (22-06).

Comparando la abundancia total de larvas de lepidópteros entre esta parcela y la «Testigo» (Tabla II y Fig. 2), se observa que en las cuatro fechas de muestreo los valores son superiores en la parcela tratada con Malatión, con cifras muy próximas el 30-05 y superiores en las restantes; el 21-05 por la gran abundancia de *T. viridana* y tras el tratamiento por la presencia de *A. xylosteana*. Todo ello se tradujo en que la disponibilidad de alimento para *P. caeruleus* fue siempre superior en esta parcela tratada que en la «Testigo».

#### PARCELA C. 1989 («Cipermetrina-3,75»)

En 1989 se realizó un nuevo tratamiento experimental en esta parcela, dirigido esta vez contra *Archips xylosteana*, en el que se aplicó Cipermetrina a una dosificación de 3,75 g ma/ha. Los resultados de los muestreos (Tabla III y Fig. 2) muestran que la variación de la densidad de orugas, por una parte, y del resto de artrópodos, por otra, presentan marcadas diferencias. La abundancia de artrópodos (excepto orugas) no experimenta grandes variaciones en el período de muestreo, con valores muy próximos a los de la parcela «Testigo», excepto en las dos primeras fechas de muestreo, ambas anteriores a la fecha de realización del tratamiento. La densidad de larvas de lepidópteros, sin embargo, sí experimenta un fuerte descenso tras la aplicación del insecticida (Tabla III). La muerte de las orugas no se produjo de manera inmediata el día de la aplicación, sino que se desarrolló durante un período de cinco días. Comparando este tratamiento con los resultados de la parcela no tratada, se observa que la densidad de orugas fue superior en la primera en todas las fechas previas al tratamiento, similar en los días del

mismo e inferior en el resto de fechas de muestreo. Esto supuso que la disponibilidad de alimento para el Herrerillo Común a partir del tratamiento fue, en conjunto, inferior en la parcela tratada con Cipermetrina. De las 82 orugas cogidas vivas en los muestreos posteriores al tratamiento «Cipermetrina-3,75», el 85,4% eran *Archips xylosteana*, el 6,1% una especie indeterminada (posiblemente de la familia *Phycitidae*) y un 3,7% *Ypsolopha radiatella* Don. Estas tres especies suelen encontrarse protegidas por refugios que construyen enrollando o agrupando varias hojas, lo que podría dificultar el contacto del insecticida con algunas orugas de la población.

#### Parámetros reproductivos del Herrerillo Común

#### NIDOS ABANDONADOS Y EXITO GLOBAL DE LOS NIDOS

De un total de 104 nidos de *P. caeruleus* estudiados, 10 fueron abandonados por los padres, de los cuales nueve eran nidos TEMPRANOS y uno TARDIO (Tabla IV). No existen diferencias estadísticamente significativas al comparar el número de nidos abandonados en «Testigo» con cada una de las parcelas tratadas (test exacto de Fisher,  $p > 0,05$ ), lo que permite descartar la existencia de efectos sobre este parámetro de los tratamientos realizados.

En las experiencias de 1988, tanto en «Testigo» como en «Malatión», en todos los nidos hubo volantes (Tabla IV). En el tratamiento «Cipermetrina-75», sin embargo, el 64,3% de los nidos TEMPRANOS y el 66,7% de los TARDIOS fracasaron (murieron todos sus pollos en el nidal); las diferencias entre esta parcela y la «Testigo» son significativas tanto en nidos TEMPRANOS como en TARDIOS (test exacto de Fisher,  $p = 0,001$  y  $p = 0,033$ , respectivamente).

En 1989, todos los nidos TEMPRANOS de las dos parcelas estudiadas tuvieron éxito (voló al menos un pollo) (Tabla IV). Entre los nidos TARDIOS no se perdió ninguna pollada en «Testigo», mientras en «Cipermetrina-3,75» fracasaron tres nidos, aunque las diferencias no son estadísticamente significativas (test exacto de Fisher,  $p = 0,299$ ).

#### TAMAÑO DE PUESTA Y ECLOSION

En las parcelas experimentales el período de puesta de *P. caeruleus* fue anterior a las fechas de los trata-



TABLA IV  
 ÉXITO GLOBAL DE LOS NIDOS DE *PARUS CAERULEUS* EN LOS DOS AÑOS DE ESTUDIO

	Núm. total de nidos <sup>a</sup>	Núm. de nidos abandonados	Núm. de nidadas sin éxito <sup>b</sup>	Núm. de nidadas con éxito <sup>c</sup>	
<b>Nidos TEMPRANOS:</b>					
1988	«Testigo» .....	13	2	0	11
	«Cipermetrina-75» .....	14	0	9	5
	«Malatión» .....	11	2	0	9
<b>Nidos TARDIOS:</b>					
1988	«Testigo» .....	6	0	0	6
	«Cipermetrina-75» .....	10	1	6	3
	«Malatión» .....	10	0	0	10
<b>Nidos TEMPRANOS:</b>					
1989	«Testigo» .....	13	4	0	9
	«Cipermetrina-3,75» .....	11	1	0	10
<b>Nidos TARDIOS:</b>					
1989	«Testigo» .....	7	0	0	7
	«Cipermetrina-3,75» .....	9	0	3	6

<sup>a</sup> Número de nidos con puesta completa e incubación iniciada.

<sup>b</sup> Número de nidos donde todos los pollos mueren antes de abandonar el nido.

<sup>c</sup> Número de nidos donde al menos un pollo llega a volar.

mientos, existiendo sólo cuatro excepciones: cuatro nidos en los que la fecha de puesta del primer huevo fue posterior a la de las fumigaciones; éstos fueron: dos nidos en 1988 (uno en «Cipermetrina-75» y otro en «Malatión») y otros dos en 1989 (ambos en «Cipermetrina-3,75»). Al completarse casi todas las puestas antes de la aplicación de los insecticidas, no pueden existir efectos negativos de éstos sobre el tamaño de puesta y por ello no se han analizado las variaciones estacionales intra-anales de este parámetro. Sí podrían producirse efectos en años posteriores a los tratamientos, por lo que se ha analizado el tamaño de puesta en los años de estudio considerando todos los nidos de cada año conjuntamente (Tabla V).

Entre las parcelas A y C no existen diferencias estadísticamente significativas en ningún año y ambas presentan una variación interanual similar (Tabla V). El tamaño de puesta en la parcela B es significativamente inferior al de la parcela A en 1988, diferencias que no pueden atribuirse al tratamiento, dado que éste fue posterior al período de puesta. En 1989 no existen diferencias significativas entre ambas parcelas, mientras que en 1990 se producen de nuevo; en los últimos dos años, el bajo número de

nidos en la parcela B impide obtener resultados concluyentes.

El porcentaje de huevos que eclosionaron fue próximo en todas las parcelas y en nidos TEMPRANOS y TARDIOS, tanto en 1988 (Tabla VI) como en 1989 (Tabla VII), no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre las parcelas testigo y las tratadas (test G,  $p > 0,05$ ).

## MORTALIDAD DE POLLOS

### *Mortalidad en 1988*

El porcentaje de pollos que murieron durante el período de permanencia en el nido (Tabla VI) no difirió significativamente entre las parcelas «Testigo» y «Malatión» (Tabla VIII). Tampoco existen diferencias entre ambas en el número de volantones que abandonan el nido (test de la U de Mann-Whitney,  $p > 0,05$ ).

En la parcela «Cipermetrina-75» se produjo una mortalidad superior al 80% (Tabla VI), siendo altamente significativas las diferencias con la mortalidad en la parcela «Testigo» (Tabla VIII). Estas acusadas

TABLA V

TAMAÑO DE PUESTA DE *PARUS CAERULEUS* EN LOS NIDALES DE LAS TRES PARCELAS EXPERIMENTALES EN 1988, 1989 y 1990

Año	Parcela B <sup>a</sup>	Test <sup>d</sup>	Parcela A <sup>c</sup>	Test <sup>d</sup>	Parcela C <sup>c</sup>
1988	$n=23$ $\bar{X}=8,34 \pm 1,070$	$z=2,195^*$	$n=17$ $\bar{X}=9,23 \pm 1,200$	$z=0,096$ ns	$n=19$ $\bar{X}=9,00 \pm 2,581$
1989	$n=6$ $\bar{X}=8,16 \pm 1,169$	$z=0$ ns	$n=16$ $\bar{X}=7,93 \pm 1,436$	$z=0,599$ ns	$n=19$ $\bar{X}=7,78 \pm 1,357$
1990	$n=5$ $\bar{X}=8,20 \pm 0,836$	$z=2,182^*$	$n=18$ $\bar{X}=9,38 \pm 1,243$	$z=0,269$ ns	$n=14$ $\bar{X}=9,28 \pm 0,913$

<sup>a</sup> Parcela no tratada.<sup>b</sup> Parcela tratada en 1988 con Cipermetrina a 75 g ma/ha.<sup>c</sup> Parcela tratada en 1988 con Malatión y en 1989 con Cipermetrina a 3,75 g ma/ha.<sup>d</sup> Test U de Mann-Whitney.*n*: número total de puestas en todo el período reproductor. $\bar{X} \pm SD$ : media y desviación típica.\*  $p < 0,05$ ; ns: no significativo.

diferencias se observan también en el número medio de volantones, ya que mientras en «Testigo» es igual o superior a 7, en «Cipermetrina-75» no se supera la cifra de 1,5 volantones/nido, siendo estadísticamente significativas las diferencias entre ambas parcelas en nidos TEMPRANOS (test de la U de Mann-Whitney;  $z=3,975$ ;  $p < 0,001$ ) y TARDIOS ( $z=3,040$ ;  $p < 0,001$ ). El tratamiento con Cipermetrina a una dosificación de 75 g ma/ha coincidió con el nacimiento de los pollos de *P. caeruleus* en la ma-

yoría de los nidos en la parcela B (Fig. 1), lo que determinó que la drástica reducción de artrópodos provocada por esta aplicación química (ver apartado Abundancia de Artrópodos) afectara por igual a los pollos de nidos TEMPRANOS y TARDIOS.

*Mortalidad en 1989*

El porcentaje de pollos que llegó a volar en los nidos TEMPRANOS no difirió significativamente en-

TABLA VI

DATOS REPRODUCTIVOS DE *PARUS CAERULEUS* EN 1988 EN LAS PARCELAS «TESTIGO», «CIPERMETRINA-75» Y «MALATION»

	<i>n</i>	Tamaño de puesta $\bar{X} \pm SD$	Pollos nacidos $\bar{X} \pm SD$	% eclosión	Núm. de volantones $\bar{X} \pm SD$	% mortalidad de pollos
<b>Nidos TEMPRANOS:</b>						
«Testigo»	11	9,63 ± 1,120	9,54 ± 1,128	99,1	9,09 ± 1,375	4,8
«Cipermetrina-75»	14	8,50 ± 1,019	8,14 ± 1,027	95,7	1,42 ± 2,563	82,5
«Malatión»	9	9,11 ± 2,027	9,00 ± 2,000	98,8	8,88 ± 1,900	1,3
<b>Nidos TARDIOS:</b>						
«Testigo»	6	8,50 ± 1,048	7,83 ± 1,329	92,1	7,00 ± 1,673	10,7
«Cipermetrina-75»	9	8,11 ± 1,116	7,55 ± 1,236	93,1	1,44 ± 2,297	80,9
«Malatión»	10	8,90 ± 3,107	8,10 ± 3,178	91,0	7,40 ± 2,988	8,7
<b>TODOS LOS NIDOS:</b>						
«Testigo»	17	9,23 ± 1,200	8,94 ± 1,434	96,8	8,35 ± 1,765	6,6
«Cipermetrina-75»	23	8,34 ± 1,070	7,91 ± 1,124	94,7	1,43 ± 2,408	81,9
«Malatión»	19	9,00 ± 2,581	8,52 ± 2,653	94,7	8,10 ± 2,579	4,9

*n*: número de nidos. $\bar{X} \pm SD$ : media y desviación típica.

TABLA VII  
DATOS REPRODUCTIVOS DE *PARUS CAERULEUS* EN 1989 EN LAS PARCELAS «TESTIGO»  
Y «CIPERMETRINA-3,75»

	n	Tamaño de puesta $\bar{X} \pm SD$	Pollos nacidos $\bar{X} \pm SD$	% eclosión	Núm. de volantones $\bar{X} \pm SD$	% mortalidad de pollos
<b>Nidos TEMPRANOS:</b>						
«Testigo» .....	9	8,44 ± 0,881	8,11 ± 1,166	96,1	7,77 ± 1,092	4,1
«Cipermetrina-3,75» .....	10	8,70 ± 0,823	7,80 ± 1,475	89,7	7,00 ± 1,563	10,3
<b>Nidos TARDIOS:</b>						
«Testigo» .....	7	7,28 ± 1,799	6,85 ± 1,951	94,1	5,85 ± 2,544	14,6
«Cipermetrina-3,75» .....	9	6,77 ± 1,092	6,44 ± 1,236	95,1	3,00 ± 2,783	53,4
<b>TODOS LOS NIDOS:</b>						
«Testigo» .....	16	7,93 ± 1,436	7,56 ± 1,631	95,3	6,93 ± 2,048	8,2
«Cipermetrina-3,75» .....	19	7,78 ± 1,357	7,15 ± 1,500	91,9	5,10 ± 2,979	28,7

n: número de nidos.

$\bar{X} \pm SD$ : media y desviación típica.

tre las parcelas «Testigo» y «Cipermetrina-3,75» (Tabla VIII), ni tampoco el número medio de volantones (test de la U de Mann-Whitney;  $z = 0,967$ ;  $p = 0,333$ ), que fue de 7,78 en la primera y de 7,0 en la segunda (Tabla VII).

Sí existen diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de mortalidad de los pollos de nidos TARDIOS (Tabla VIII), ya que mientras en la parcela «Testigo» fue del 14,6% en «Cipermetrina-3,75» alcanzó el 53,4% (Tabla VII). Si se compara el número medio de volantones hay una diferencia de casi tres pollos en contra de la parcela tratada; sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa (test de la U de Mann-Whitney;  $z = 1,926$ ;  $p = 0,054$ ), debido al bajo tamaño de muestra utilizado para realizar esta prueba estadística; la ausencia de significación debido al bajo tamaño de muestra en tests de este tipo que com-

ran medias ya ha sido indicada en estudios similares al nuestro (ROBINSON *et al.*, 1988).

## DISCUSION

El Malatión y la Cipermetrina son dos insecticidas apropiados para realizar estudios sobre el impacto de los plaguicidas sobre las aves al alterar la cadena trófica, debido a que ambos son moderada o escasamente tóxicos para estos vertebrados (MULLA *et al.*, 1981; BRADBURY & COATS, 1989), pero tienen una elevada toxicidad para los insectos terrestres (THEILING & CROFT, 1988).

Los piretroides pueden, sin causar el envenenamiento o la muerte directa a las aves, tener efectos negativos sobre éstas, al provocar su aplicación una fuerte disminución de los recursos tróficos (artrópodos), afectando a las poblaciones de aves a través de

TABLA VIII

RESULTADOS DEL TEST G APLICADO PARA COMPARAR LA MORTALIDAD DE LOS POLLOS DE *PARUS CAERULEUS* EN 1988 Y 1989 ENTRE LA PARCELA CONTROL («TESTIGO») Y CADA UNA DE LAS TRATADAS («CIPERMETRINA-75», «MALATION» Y «CIPERMETRINA-3,75»)

		Nidos TEMPRANOS	Nidos TARDIOS	TODOS LOS NIDOS
1988	«Testigo»-«Cipermetrina-75» .....	G = 155,49***	G = 57,50***	G = 216,19***
	«Testigo»-«Malatión» .....	G = 0,92 ns	G = 0,002 ns	G = 0,39 ns
1989	«Testigo»-«Cipermetrina-3,75» .....	G = 1,33 ns	G = 16,48***	G = 18,40***

\*\*\*  $p < 0,001$ ; ns: no significativo.

la cadena trófica (PEAKALL & BOYD, 1987). El momento más crítico es la etapa reproductora, en la que, en especies como el Herrerillo Común, los padres están muy ligados a un territorio que defienden, ya que necesitan una gran abundancia de presas para la cría de los pollos (LACK, 1958; PERRINS, 1979). Dado que en las regiones templadas el período reproductor de muchas aves está sincronizado con el de mayor abundancia de insectos (POWELL, 1984), constituyendo algunos de ellos plagas objeto de tratamientos con insecticidas, la realización de éstos coincide con la etapa más delicada en el ciclo vital de muchas especies de aves.

De los parámetros reproductivos del Herrerillo Común analizados en nuestro estudio se han encontrado diferencias atribuibles a los tratamientos entre la parcela testigo y alguna de las tratadas en uno de ellos: en la mortalidad de pollos que, evidentemente, afecta al éxito global de los nidos. En el resto de los parámetros (nidos abandonados, tamaño de puesta y eclosión) no se han hallado diferencias que pudieran relacionarse directamente con la aplicación de los insecticidas.

El número de nidos abandonados en las parcelas tratadas fue bajo y similar al de la parcela testigo; incluso en aquella parcela tratada («Cipermetrina-75»), donde los adultos de *P. caeruleus* se encontraron con una brusca y casi total falta de alimento, condiciones tróficas muy adversas, los padres siguieron alimentando a sus pollos. La ausencia de diferencias en el porcentaje de nidos abandonados entre parcelas control y tratadas ha sido indicada en otros estudios de campo tras la aplicación de Fentión (POWELL, 1984) y Triumph® 4E (BREWER *et al.*, 1988).

Los resultados obtenidos en nuestro estudio sobre la ausencia de efectos de los tratamientos realizados sobre el tamaño de puesta del Herrerillo Común no permiten concluir que estos insecticidas no tengan efectos negativos sobre este parámetro reproductor, debido a que la superficie de las parcelas tratadas (entre 125 y 160 ha) no permite asegurar que las aves que se reprodujeron en nuestros nidales en los años siguientes a cada tratamiento fueran las mismas o hubieran nacido en nidos de las zonas tratadas; es muy probable que, al menos algunos de los herrerillos nidificantes, procedieran de áreas no tratadas y, por tanto, dichas aves nunca hubieran estado en contacto con los insecticidas. Para que nuestros resultados en este apartado fueran concluyentes

hubiera sido necesario que la superficie tratada hubiera abarcado varios cientos de hectáreas. En cualquier caso, el tamaño de puesta es un parámetro dinámico, capaz de cambiar rápidamente si las condiciones ambientales se modifican, pudiendo tener, incluso efectos antagónicos (NOORDWIJK *et al.*, 1980; PERRINS, 1985).

Los porcentajes de eclosión de los huevos de Herrerillo Común fueron similares en todas las parcelas, no existiendo diferencias significativas entre la parcela testigo y las tratadas con Cipermetrina o Malatión. Estos resultados son coincidentes con los de otros trabajos de campo en los que tampoco se encontraron diferencias en la proporción de huevos que eclosionaron al utilizarse organofosforados como el Fentión (POWELL, 1984) o el Meril-paratión (ROBINSON *et al.*, 1988), insecticidas ambos de mayor toxicidad para las aves que los utilizados en nuestro estudio. También algunos estudios de laboratorio indican que el Malatión (MULLA *et al.*, 1981) y un piretroide como el Deltametrin (MARTÍN, 1990) no afectan al desarrollo embrionario ni a la eclosión cuando se emplean a las dosis recomendadas para tratamientos convencionales. En especies trogloditas como el Herrerillo Común los huevos se encuentran protegidos por la estructura que contiene al nido (la caja anidera en nuestro estudio), lo que debe reducir la cantidad de materia activa de insecticida que entra en contacto directo con los huevos.

La aplicación de Cipermetrina a una dosificación elevada (75 g ma/ha) en el tratamiento «Cipermetrina-75» provocó la desaparición inmediata de casi el 100% de los artrópodos presentes en el follaje del rebollo, lugar preferente de alimentación de *P. caeruleus* en esta época (PERRINS, 1979; OBESO, 1987). A esta carencia de alimento atribuimos la alta mortalidad (superior al 80%) que se produjo entre los pollos de Herrerillo Común en esta parcela. Los pollos debieron de morir de inanición y no por la toxicidad del insecticida, dada la inocuidad de éste para las aves (BRADBURY & COATS, 1989).

El tratamiento realizado en 1989 («Cipermetrina-3,75») con el mismo insecticida se diferenció del efectuado el año anterior en dos aspectos principalmente: en 1989 se utilizó una dosificación mucho más baja (3,75 g ma/ha) y se aplicó con formulación líquida a ultra bajo volumen (ULV), técnica de aplicación que, en general, tiene un menor impacto sobre los artrópodos que el espolvoreo, método uti-

lizado en 1988. El tratamiento «Cipermetrina-3,75» tuvo un notable impacto sobre la comunidad de orugas del rebollo, aunque no llegó a provocar una mortalidad del 100%. La permanencia de un bajo número de orugas vivas tras esta aplicación química podría estar relacionada con algún tipo de mecanismo de selectividad ecológica en su dimensión espacial (CROFT, 1990), ya que no cabría esperar procesos de selectividad fisiológica de este insecticida de alta toxicidad para las larvas de lepidópteros. Dos hechos podrían explicar esta selectividad ecológica, que impedirían que todas las orugas de la comunidad recibieran las dosis suficientes de insecticida para provocarles la muerte. Por una parte, la gran cobertura de la vegetación arbórea, junto con la baja dosis de caldo aplicado (1 l/ha), pudo determinar que la mayor parte del insecticida quedara en los tramos alto y medio de las copas de los árboles, mientras que la dosis que llegara a la parte baja y al suelo fuera considerablemente menor. Por otro lado, las tres especies de orugas más abundantes tras los tratamientos no son defolioras de vida libre, sino que las tres construyen con hojas de rebollo refugios más o menos elaborados dentro de los cuales es más difícil que sean alcanzados por el insecticida.

El Malatión ha sido el insecticida más utilizado en España en los últimos años en los tratamientos en encinares contra *Tortrix viridana*, resultando muy efectivo (ROBREDO & SÁNCHEZ, 1983; SORIA, 1987). Tras la aplicación de Malatión 96%, ULV se ha observado en algunos encinares que quedaban vivas orugas pertenecientes a la especie *Archips xylosteana*, tortricido que parece ser poco sensible a la acción de este insecticida (SORIA, 1987); los resultados del tratamiento realizado en la parcela C en 1988 corroboran este hecho, ya que el tratamiento aéreo realizado con Malatión provocó una mortalidad casi total de las orugas de *T. viridana*, mientras que una importante porción de las orugas de *A. xylosteana* permanecieron vivas. Estas últimas debieron constituir el principal y casi único recurso trófico de *P. caeruleus* tras el tratamiento. En la supervivencia de las orugas de *A. xylosteana* tras la aplicación de Malatión podrían estar implicados factores determinantes de selectividad de tipo fisiológico y ecológico que desconocemos.

Pocos estudios de campo se han ocupado del análisis detallado de las consecuencias que la reducción de insectos tras la aplicación de insecticidas tiene sobre determinados parámetros reproductivos de las

aves, principalmente sobre el éxito de cría. Mientras en algunos de ellos se atribuyen los efectos negativos de un plaguicida a la reducción de la disponibilidad de alimento para los pollos (RANDS, 1985), en otros esta disminución de presas no se tradujo en una reducción del éxito de cría ni en el crecimiento de los pollos (POWELL, 1984; SPRAY *et al.*, 1987). El porcentaje de reducción causado por la aplicación de insecticidas en las comunidades de artrópodos y el número que permanecen vivos tras la acción de aquéllos puede influir de forma determinante en la existencia o no de efectos negativos sobre las poblaciones de aves. En nuestro estudio hemos constatado las notables diferencias existentes en el éxito de cría del Herrerillo Común entre dos parcelas tratadas con el mismo insecticida (Cipermetrina) a dosificación diferente: en aquélla en la que una alta dosis de esta piretrina provocó la rápida y casi total desaparición de las orugas y otros artrópodos de las copas de los árboles hubo una mortalidad de pollos de Herrerillo Común que superó el 80%; en la parcela en que se empleó una dosis mucho más baja de la misma piretrina y en la que quedó viva parte de la comunidad de orugas, sólo se produjo mortalidad significativa entre los pollos de los nidos más tardíos, además de alcanzarse un porcentaje global de mortalidad muy inferior a los de la parcela anterior. En la parcela tratada con Malatión, a pesar de que el porcentaje de reducción de orugas fue elevado, la densidad de larvas de lepidópteros en las hojas del rebollo se mantuvo en niveles similares o superiores a los de la parcela testigo (no tratada); en estas dos parcelas, donde la disponibilidad de alimento para *P. caeruleus* no fue muy dispar, no se observaron diferencias entre ambas en ninguno de los parámetros reproductivos que se analizaron.

Dos aspectos que estimamos importantes para determinar el impacto indirecto vía cadena trófica de los tratamientos forestales con insecticidas sobre las aves son: por una parte, determinar no tanto el porcentaje de reducción de los artrópodos, sino la densidad de presas que permanecen vivas tras la acción del insecticida, y, por otra, qué tipo de artrópodos sobreviven, cuál es su hábitat y cuál la probabilidad de ser capturados por las aves.

Cuando ciertos artrópodos alcanzan niveles de plaga en ecosistemas forestales, los recursos tróficos para las aves insectívoras pueden ser extraordinariamente abundantes, hasta tal punto que sólo una pequeña porción de éstos son utilizados, como ha sido indi-

cado en varias plagas de especies defoliadoras (OTVOS, 1979). Por ello, los tratamientos con insecticidas en ecosistemas forestales podrían atenuar o eliminar los efectos negativos sobre la disponibilidad de alimento para las aves si se realizaran de tal forma que, ejerciendo un control efectivo sobre la especie-plaga, reduciendo su densidad por debajo de un umbral económicamente aceptable, dejaran vivos un número suficiente de artrópodos que pudiera permitir el desarrollo normal de la reproducción de las aves insectívoras. Los resultados correspondientes al tratamiento «Malatión» apoyan la reflexión anterior, ya que la persistencia de orugas y otros artrópodos tras la fumigación debió permitir que el éxito de cría del Herrerillo Común en esta parcela no difiriera del observado en la parcela testigo.

El uso en ecosistemas forestales de insecticidas de amplio espectro y gran efectividad sobre los insectos puede tener efectos muy negativos sobre las co-

munidades de aves y otros vertebrados insectívoros si se emplean a dosis que reduzcan casi totalmente la fauna de artrópodos, ya que pueden alterar gravemente la cadena trófica. Dentro de este tipo de efectos se encuadrarían los resultados obtenidos en nuestro estudio en el tratamiento experimental «Cipermetrina-75» principalmente y, en menor medida, también en el tratamiento «Cipermetrina-3,75»; en ambos la escasez de alimento provocó un incremento en la mortalidad natural de los pollos de *P. caeruleus*.

#### AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a la Consejería de Agricultura y Ganadería y a la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León por las facilidades y apoyo prestados durante la realización de este estudio, y a don Domingo Otal por su ayuda en el trabajo de campo.

#### SUMMARY

Reproduction parameters of Blue Tit (*Parus caeruleus*) were compared in two experimental plots treated with Cypermethrin, one treated with Malathion and a control plot. Density of arthropods (specially lepidopterous larvae) in the Pyrenean Oak (*Quercus pyrenaica* Willd.) leaves was counted before and after treatment in order to determine the food availability during reproduction of the blue tit. Field work was done between 1988 and 1990 in old oak forests in the southwest of the province of Salamanca, Spain.

Two plots were treated with the pyrethroid Cypermethrin using two different doses. One field of 125 ha was sprayed with a dust formulation of Cypermethrin at 75 g ai/ha («Cypermethrin-75»), the other one received an aerial application ULV (Ultra-low-volume) of Cypermethrin at 3.75 g ai/ha («Cypermethrin-3.75»). There were significant differences in nestling mortality between the two experimental plots and the control site.

The «Cypermethrin-75» treatment caused a quick and nearly total extinction of the arthropods of the oak leaves coinciding temporarily with the hatching of eggs of most blue tit nests. Nestling mortality was very high, more than 80%, indirectly due to the effects (through food chain) of «Cypermethrin-75», whose high effectivity against the arthropods left reproductive Blue tits without food to rear their nestlings.

The treatment «Cypermethrin-3.75» caused a strong diminution of the arthropods of the oak forests, but left some living caterpillars although less than in the control plot. The nestling mortality for early broods was similar in this treated plot to in the control site but in late broods this percentage rose up to 53.4% in the treated plot, compared to 14.6% in the control plot.

A field of 125 ha received an aerial treatment ULV with the organophosphate Malathion (1,160 g ai/ha) which was very effective against *Tortrix viridana*, but not against another Tortricidae caterpillar (*Archips xylosteana*). Therefore the same amount or more food was available in this experimental plot than in the control plot, and no significant differences have been found in any of the analysed reproductive parameters (nest abandonment, global breeding success, clutch size, hatching and nestling mortality).

(Key words: Birds, *Parus caeruleus*, breeding success, forest spraying, Cypermethrin, Malathion.)

## BIBLIOGRAFÍA

- BETTS, M. M., 1955: «The food of titmice i oak woodland». *J. Anim. Ecol.*, 24: 282-325.
- BRADBURY, S. P., y COATS, J. R., 1989: «Comparative toxicology of the pyrethroid insecticides». *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 108: 133-177.
- BREWER, L. W.; DRIVER, C. J., y KENDALL, R. J., 1988: «Avian response to a turf application of Triumph® 4E». *Environ. Toxicol. Chem.*, 7: 391-401.
- CROFT, B. A., 1990: *Arthropod biological control agents and pesticides*. John Wiley & Sons, New York.
- HOLMEST, R. T., y SCHULTZ, J. C., 1988: «Food availability for forest birds: effects of prey distribution and abundance on bird foraging». *Can. J. Zool.*, 66: 720-728.
- LACK, D., 1958: «A quantitative breeding study of British tits». *Ardea*, 46: 91-124.
- MARTIN, P. A., 1990: «Effects of Carbofuran, Chlorpyrifos and Deltamethrin on hatchability, deformity, chick size and incubation time of japanese quail (*Coturnix japonica*) eggs». *Environ. Toxicol. Chem.*, 9: 529-534.
- MINEAU, P., y PEAKALL, D. B., 1987: «An evaluation of avian impact assessment techniques following broad-scale forest insecticide sprays». *Environ. Toxicol. Chem.*, 6: 781-791.
- MINOT, E. O., 1981: «Effects of interspecific competition for food in breeding blue tits (*Parus caeruleus*) and great tits (*Parus major*)». *J. Anim. Ecol.*, 50: 375-386.
- MULLA, M. S.; MIAN, L. S., y KAWECKI, J. A., 1981: «Distribution, transport, and fate of the insecticides malathion and parathion in the environment». *Residue Reviews*, 81: 1-159.
- NOORDWIJK, A. J. VAN; BALEN, J. H. VAN, y SCHARLOO, W., 1980: «Heritability of ecologically important traits in the great tit». *Ardea*, 68: 193-203.
- OBESO, J. R., 1987: «Uso del espacio y alimentación de los *Parus* spp. en bosques mixtos de la Sierra de Cazorla». *Ardeola*, 34: 61-77.
- OTVOS, I. S., 1979: «The effects of insectivorous bird activities in forest ecosystems: an evaluation». In: DICKSON, J. G.; CONNOR, R. N.; FLEET, R. R.; JACKSON, J. A., y KROLL, J. C. (eds.). *The Role of Insectivorous Birds in Forest Ecosystems*. Academic Press, New York, pp. 341-374.
- PASCUAL, J. A., 1985: «Ocupación de cajas anideras en montes de rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) de la provincia de Salamanca». *Bol. Est. Central Ecología*, 28: 35-46.
- PEAKALL, D. B., y BART, J. R., 1983: «Impacts of aerial application of insecticides on forest birds». *CRC Crit. Rev. Environ. Control*, 13: 117-165.
- PEAKALL, D. B., y BOYD, H., 1987: «Birds as bio-indicators of environmental conditions. Chairmen's introduction». In: DIAMOND, A. W., y FILION, F. L. (eds.). *The value of birds*. ICBP, Technical Publication, núm. 6. Cambridge, pp. 113-118.
- PERIS, S., y PASCUAL, J. A. (en prensa): «Variación interanual de la nidificación de aves en cajas anidaderas en un encinar adhesionado y en bosques de rebollo». *Ecología*.
- PERRINS, C. M., 1979: *British Tits*. Collins, London.
- PERRINS, C. M., 1985: «Clutch size». In: CAMPBELL, B., y LACK, E. (eds.). *A Dictionary of Birds*. T & AD Poyser, Calton.
- POWELL, G. V. N., 1984: «Reproduction by an altricial songbird, the red-winged blackbird, in fields treated with the organophosphate insecticide fenthion». *J. Appl. Ecol.*, 21: 83-95.
- RANDS, M. R. W., 1985: «Pesticide use on cereals and the survival of grey partridge chicks: a field experimental». *J. Appl. Ecol.*, 22: 49-54.
- ROBINSON, S. C.; KENDALL, R. J.; ROBINSON, R.; DRIVER, C. J., y LACHER, T. E., 1988: «Effects of agricultural spraying of Methyl Parathion on cholinesterase activity and reproductive success in wild starlings (*Sturnus vulgaris*)». *Environ. Toxicol. Chem.*, 7: 343-349.

- ROBREDO, F., y SÁNCHEZ, A., 1983: «Lucha química contra la lagarta verde de la encina, *Tortrix viridana* L. (Lep.: Tortricidae). Evolución de las técnicas de aplicación desde los primeros ensayos y trabajos realizados hasta el momento actual». *Bol. Serv. Plagas*, 9: 253-272.
- SIEGEL, S., 1972: *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. Trillas, México.
- SMITH, T. M., y STRATTON, G. W., 1986: «Effects of synthetic pyrethroid insecticides on nontarget organism». *Residue Reviews*, 97: 93-120.
- SOKAL, R. R., y ROHLF, F. J., 1979: *Biometría*. H. Blume, Madrid.
- SORIA, S., 1987: «Lepidópteros defoliadores de *Quercus pyrenaica* Willdenow, 1805». *Bol. San. Vegetal*. Fuera de serie, 7: 1-302.
- SPRAY, C. J.; CRICK, H. Q. P., y HART, A. D. M., 1987: «Effects of aerial applications of Fenitrothion on bird populations of a Scottish pine plantation». *J. Appl. Ecol.*, 24: 29-47.
- THEILING, K. M., y CROFT, B. A., 1988: «Pesticide side-effects on arthropod natural enemies: a database summary». *Agric. Ecosystems Environ.*, 21: 191-218.