

UNIVERSITAT DE LLEIDA E.T.S. D'ENGINYERIA AGRARIA

Universitat de Lleida
Biblioteca General

22 SET. 2000

B-4999

ECOLOGÍA Y CONTROL DE LOS PULGONES DEL MAÍZ

LUIS ASÍN JONES

III.1.- Efecto de la temperatura sobre *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum*.

R. padi es la especie más adaptada a las altas temperaturas, llegando a sobrevivir el 55% de los individuos a 30°C, seguida por *S. avenae* y *M. dirhodum*. Esta clasificación se repite en Dean (1974), aunque la mortalidad a 25°C no superan el 20%, circunstancia que se repite en Acreman & Dixon (1989) para *S. avenae* sobre trigo.

En relación al TD y al PPR, *R. padi* es la especie que presenta valores más bajos, seguida por *S. avenae* y *M. dirhodum*. Lo que coincide con los estudios de Kieckhefer *et al.* (1989), Elliot & Kieckhefer (1989) y Segonca *et al.* (1994), donde *R. padi* es la especie que presenta valores más bajos de TD, en comparación con *S. avenae*. Dean (1974) encontró que *R. padi* era la especie más rápida en alcanzar el estado de madurez, sin embargo *M. dirhodum* muestra valores del TD inferiores a *S. avenae* hasta 22°C.

Dean (1974) observó que *S. avenae* es la especie con valores más altos de VR y LONG y que *R. padi* presentaba los valores más bajos en casi todas las condiciones, incluso por debajo de *M. dirhodum*, lo que coincide con los resultados obtenidos sobre maíz.

También obtienen resultados similares Segonca *et al.* (1994), en la mayor parte de las condiciones térmicas que ensayaron, *S. avenae* mostró mayores VR que *R. padi*.

Pero si se presta atención a la r_m , *R. padi* es la especie con valores más elevados en prácticamente todas las condiciones, lo que también constata Dean (1974) para las tres especies y Segonca *et al.* (1994) entre 12-20°C para *R. padi* y *S. avenae*.

En función de los resultados obtenidos, se puede afirmar que de las tres especies de pulgones ensayadas, *R. padi* es la especie mejor adaptada a temperaturas elevadas, lo que también constató Dean (1974) sobre cebada.

Esta superioridad se basa en una menor mortalidad, unos bajos TD y PPR, seguidos de una capacidad de reproducción superior a las otras dos especies en casi todas las condiciones.

El efecto de la temperatura sobre las tres especies de pulgones parece poder explicar, en parte, alguna de las fases de la dinámica de los pulgones del maíz en las condiciones de Lleida.

Por un lado, la circunstancia de que una superioridad numérica de adultos alados de *R. padi*, no se traduzca en el conjunto de la población de dicha especie (Almenar-93 y Almacelles-93), frente al hecho de que una superioridad de adultos alados de *S. avenae* (Almenar-94 y Almacelles-94) o de *M. dirhodum* (Almenar-95) si se traduzca en una superioridad del conjunto sus poblaciones respectivamente, podría venir definida en gran medida por la temperatura, ya que desde el 1 de mayo hasta el 15 de junio de los tres años de experimentación, la temperatura media diaria solo superó los 22°C en 1, 6 y 1 días en 1993, 1994 y 1995 respectivamente.

Si se tiene en cuenta que en los ensayos en laboratorio, *S. avenae* ha mostrado una mayor capacidad reproductiva que *R. padi* en las temperaturas bajas (18-19°C), se podría explicar que las poblaciones de *S. avenae* superasen numericamente a las de *R. padi*, a pesar de que la colonización de *R. padi* fuese más abundante.

Sin embargo, el caso de *M. dirhodum* no puede ser explicado por el efecto de la temperatura, ya que en todas las condiciones de experimentación, esta especie ha mostrado valores inferiores de las 10 variables en comparación a *R. padi*.

Como ya se describió en el Capítulo I, en los meses de julio y agosto las poblaciones de pulgones disminuyen ampliamente, llegando a desaparecer en algun caso. El efecto de la temperatura parece ser clave en esta fase, ya que en el mes de julio solo hay 37 días en los que no se superen los 25°C (24 en 1993, 4 en 1994 y 9 en 1995), ello explicaría que solo en 1993 no se observe una clara disminución de las poblaciones de *S. avenae*, ya que este resultó ser el verano menos riguroso. A su vez, la práctica desaparición de las poblaciones de las tres especies en Almenar-94 quedaría explicado por ser el verano más riguroso (22 días consecutivos con una temperatura máxima diaria entre 32-38°C).

Una vez superadas las altas temperaturas estivales, las temperaturas se moderan, pero las poblaciones de *S. avenae* y *M. dirhodum* no son capaces de recuperarse, debido

probablemente a que sus poblaciones, a diferencia de *R. padi*, prácticamente han desaparecido debido a las altas temperaturas estivales.

Los resultados obtenidos en los ensayos en laboratorio, junto con la climatología de la zona de estudio explicarían que a partir de julio:

- *R. padi*, como especie más adaptada a las altas temperaturas, se convierta prácticamente en el único pulgón presente en los campos de maíz.
- *M. dirhodum*, como especie peor adaptada a las altas temperaturas, desaparezca prácticamente.
- La presencia de *S. avenae* solo fuese registrada cuando las temperaturas estivales no son tan rigurosas, tal y como sucedió en 1993.

CAPÍTULO IV.

EFFECTS OF SOIL INSECTICIDE TREATMENTS ON MAIZE APHIDS AND APHID PREDATORS IN CATALONIA

Publicado en:

ASÍN, L.; PONS, X. 1999. Effects of soil insecticide treatments on maize aphids and aphid predators in Catalonia. Crop Protection 18 (1999) 389-395.

IV.1.- Abstract

The effect on maize aphids and aphid predators of granular formulations of carbofuran and lindane applied at sowing was evaluated from plant emergence to flowering in a three-year study at two commercial farms. Plots treated with carbofuran showed lower total aphid and alate densities during the first week after plant emergence. Later, densities in carbofuran- treated plots were significantly higher than in lindane-treated or untreated plots. No differences in the presence of predators on plants were found, but at one farm catches of polyphagous ground-foraging predators in pitfall traps were greater in untreated plots, coinciding with lower aphid density on plants. Results indicate that the use of carbofuran, in our crop conditions, for controlling aphids and preventing MDMV was ineffective because aphid colonization and reproduction was not avoided, so allowing virus transmission, and ground-foraging predators were negatively affected. Lindane had no direct effect on aphids; and no indirect effects through its impact on predators were observed.

IV.2.- Introduction

Maize is the main summer arable crop in Catalonia (NE Spain). It covers nearly 35,000 ha, more than 50% of them in the Lleida Basin. It forms part of the usual rotation of arable crops in the region, consisting of lucerne, winter cereals, maize or sunflower. The rotation maize – winter cereals – maize is also very frequent. Maize is almost exclusively devoted to grain production for livestock feeding.

Pests attacking maize crops in the area may be divided into: 1) soil pests, including wireworms and cutworms; 2) corn borers; 3) sap sucking insects (aphids and leafhoppers); 4) leaf and grain feeders; and 5) mites (Piqué *et al.*, 1998).

Aphids have a high damage potential in Catalonia, especially in the first half of the crop season, when they cause direct damage and transmit viruses (mainly maize dwarf mosaic virus, MDMV), but aphid incidence in time and space is variable (Asín & Pons, 1996). Although twelve species have been recorded forming colonies on maize plants in Catalonia, *Rhopalosiphum padi* (L.), *Sitobion avenae* (Fabricius) and *Metopolophium dirhodum* (Walker) are the most frequent and abundant species (Pons *et al.*, 1994).

The application of soil insecticides at sowing (mainly methylcarbamates and chlorinated hydrocarbons) to control soil pests, aphids and the first generation of corn borers is a regular practice in the region (Piqué et al., 1998). Methylcarbamates with their systemic action are seen as good controllers of aphids, and farmers apply them also to prevent MDMV. Carbofuran is the most widely used insecticide of this group. Lindane, the only chlorinated hydrocarbon registered for this use, when applied at sowing has no direct effect on aphids; however, it may have an indirect effect on aphid-predatory fauna, but no references support this hypothesis in maize. As these insecticide treatments are applied before the aphids attack, they may sometimes be unnecessary, lead to soil and water pollution, and have negative effects on beneficial fauna.

Piqué et al. (1998) studied the effect of granular formulations of lindane and carbofuran applied at sowing against maize soil pests and the first generation of corn borers in Catalonia. They found no significant differences between treated and untreated plots, and concluded that prophylactic treatments to control these pests were not justified.

In order to improve knowledge about the effectiveness of soil treatments to control maize pests in Catalonia, a three-year study comparing the effect on aphid populations and aphid predators of granular carbofuran and lindane applied at sowing with untreated plots was carried out under traditional maize crop conditions.

IV.3.- Materials and methods

The study was conducted during three consecutive maize growing seasons at two commercial farms located 35 and 20 km to the west of Lleida. The first farm (Farm-1 here-after) was irrigated by flooding and was divided into two areas where winter wheat and maize were grown in each area in alternate years. The second farm (Farm-2 here-after) was transformed from flooding irrigation to pivot irrigation during the winter of the second year of the experiment, and the trial area was different each year. Soils of the trial areas of both farms had similar pH (7.8 to 8.1), but the organic matter content was higher at Farm-1 (3.0 - 3.1 %) than at Farm-2 (2.2 - 2.4 %). The crop grown in the experimental plots before the beginning of the experiment was in all cases wheat, which had followed maize or wheat (Table IV.1). When maize had been grown, a granular methylcarbamate (usually carbofuran, but sometimes benfuracarb) was always applied at sowing, but no insecticides were applied to wheat.

Table IV.1.- Sowing dates and crops grown on experimental plots for the three years before the begining of the experiment. Wheat is grown in the region from December to June, and maize from May to November, therefore only one crop each year was grown.

	Farm-1		Farm-2	
	Sowing date	Crops grown for 3 years before	Sowing date	Crops grown for 3 years before
Year 1	29 May	Wheat-maize-wheat	19 April	Wheat-wheat-wheat
Year 2	2 May	Wheat-maize-wheat	18 May	Maize-wheat-wheat
Year 3	2 May	Wheat-maize-wheat	14 June	Maize-maize-wheat

Soil was prepared for sowing according to the traditional methods of the region, which consisted of subsoiling, ploughing to half depth (15 cm) and skim-ploughing with a rotary hoe. Maize (cv. Juanita®, Pioneer) was sown with a conventional drill. Sowing dates are shown in Table IV.1. Two days after sowing, plots were sprayed with a mixture of 35 % alachlor + 25 % atrazine, Primdal® (Agrodan), at 6 l/ha.

At Farm-1 the experiments were carried out on 12 commercial terraced plots, each one separated from the next by the plot margin consisting in a bare strip of 0.5 m wide and 1.5 m high, approximately, with its slope. At Farm-2, 12 commercial plots, separated by a bare strip of 0.5 m, were also used to carry out the experiments. A

treatments and an untreated control was used at both locations: (i) plots treated with carbofuran applied in the furrow line at seeding, at 15 kg/ha (750 g a.i./ha); (ii) plots treated with granular lindane applied in the furrow at seeding, at 20 kg/ha (400 g a.i./ha) and (iii) untreated plots. Because field scale pieces of land were used, plot size varied in each farm and experiment; the plot size at Farm-1 varied from 0.25 to 1 ha, whereas those at Farm-2 varied from 0.25 to 0.65 ha.

Plots were monitored from maize emergence until 10 weeks later (except at Farm-2 in the third year of the experiment), when plants were at the beginning of flowering. The first year, weekly sampling was performed, but the second and third years the sampling was done twice a week for the first 4 weeks and weekly afterwards. Twenty-five plants per plot were visually sampled each sampling day. The following records were taken: aphid species, number and morph; species and number of predators on plants. During the second and third years, 3 pitfall traps (a glass jar of 9 cm diameter and 17 cm depth half filled with water and detergent) were installed in each plot on the sowing day between the two central furrow lines and regularly distributed along the plot length (at least 25-30 m apart); traps were replaced every week, and numbers and species of predators caught were recorded and identified in the laboratory.

Data were analysed using the SAS statistics package (SAS Institute Inc., 1989). To compare aphid and predator densities in the different plots for each sampling date and trial, data were transformed to log (x+1) and an ANOVA of CRD performed. The following variables were also calculated for each trial and for different plots: values of aphid*day and predators on plant*day, and total catches in pitfall traps at the end of the sampling period. Comparisons between these values were made through an analysis of variance. When necessary, means were separated using Duncan's method. A linear regression analysis between values of aphids*day and catches of predators in pitfall traps in Farm-1 was made for the two years in which pitfall traps were installed.

IV.4.- Results

Over 95% of the aphids recorded during the season were *S. avenae*, *M. dirhodum* and *R. padi*.

Throughout the first two weeks after maize emergence, aphid densities of the three main aphid species were usually less than 5 aphids/plant (Figure IV.1). Colonizing alates were a high proportion of the population in this period, and the rest were young nymphs (first three instars). Population levels increased later (Figure IV.1), but young nymphs were always the predominant morphs in the population structure.

Despite the low aphid populations, plots treated with carbofuran had significantly lower total aphid densities ($P < 0.05$) than untreated plots at the beginning of the sampling period in four of six trials (Farm-1 all three years, and the second year in Farm 2) (Figure IV.1 and Table IV.2); but these differences could not be seen for all three main aphid species (Table IV.2), probably due to the low population levels (or even absence) of some of them. Significant differences between density of alates in carbofuran-treated and untreated plots in Farm-1 the first two years were found in the case of *R. padi* and *S. avenae* and in only the second year for *M. dirhodum*, but no differences between alate densities of any of the three species were found in Farm-2 (Table IV.2). In all cases, differences between the aphid or alate densities in plots treated with carbofuran and untreated plots were not significant beyond 8 days after emergence of the maize (Table IV.2).

Table IV.2.- Number of days after maize emergence during which plots treated with carbofuran showed significantly lower aphid population than untreated plots. (data relating to alatae in parentheses).

	Farm-1 1 st year	Farm-1 2 nd year	Farm-1 3 rd year	Farm-2 1 st year	Farm-2 2 nd year	Farm-2 3 rd year
Total aphids	1 (8)	4 (4)	4 (0)	0 (0)	8 (0)	0 (0)
<i>R. padi</i>	8 (1)	4 (4)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)
<i>S. avenae</i>	0 (8)	4 (4)	4 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)
<i>M. dirhodum</i>	0 (0)	4 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

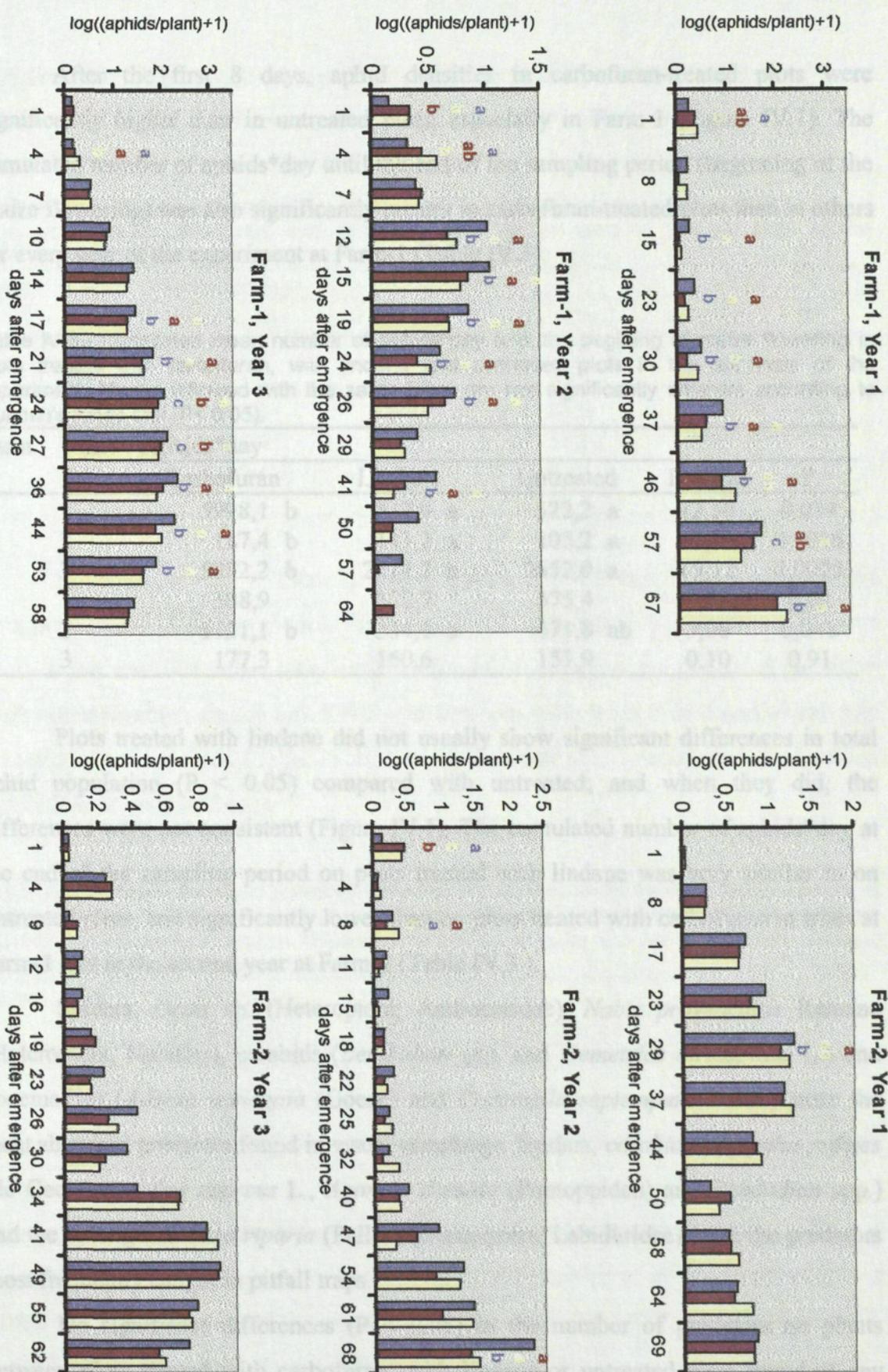


Fig IV.1.- Total aphid densities in Farm-1 and Farm-2 trials in the different soil-treated plots. For each sampling date, the same letter above bars means that there were no significant differences between treatments ($P < 0.05$), according to Duncan's multiple range test.

■ Plots treated with catofuran

■ Plots treated with lindane

□ Untreated plots

After the first 8 days, aphid densities in carbofuran-treated plots were significantly higher than in untreated plots, especially in Farm-1 (Figure IV.1). The cumulated number of aphids*day until the end of the sampling period (beginning of the maize flowering) was also significantly greater in carbofuran-treated plots than in others for every year of the experiment at Farm-1 (Table IV.3).

Table IV.3.- Cumulated mean number of aphids*day until the begining of maize flowering in plots treated with carbofuran, with lindane and untreated plots in the six trials of the experiment. Means followed with the same letter are nor significantly different according to Duncan's range test ($P < 0,05$).

Farm	Year	Aphids*day				F-value	P
		Carbofuran	Lindane	Untreated			
1	1	5998,1 b	837,9 a	522,2 a	12,50	0,019	
1	2	187,4 b	111,2 a	105,2 a	22,71	0,0016	
1	3	5092,2 b	2774,2 a	2652,0 a	19,12	0,0025	
2	1	368,9	322,7	375,4	0,20	0,82	
2	2	1121,1 b	234,1 a	471,8 ab	5,06	0,048	
2	3	177,3	160,6	151,9	0,10	0,91	

Plots treated with lindane did not usually show significant differences in total aphid population ($P < 0,05$) compared with untreated; and when they did, the differences were not consistent (Figure IV.1). The cumulated number of aphids*day at the end of the sampling period on plots treated with lindane was very similar to on untreated plots, and significantly lower than on plots treated with carbofuran in trials at Farm-1 and in the second year at Farm-2 (Table IV.3).

Spiders, *Orius* sp. (Heteroptera, Anthocoridae), *Nabis provencallis* Remane (Heteroptera, Nabidae), carabids (*Bembidion* spp. and *Demetrias atricapillus* L.) and coccinellids (*Adonia variegata* (Goeze) and *Coccinella septempunctata* L.) were the most abundant predators found in visual samplings. Spiders, carabids (*Harpalus rufipes* (de Geer), *Poecilus cupreus* L., *Agonum dorsale* (Pontoppidan) and *Bembidion* spp.) and the earwig *Labidura riparia* (Pallas) (Dermaptera, Labiduridae) were the predators most frequently caught in pitfall traps.

No significant differences ($P < 0,05$) in the number of predators on plants between plots treated with carbofuran, with lindane or untreated were found at any

sampling date. There were no significant differences in the overall presence of these predators between the different soil-treated plots and trials (Table IV.4).

Table IV.4.- Cumulated mean number of predators*day until the begining of maize flowering in plots treated with carbofuran, with lindane and untreated plots in the six trials of the experiment.

Farm	Year	Predators*day				
		Carbofuran	Lindane	Untreated	F-value	P
1	1	63,0	67,0	57,0	0,14	0,87
1	2	102,4	102,4	103,7	1,19	0,37
1	3	103,2	98,6	96,9	0,16	0,86
2	1	32,4	27,6	31,1	0,14	0,87
2	2	55,1	53,7	51,7	2,63	0,15
2	3	32,2	36,0	37,2	1,47	0,30

However, at Farm-1 more spiders, carabids and earwigs were usually caught with pitfall traps in untreated plots than in other plots, although these differences were rarely significant. When the cumulated catches of these three main groups of predators were taken together, significant differences between plots treated with carbofuran and untreated plots appeared (Table IV.5), but not between plots treated with lindane and carbofuran or untreated ones.

Table IV.5.- Cumulated mean number of predators caught in pitfall traps until the begining of maize flowering in plots treated with carbofuran, with lindane and untreated plots in the six trials of the experiment. Means followed with the same letter are nor significantly different according to Duncan's range test ($P < 0,05$).

Farm	Year	Predators*day				
		Carbofuran	Lindane	Untreated	F-value	P
1	2	238,8 a	279,3 ab	320,3 b	3,48	0,047
1	3	225,6 a	258,1 ab	291,7 b	5,61	0,010
2	2	497,8	474,0	544,0	0,52	0,60
2	3	393,9	386,3	388,7	0,02	0,98

The number of aphids*day up to the beginning of the maize flowering at Farm-1 was linearly and negatively related to the cumulated number of all predators caught in pitfall traps in both years of the experiment ($R^2 = 0,53$, $P = 0,007$, $F = 11,3$ in Year 2, and $R^2 = 0,40$, $P = 0,027$, $F = 6,7$ in Year 3) (Figure IV.2).

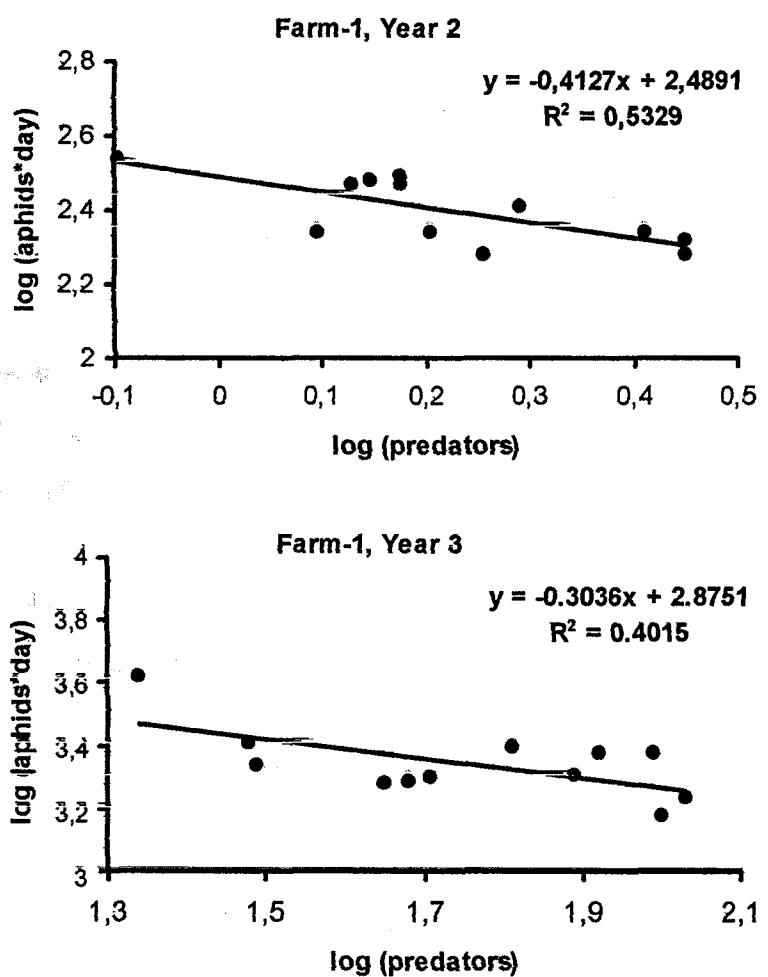


Fig IV.2.- Linear relationship between the number of aphids*day and the cumulated number of predators caught in pitfall traps during the sampling period at Farm-1 in the second and third years of the experiment.

IV.5.- Discussion

Some authors have pointed out that the application of carbofuran at sowing controls aphids in cereals effectively and have reported the duration of carbofuran's aphicide action: 3-10 weeks in winter cereals (Araya et al, 1980; Araya and Cambron, 1992); 10-12 weeks in maize (Homeyer, 1975); up to six weeks in the control of *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) (Van Rensburg and Malan, 1982), and 3 weeks (Mize *et al.*, 1980) and 8 weeks (Homeyer, 1975) for *Schizaphis graminum* Rondani in sorghum. However, the results of our study do not support the conclusions of these authors.

In spite of between-field differences in aphid densities within a same year, probably due to the different sowing dates, we found that effective aphid control only lasted 8 days after maize emergence. Although reasons for the short effectiveness of carbofuran may be related to several factors (instability of carbofuran in alkaline soil conditions, particular climatic conditions, bacterial degradation in the soil) (Charnay and Fournier, 1994), the cause in our experiment remains unknown. Piqué *et al.* (1998), in a study in the same agricultural area, attributed the lack of effectiveness of carbofuran in controlling maize soil pests to the bacterial degradation of carbofuran in the soil. Since repeated applications of methylcarbamates were characteristic of the trial areas, this may be one of the main causes of the reduced effectiveness of carbofuran, along with soil alkalinity. Examples of carbofuran's failure to control cereal aphids for this reason are given by Wilde and Mize (1984) and to control other maize pests by Felsot *et al.* (1982), Gorder *et al.* (1982), Naïbo and Sombrun (1987) and Piqué *et al.* (1998).

Because MDMV is a non-persistent virus, aphid alates play a major role in its transmission. Alates that colonize maize in Lleida come mainly from maturing winter cereals (Pons *et al.*, 1994). Some of them may previously stop on Johnsongrass, one of the most common weeds in maize fields in Lleida and the main reservoir of MDMV (Achón, 1999). The period of aphid-maize colonization takes more than one month (Pons, unpublished data). During the time that carbofuran was effective (1 week), it did not prevent the settlement of alates and their reproduction. Consequently, carbofuran cannot be considered effective in preventing MDMV. The effectiveness of commonly

used carbamate aphicides in preventing the spread of non-persistent viruses has been questioned (Hurej and Peters, 1989). Albajes *et al.* (1985) reported carbofuran's inability to control MDMV and Ferro *et al.* (1980) showed that aldicarb increased the incidence of MDMV in sweet maize.

Lindane had no direct effect on aphids, as had been expected. Although chlorinated hydrocarbon insecticides may have detrimental effects on non-target organisms (Getzin, 1973), no indirect effects on aphid populations, through their impact on predators, were observed.

Results of the presence of predators on plants suggest that carbofuran did not have any direct effect on their populations. Selectivity of carbofuran applied at soil has been reported on *Bembidion* sp. and coccinellids (Gholson *et al.*, 1978; Croft, 1990) but also negative effects on mirid bugs and *Orius* sp. (Croft, 1990; Hodgson and Aveling, 1988). The probably reduced amount of carbofuran in plants in our experiments when *Orius* sp. and *N. provencallis* colonize maize (never before June) could be a reason for the results achieved in these two predatory hemipterans.

However, the number of predators caught in pitfall traps at Farm-1 was lower in plots treated with carbofuran than in untreated ones, coinciding with a higher presence of aphids in the former. Aphids are the main group of phytophagous insects living on very young maize plants and, in spite of the persistence of carbofuran in soils of the study area previously treated with methylcarbamates -whose half-life ranged from half a week to two weeks (Piqué *et al.*, 1998), the treatment with carbofuran could have had a detrimental effect during its life on polyphagous ground-foraging predators, hampering or delaying the colonization of plots due to the low-prey density and favouring the dispersal of predators to plots with higher aphid densities.

Although differences in number of carabids caught in pitfall traps between treated and untreated plots were rarely significant, they may have been underestimated because reducing prey populations by the application of insecticides results for some species in hungrier individuals more active in searching food (Chiverton, 1984) which would inflate the pitfall catch in treated plots. More spiders were also found in untreated plots at the beginning of the sampling period; spiders are able to remain in a

field even if the food is scarce (Sunderland, 1988) but the proximity of plots in the experiments could have facilitated the movement from treated to untreated plots.

A negative relationship between the number of aphids*day and the number of predators caught in pitfall traps on Farm-1 was found. This result points to the influence of polyphagous predators on the regulation of maize aphids in our conditions. However, only 50 % of the variation was explained by this reason in the second year of the experiment, and 40 % the third year. Therefore, other factors could favour aphid population increase such as hormoligosis (Luckey, 1968) or sublethal effects on predators which affect predator physiology and behaviour. Probably more than one factor is involved.

In conclusion, in the maize crop conditions of Catalonia, the use of carbofuran for controlling aphids and preventing MDMV is ineffective: maize plants are only protected for a short time, aphid colonization and reproduction are not avoided and so viruses can be transmitted, and polyphagous predators living in the soil are negatively affected, which can favour increases in the aphid population. Since aphid population levels and MDMV incidence on yield are usually low and do not produce economic losses, spraying maize with an aphicide when aphid densities are high enough and suppressing Johnsongrass to reduce risks of MDMV would be a better control strategy.

The results of this study joint to those of Piqué *et al.* (1998) points out that the control strategy against aphids, MDMV, soil pest and the first generation of corn borers in Catalonia, based in prophylactic treatments with soil insecticides, need to be revised.

Acknowledgements.

This research was funded by the Spanish Inter-Ministry of Science and Technology Committee (Comisión Interministerial de Ciencia Y Tecnología-CICYT), projects AGF92-0298 and AGF96-0482. Thanks are due to Ramón Albajes and two anonymous referees for the comments on the paper.

CAPÍTULO V.

EFFECTO DE LA FECHA DE
SIEMBRA SOBRE LAS
POBLACIONES DE PULGONES

V.1.- Antecedentes.

Teniendo en cuenta que la colonización del maíz por parte de los pulgones viene a prolongarse unos dos meses (mayo-junio), variar la fecha de siembra parece ser interesante como práctica cultural para el control de los pulgones del maíz, sea retrasándola con la intención de escapar total o parcialmente a la colonización de los pulgones, sea adelantándola para conseguir que los primeros estadios fenológicos del cultivo estén libres del ataque de los pulgones respectivamente.

En el maíz, el manejo de la fecha de siembra es una medida de control recomendada para el control de otras plagas (Rodríguez & Loera, 1993). Y aunque hay escasas referencias en el caso de los pulgones del maíz, no ocurre lo mismo para los pulgones de cereales de invierno en los que el manejo de la fecha de siembra como un método cultural de control de los pulgones es una medida estudiada en Gran Bretaña (Chambers *et al.*, 1982; Plumb, 1983; McGrath & Bale, 1990), Francia (Dedryver & Tanguy, 1984) y España (Pons, 1986; Pons & Albajes, 1990; Pons *et al.*, 1998).

Esta medida cultural de control puede conllevar otro efecto sobre las poblaciones de pulgones, ya que colonizarán plantas o campos con diferente estado fenológico lo que puede afectar a la evolución de las poblaciones de pulgones. De hecho, Kieckhefer & Gellner (1988) comprobaron que en maíz la fecundidad de *R. padi* y *R. maidis* aumentaba con la edad de la planta.

Hernández (1998) describió que la mortalidad ninfal para *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* era superior sobre plantas de maíz en estado fenológico de 2 hojas que en 5 hojas, y que este hecho podría estar relacionado con la presencia de sustancias antibióticas que en concentraciones suficientes podrían provocar la muerte de los pulgones. De dichas sustancias, los ácidos hidroxámicos son de los más estudiados, y en concreto DIMBOA es el más representativo de este grupo.

La presencia de DIMBOA en concentraciones elevadas en plántulas de trigo de una hoja puede provocar la muerte de los pulgones (Givovich *et al.*, 1992).

En maíz el contenido de DIMBOA es máximo en los primeros estado fenológicos y disminuye sensiblemente tras el espigado (Argandoña & Corcuera, 1985; Castañera, 1986; Niemeyer, 1991).

Otro aspecto a tener en cuenta en el manejo de la fecha de siembra sería la eficacia de esta medida en el control de virosis. En concreto, la incidencia del MDMV aumenta cuanto más joven sea el estado fenológico de la planta de maíz (Albajes *et al.*, 1985), por lo que evitar la coincidencia de los estados fenológicos susceptibles con el momento de máxima colonización de los vectores podría ser interesante como medida de control de las virosis.

El manejo de la fecha de siembra como medida cultural contra los pulgones del maíz ya ha sido planteada en estudios realizados en Lleida (Pons & Albajes, 1986), aunque Albajes *et al.* (1985) consideran que es una medida que probablemente carezca de interés en el control del MDMV por la dificultad de escapar a la colonización de los pulgones del maíz.

En este capítulo se estudia una de las estrategias planteadas en los objetivos, en concreto, se analiza como afecta la fecha de siembra a las poblaciones de pulgones y a sus enemigos naturales.

Para desarrollar dicho objetivo se definieron tres épocas de siembra (temprana, media y tardía) con la intención de ver de que modo esta medida cultural afectaba a la evolución de las poblaciones de pulgones y de sus enemigos naturales. Los diversos campos fueron monitorizados mediante muestreos visuales y trampas de gravedad desde la emergencia de las plántulas hasta la cosecha.

V.1.- Periodo y localización del ensayo.

Los diversos experimentos se realizaron a lo largo de los años 1993, 1994 y 1995 en Almenar y los años 1993 y 1994 en Almacelles, lo que proporcionó 5 ambientes, Almenar-93, Almenar-94 Almenar-95, Almacelles-93 y Almacelles-94.

V.2.- Diseño experimental.

Se definieron tres tipos de siembra, temprana (S1), media (S2) y tardía (S3), con un desfase de unas 3 semanas en la fecha de siembra, en la práctica esto no se pudo cumplir en todos los ambientes debido a la dificultad de encontrar campos que cumpliesen este requisito.

Se consideró siembra media (S2) aquellos campos que habían sido sembrados de finales de abril a finales de mayo, siembras tempranas (S1) a mediados de abril y siembras tardías (S3) a lo largo del mes de junio.

Los campos muestreados, sus fechas de siembra, de emergencia del cultivo y el número de parcelas por campo en los 5 ambientes quedan recogidos en la tabla V.1.

Tabla V.1.- Campos muestreados según la fecha de siembra, parcelas por campo muestreadas, fecha de siembra y de emergencia en los 5 ambientes de estudio.

Ambiente	Época de siembra	Nº parcelas/campo	Fecha de siembra	Fecha de emergencia
Almenar-93	S1	5	4-mayo	18-mayo
	S2-a	5	25-mayo	8-junio
	S2-b	4	29-mayo	8-junio
	S3	5	12-junio	21-junio
Almenar-94	S1	6	11-abril	9-mayo
	S2	4	2-mayo	16-mayo
	S3	5	28-mayo	8-junio
Almenar-95	S1-a	5	10-abril	26-abril
	S1-b	5	11-abril	1-mayo
	S2-a	5	28-abril	16-mayo
	S2-b	4	2-mayo	17-mayo
Almacelles-93	S1	4	19-abril	5-mayo
	S2	3	3-mayo	21-mayo
Almacelles-94	S2	4	10-mayo	30-mayo
	S3	4	27-junio	12-julio

Tabla V.2.- Densidad de siembra, sistema de riego, fecha de recolección, producción, abonado de sementera y cobertura, y tratamientos herbicidas de los campos muestrados en los 5 ambientes de estudio.

Ambiente	Campo	Densidad de siembra (semillas/m ²)	Sistema de riego	Abonado de sementaria (Nitro NPK)	Abonado de cobertura (Nitro NPK)	Tratamiento Herbicida	Fecha de recolección	Producción (kg/ha)	Producción (kg/ha) promedio
Almenar-93	S1	89.300	Manta	197-62-99	100-0-0	Alacloro 48%	7-diciembre	9.294	
	S2-a	89.300	Manta	350-360-330	130-0-0	Alacloro 48%	31-diciembre	13.167	
	S2-b	89.300	Manta	156-46-74	100-0-0	Alacloro 35%+Atrazina 20%	20-octubre	7.971	
	S3	89.300	Manta	106-74-59	150-0-0	Alacloro 35%+Atrazina 20%	31-diciembre	8.056	
Almacelles-93	S1	86.600	Manta	84-64-84	210-0-159	MCPA 60% y Rimsulfuron 25%	8-noviembre	10.167	
	S2	86.600	Pivot	96-66-0	240-0-183	Alacloro 30%+Atrazina 18%	19-noviembre	11.320	
	S1	89.300	Manta	400-159-210	50-0-0	Alacloro 48%	22-octubre	9.707	
	S2	89.300	Manta	350-360-330	130-0-0	Alacloro 35%+Atrazina 20%	3-diciembre	9.413	
Almacelles-94	S3	89.300	Manta	478-159-198	100-0-0	Alacloro 48%	12-diciembre	8.516	
	S2	86.600	Pivot	78-76-180	211-0-0	Alacloro 30%+Atrazina 18% y Rimsulfuron 25%	18-noviembre	9.963	
	S3	86.600	Pivot	85-77-102	131-0-0	Alacloro 30%+Atrazina 18% y Rimsulfuron 25%	27-octubre		
	S1	80.000	Pivot	150-150-150	137-0-0	Alacloro 35%+Atrazina 20%	16-octubre	15.050	
Almenar-95	S1-a	89.300	Manta	250-280-240	150-0-0	Alacloro 35%+Atrazina 20%	21-octubre	13.893	
	S1-b	89.300	Manta	250-280-240	150-0-0	Alacloro 35%+Atrazina 20%	22-octubre	11.580	
	S2-a	89.300	Manta	350-360-330	130-0-0	Alacloro 35%+Atrazina 20%	20-octubre	13.492	
	S2-b	89.300					ensilado		

Con el fin de intentar que todos los campos fuesen homogéneos, o dicho de otro modo, que el único factor que los diferenciase fuese la fecha de siembra, se exigieron una serie de requisitos que debían cumplir todos los campos:

- Material Vegetal: Variedad JUANITA (PIONEER).
- Tratamiento Insecticida: Carbofurano al 5% a razón de 12-15 kg./ha aplicados en la línea de siembra.
- Separación entre campos del mismo ambiente: Inferior a 1 km.

La tabla V.2 recoge la densidad de siembra, sistema de riego, aportes nutricionales, tratamientos herbicidas, fecha de recolección y producción de todos los campos muestreados.

V.3.- Toma de datos.

La mayor parte de los campos se comenzaron a muestrear cuando se superaba el 50% de las plantas emergidas, se continuaba muestreando hasta finales de octubre o hasta que el campo era cosechado, con una periodicidad de muestreos semanal.

Se muestreaban entre 25 y 100 plantas por campo según el tamaño del mismo, siguiendo la misma metodología de muestreo visual para pulgones y enemigos naturales descrito en el Capítulo I “Afidofauna y sus enemigos naturales”.

En los años 94 y 95, se instalaron el día de la siembra entre 8 y 15 trampas de gravedad por campo, según el tamaño del mismo, que eran recogidas y procesadas en el laboratorio semanalmente.

V.4.- Análisis de datos.

Para comprobar el efecto de la fecha de siembra sobre las poblaciones de *R. padi*, *S. avenae*, *M. dirhodum* y el total de pulgones, se consideraron los tres períodos de la dinámica poblacional de los pulgones descritos en el Capítulo I “Afidofauna y sus enemigos naturales”:

- Colonización y primer pico poblacional (Período I): Emergencia-30 de junio.
- Descenso poblacional (Período II): 1 de julio-31 de agosto.

- Segundo pico poblacional (Periodo III): 1 de septiembre-final de campaña.

La tabla V.3 recoge el número de parcelas muestreadas o registros introducidos en el análisis estadístico para los tres períodos definidos.

Tabla V.3.- Número de parcelas introducidas en el análisis de componentes principales, según la fecha de siembra para cada ambiente en los tres períodos.

Ambientes	PERÍODO I			PERÍODO II			PERÍODO III		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Almenar-93	5	9	5	5	9	5	5	9	5
Almacelles-93	4	3		4	3		4	3	
Almenar-94	6	4	5	6	4	5	6	4	5
Almacelles-94		4			4	4		4	4
Almenar-95	10	9		10	9		10	9	
TOTAL	25	29	10	25	29	14	25	29	14

A partir de los datos recogidos en los muestreos semanales de nº pulgones/planta, se calculó el valor medio diario de pulgones·día (VMDPD), según ecuación (1), de *R. padi*, *S. avenae*, *M. dirhodum* y total de pulgones, que viene expresado en pulgones·día/día.

$$(1) VMDPD = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{(P_i + P_{i+1}) \cdot (t_{i+1} - t_i)}{2}}{t_n - t_1}$$

P_i: nº pulgones/planta en el muestreo t_i

P_{i+1}: nº pulgones/planta en el muestreo t_{i+1}

t_{i+1}-t_i: días entre muestreo t_i y el t_{i+1}.

t_n-t₁: días entre el 1er y último muestreo.

Con los valores de VMDPD se realizó un análisis de componentes principales para cada uno de los períodos establecidos.

Para el periodo I también se llevó a cabo un análisis de componentes principales similar considerando como variables las VMDPD de los individuos alados de *R. padi*,

S. avenae y *M. dirhodum*, con el fin de conocer el posible efecto de las fechas de siembra sobre la colonización del maíz.

Por último, y con el fin de comprobar el efecto de la fecha de siembra sobre la reproducción de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* se estudió la evolución de la relación ninfas jóvenes/adultos a lo largo del ciclo del cultivo. Aunque esta relación no refleja exactamente la reproducción de cada especie, podía servir para interpretar la evolución de las poblaciones de pulgones en campos sembrados en fechas diferentes.

V.1.- Efecto de la fecha de siembra sobre la colonización, desarrollo y dinámica poblacional de pulgones.

La dinámica de las poblaciones de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* en los diferentes campos y/o parcelas coincidió en gran medida con la descripción que se dio en el Capítulo I “Afido fauna y sus enemigos naturales” del campo tipo de maíz en la zona de estudio, tal y como se puede observar en las figuras V.1, V.2, V.3 y V.4, que representan la evolución de las poblaciones de *R. padi*, *S. avenae*, *M. dirhodum* y el total de pulgones en los campos muestreados de los cinco ambientes estudiados, y en las figuras V.5., V.6. y V.7. recogen la evolución de las poblaciones de adultos alados de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum*; lo que supuso:

- Presencia de adultos alados colonizadores desde la emergencia.
- Primer pico poblacional en el periodo I.
- Disminución o reducción de las poblaciones de pulgones en el periodo II.
- Recuperación de las poblaciones de *R. padi* en el periodo III.

En las figuras que recogen las poblaciones de individuos alados de las tres especies de pulgones no se representa todo el periodo del ciclo del cultivo, ya que la elevada infestación de algunos campos dificultaba la contabilización de cada uno de los estados de desarrollo de las tres especies.

Las excepciones a estas características fueron los campos S3 y el ambiente Almacelles-94. Los campos S3 no soportaron el primer pico poblacional y además la presencia de alados en el periodo I fue muy baja e incluso en algunos casos nula. Por otro lado ninguno de los dos campos de Almacelles-94 mostró el primer pico poblacional en el periodo I.

En referencia a los adultos alados, se observa mayoritariamente que para una misma fecha de muestreo los campos S1 soportan un nivel de adultos alados superior a los campos S2 y a su vez estos respecto a los S3. También se constata que las curvas definen el vuelo de los pulgones, ya que en general a partir del 1 de julio los niveles poblacionales son nulos o están en claro declive.

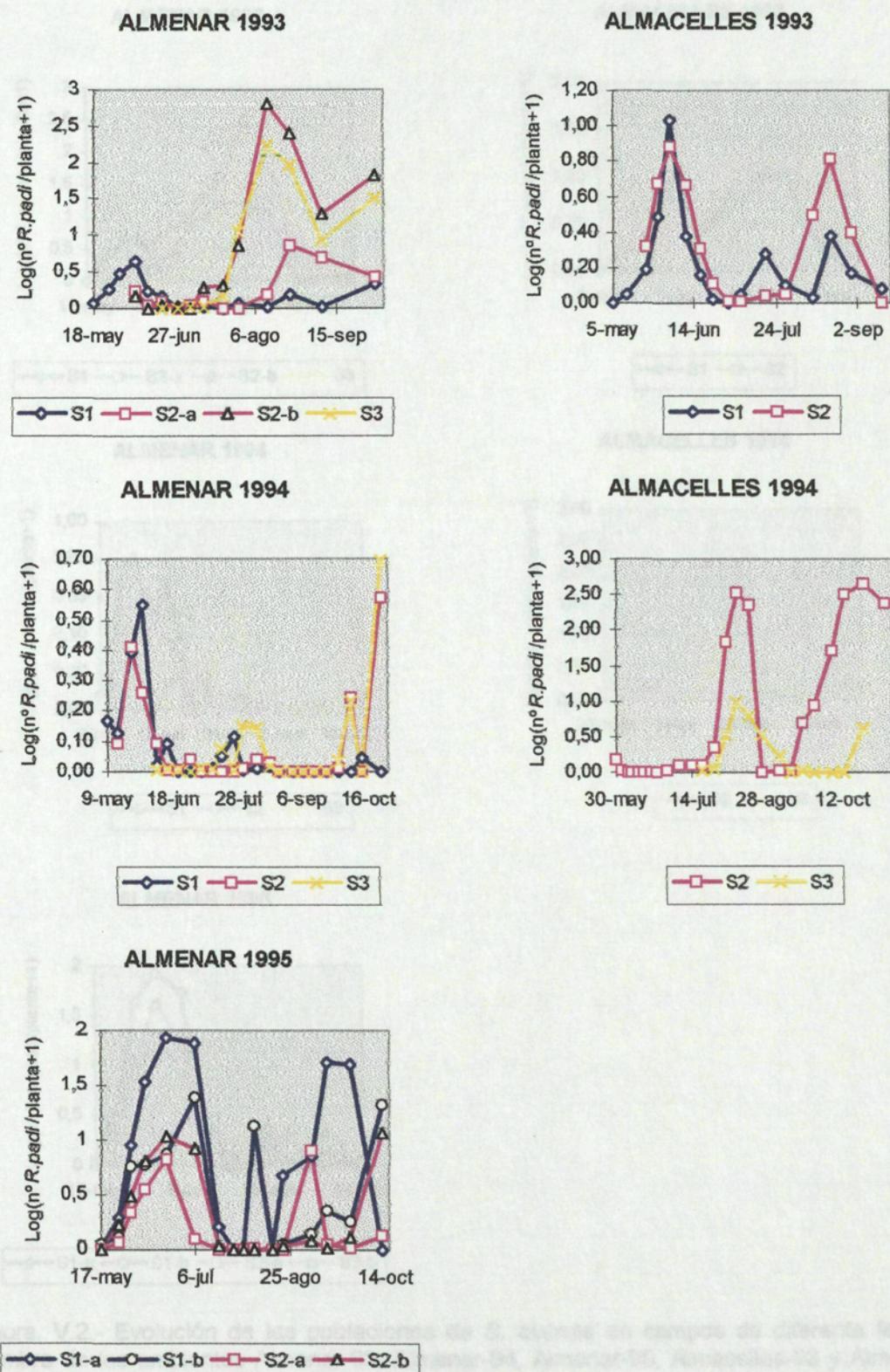


Figura. V.1.- Evolución de las poblaciones de *R. padi* en campos de diferente fecha de siembra de los ambientes Almenar-93, Almenar-94, Almenar-95, Almacelles-93 y Almacelles-94.

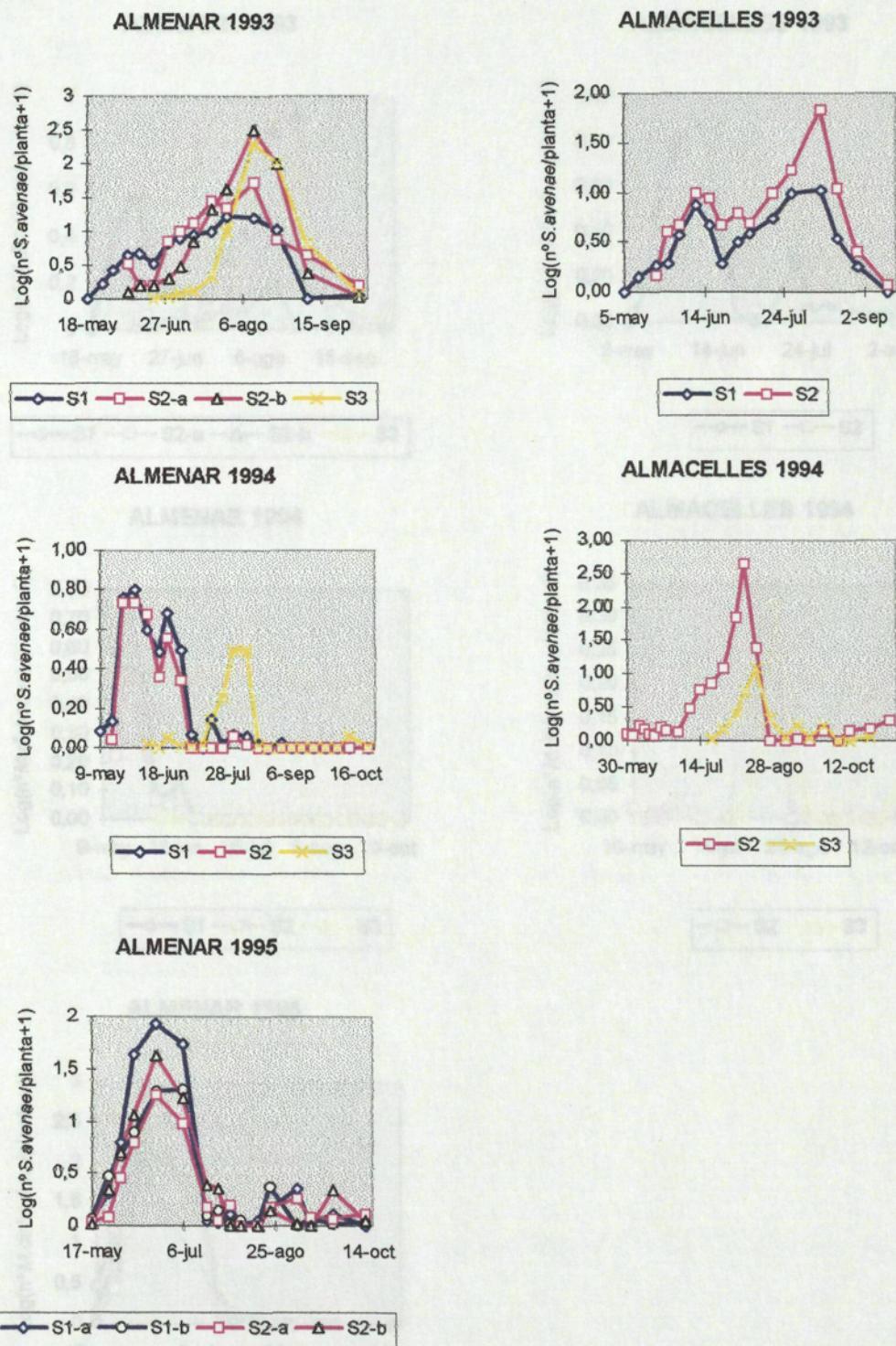


Figura. V.2.- Evolución de las poblaciones de *S. avenae* en campos de diferente fecha de siembra de los ambientes Almenar-93, Almenar-94, Almenar-95, Almacelles-93 y Almacelles-94.

Figura. V.3.- Evolución de las poblaciones de *L. deliciosa* en campos de diferentes fechas de siembra de los ambientes Almenar-93, Almenar-94, Almenar-95, Almacelles-93 y Almacelles-94.

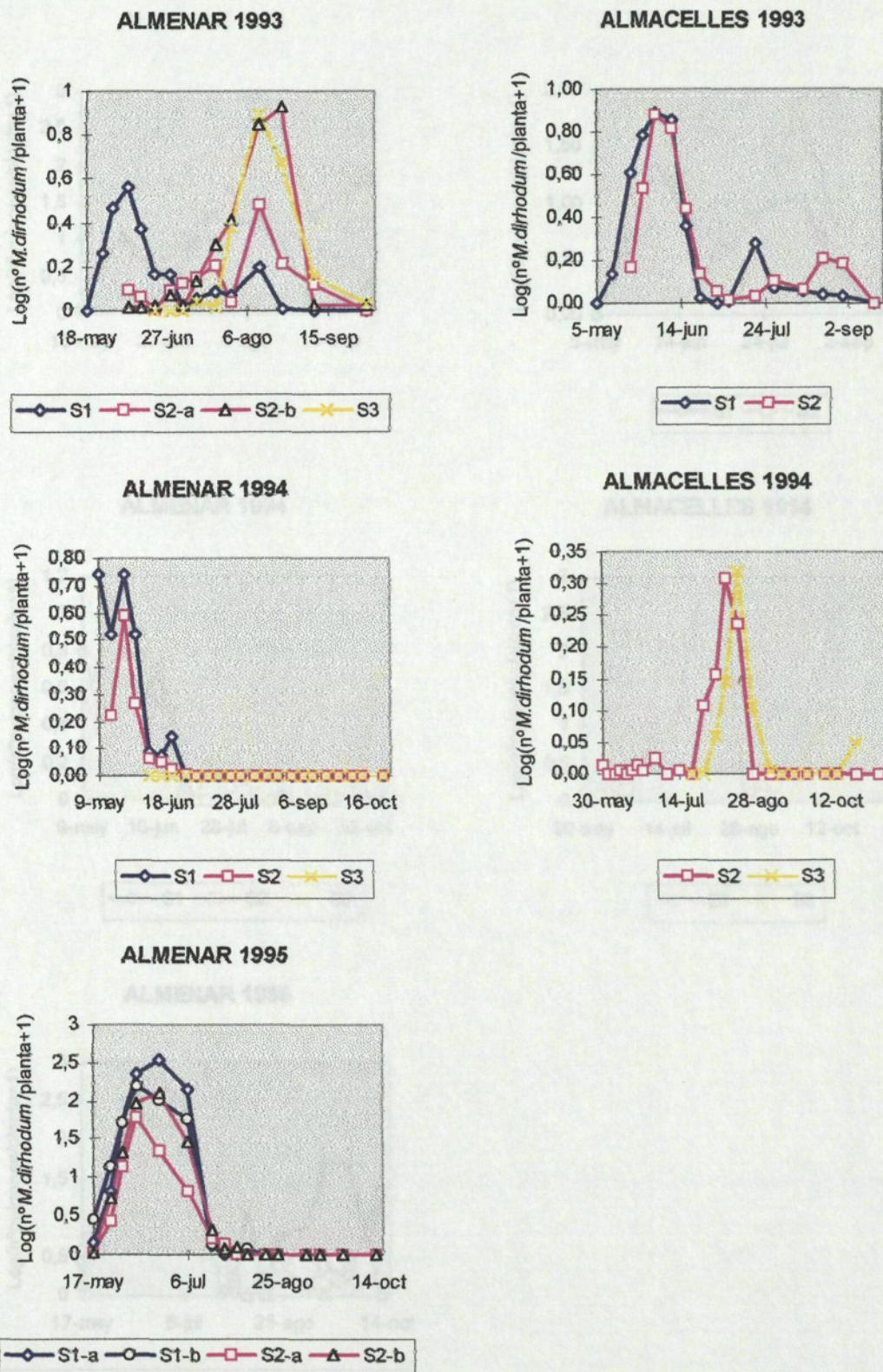


Figura. V.3.- Evolución de las poblaciones de *M. dirhodum* en campos de diferente fecha de siembra de los ambientes Almenar-93, Almenar-94, Almenar-95, Almacelles-93 y Almacelles-94.

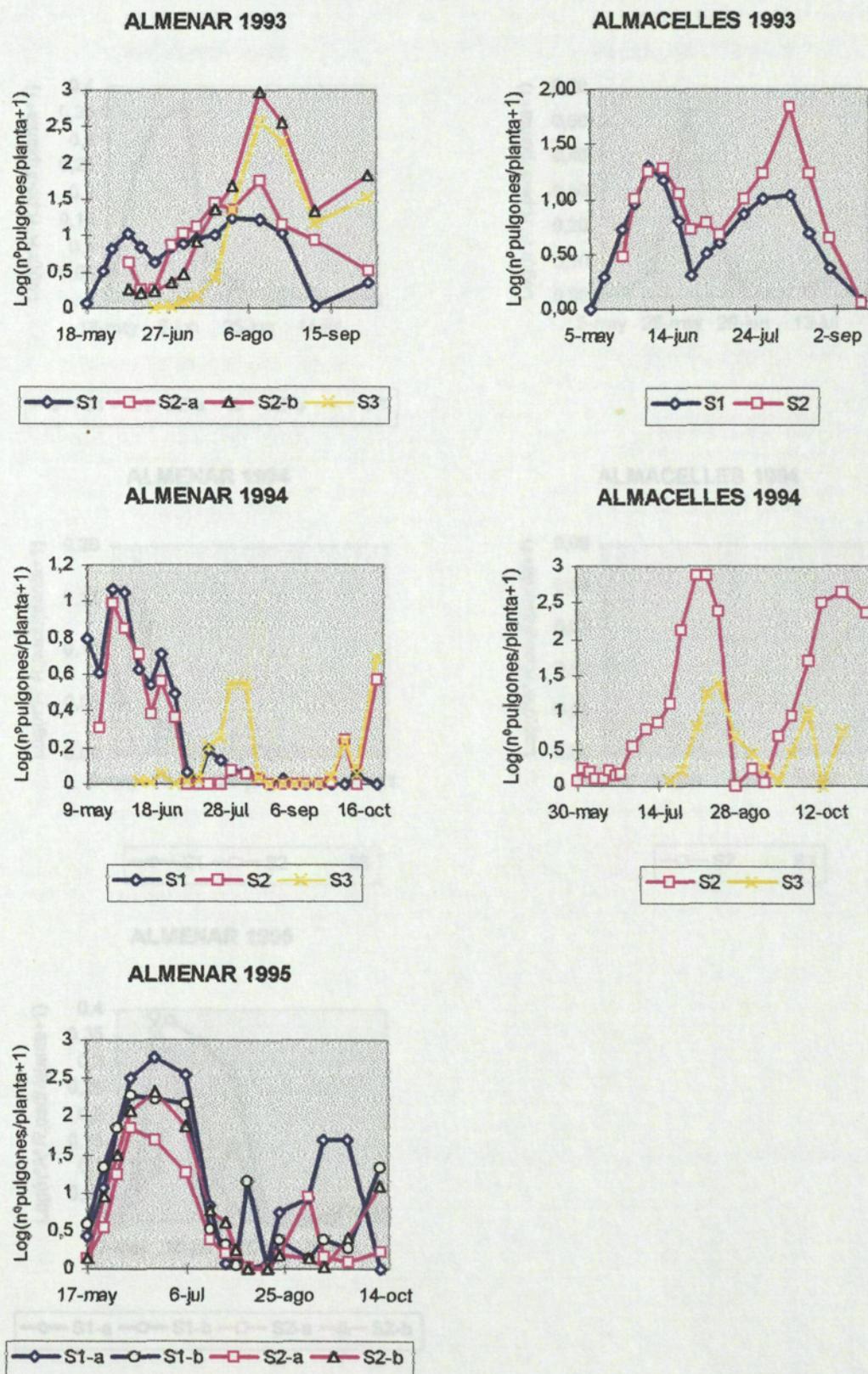


Figura. V.4.- Evolución de las poblaciones del total de pulgones en campos de diferente fecha de siembra de los ambientes Almenar-93, Almenar-94, Almenar-95, Almacelles-93 y Almacelles-94.

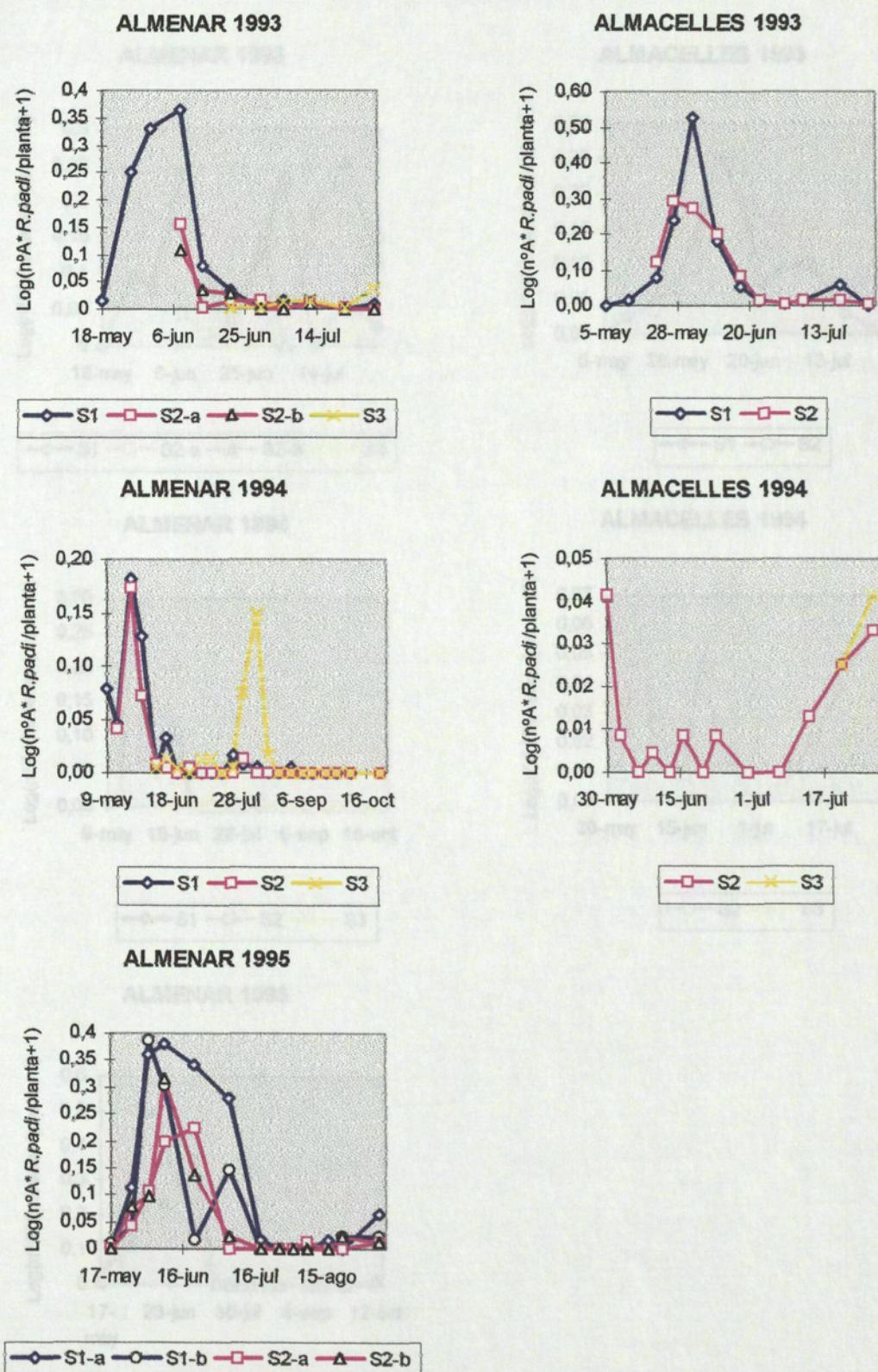


Figura. V.5.- Evolución de las poblaciones de adultos alados de *R. padi* en campos de diferente fecha de siembra de los ambientes Almenar-93, Almenar-94, Almenar-95, Almacelles-93 y Almacelles-94.

© 2010 SCALES SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

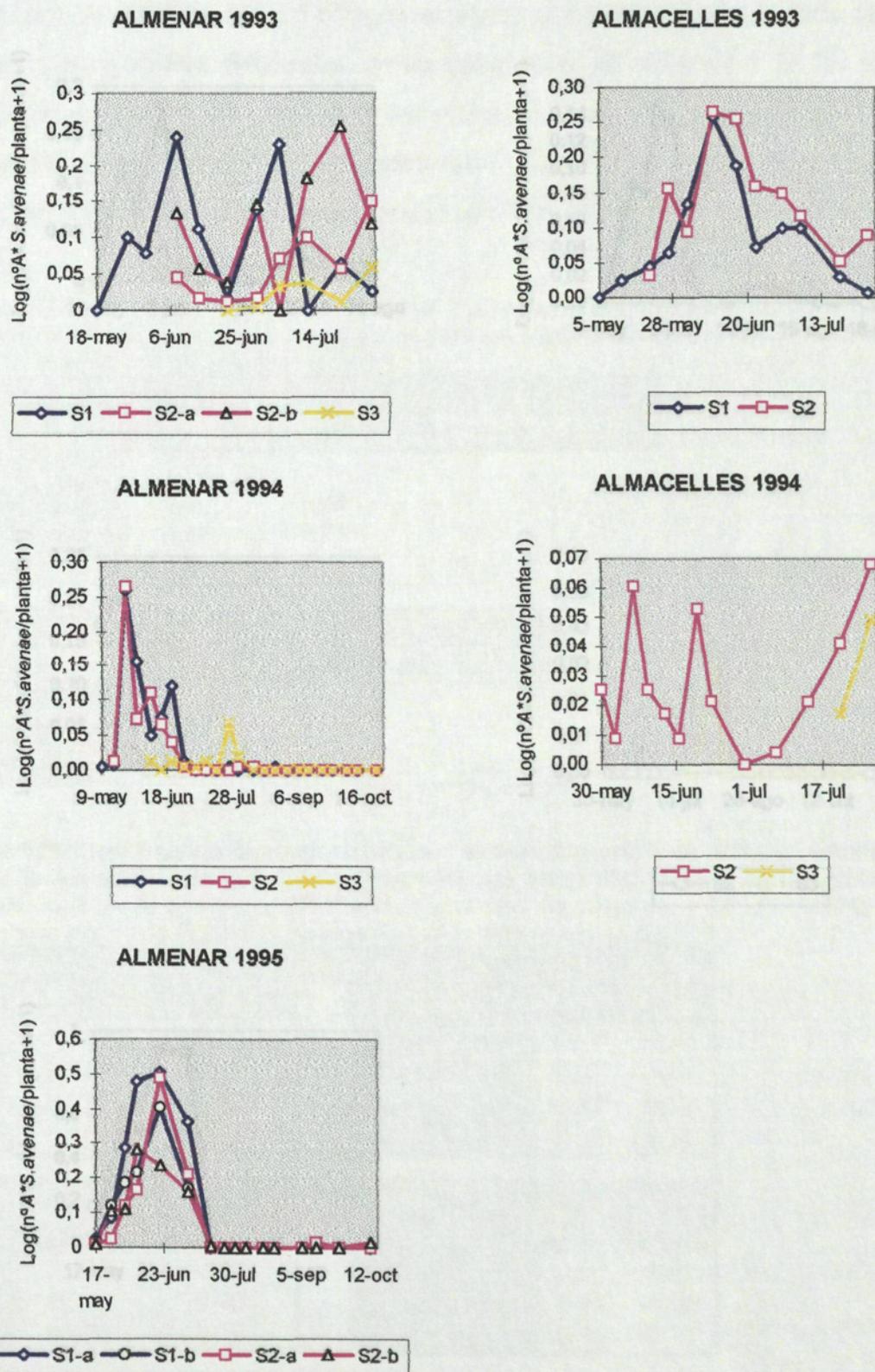


Figura. V.6.- Evolución de las poblaciones de adultos alados de *S. avenae* en campos de diferente fecha de siembra de los ambientes Almenar-93, Almenar-94, Almenar-95, Almacelles-93 y Almacelles-94.

La tabla V.4 recoge la matriz de correlaciones, y la tabla V.5 los valores y porcentajes de ALMENAR 1993 y ALMACELLES 1993 para las 3 componentes principales de las poblaciones de pulgones.

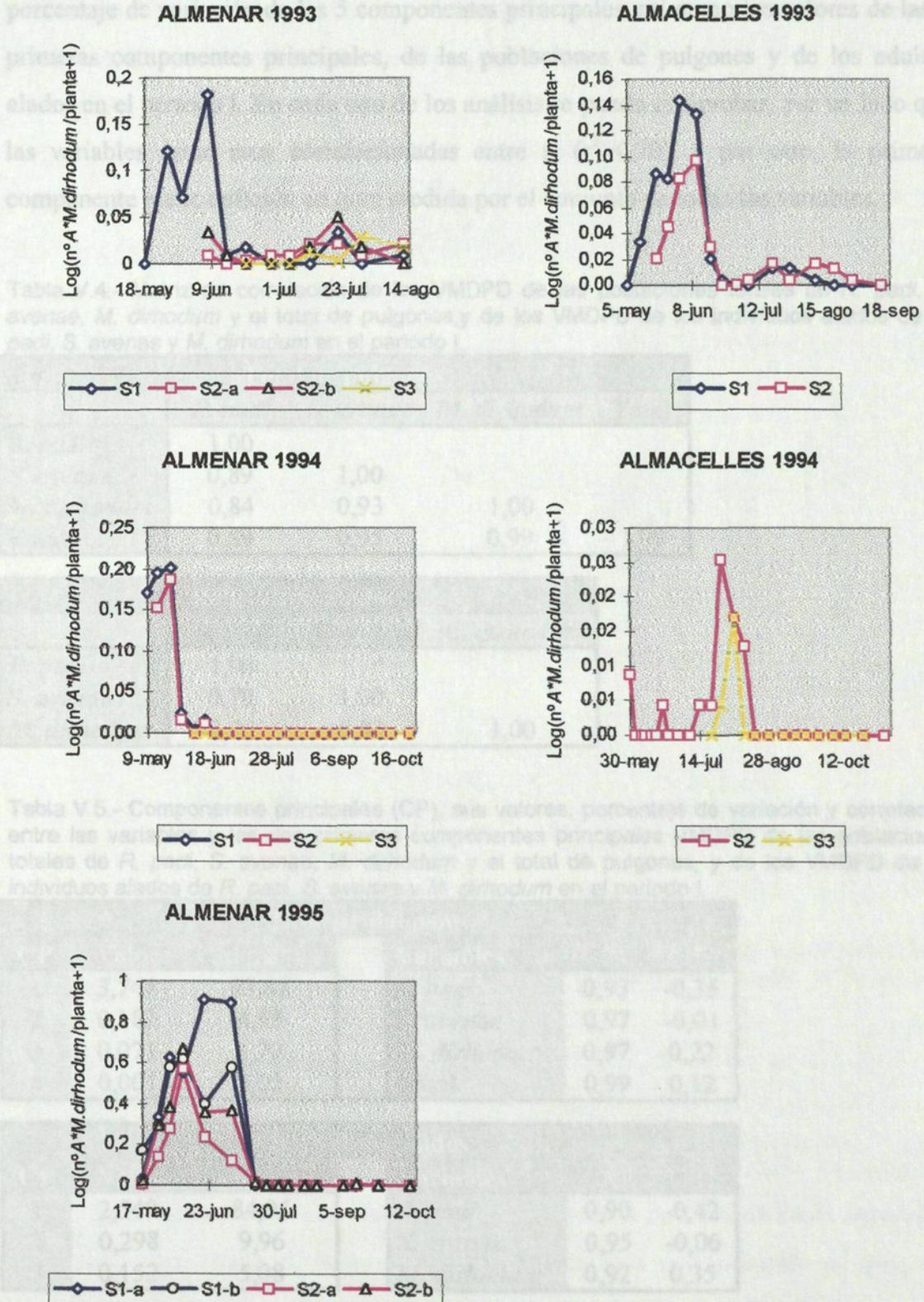


Figura. V.7.- Evolución de las poblaciones de adultos alados de *M. dirhodum* en campos de diferente fecha de siembra de los ambientes Almenar-93, Almenar-94, Almenar-95, Almacelles-93 y Almacelles-94.

La tabla V.4 recoge la matriz de correlaciones, y la tabla V.5 los valores y porcentaje de variación de las 5 componentes principales, así como los valores de las 2 primeras componentes principales, de las poblaciones de pulgones y de los adultos alados en el periodo I. En cada uno de los análisis se puede comprobar, por un lado que las variables están muy correlacionadas entre si ($r^2 > 0,70$), y por otro, la primera componente viene definida en gran medida por el conjunto de todas las variables.

Tabla V.4.- Matriz de correlación de los VMDPD de las poblaciones totales de *R. padi*, *S. avenae*, *M. dirhodum* y el total de pulgones, y de los VMDPD de los individuos alados de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* en el periodo I.

		Total de pulgones		
		<i>R. padi</i>	<i>S. avenae</i>	<i>M. dirhodum</i>
<i>R. padi</i>		1,00		
<i>S. avenae</i>		0,89	1,00	
<i>M. dirhodum</i>		0,84	0,93	1,00
Total		0,89	0,95	0,99
				1,00

		Individuos alados		
		<i>R. padi</i>	<i>S. avenae</i>	<i>M. dirhodum</i>
<i>R. padi</i>		1,00		
<i>S. avenae</i>		0,79	1,00	
<i>M. dirhodum</i>		0,70	0,83	1,00

Tabla V.5.- Componentes principales (CP), sus valores, porcentaje de variación y correlación entre las variables y las dos primeras componentes principales VMDPD de las poblaciones totales de *R. padi*, *S. avenae*, *M. dirhodum* y el total de pulgones, y de los VMDPD de los individuos alados de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* en el periodo I.

Total de pulgones			Individuos alados		
CP	Valor	% variación	Variables	CP1	CP2
1	3,744	93,61	<i>R. padi</i>	0,93	-0,35
2	0,182	4,55	<i>S. avenae</i>	0,97	-0,01
3	0,071	1,79	<i>M. dirhodum</i>	0,97	0,22
4	0,001	0,05	Total	0,99	0,12

Individuos alados					
CP	Valor	% variación	Variables	CP1	CP2
1	2,549	84,96	<i>R. padi</i>	0,90	-0,42
2	0,298	9,96	<i>S. avenae</i>	0,95	-0,06
3	0,152	5,08	<i>M. dirhodum</i>	0,92	0,35