(043) "2000" ASI

1600207476 X

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

Universitat de Lleida
Registre General
22 SET. 2000
41999

ECOLOGÍA Y CONTROL DE LOS PULGONES DEL MAÍZ

LUIS ASÍN JONES

1971-20360

0165-05260

Esta Tesis ha sido escrita y presentada para optar al grado de Doctor Ingeniero Agrónomo en La Escola Técnica Superior d'Enginyeria Agrària de Lleida de la Universitat de Lleida.

El Doctorando

Fdo.: Luis Asín Jones

V°B° del

Director de la Tesis

Fdo.: Dr. Xavier Pons i Doménech

INDICE GENERAL

RESUMEN 1

INTRODUCCIÓN

1.- El cultivo del maíz en Lleida. 4

2.- Las plagas del maíz y su control 5

3.- Los pulgones del maíz 5

3.1.- Dinámica poblacional y factores reguladores. 6

3.2.- Daños producidos por los pulgones. 8

4.- Control de los pulgones del maíz 9

4.1.- Tratamientos insecticidas. 10

4.2.- Fecha de siembra. 11

4.3.- Control biológico 12

4.4.- Resistencia "sensu lato" del cultivo. 13

4.5.- Eliminación de malas hierbas. 13

OBJETIVOS

1.- Objetivos de la Tesis. 15

CAPÍTULO I: AFIDOFAUNA Y SUS ENEMIGOS NATURALES

INTRODUCCIÓN

I.1.- Los pulgones del maíz 16

I.2.- Los enemigos naturales de los pulgones del maíz 16

MATERIA Y MÉTODOS

I.1.- Periodo y localización del ensayo. 18

I.2.- Historial de las fincas y labores culturales. 18

I.3.- Toma de datos. 19

I.3.1.- Muestreos de pulgones. 20

I.3.2.- Muestreos de enemigos naturales 20

I.3.2.1.- Muestreos visuales 20

I.3.2.2.- Trampas de gravedad. 20
I.4.- Periodicidad y periodo de muestreos. 21
RESULTADOS
I.1.- Especies de pulgones y su importancia relativa. 22
I.2.- Fenología y dinámica poblacional de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum*. 24
I.3.- Enemigos naturales y su importancia relativa. 30
I.3.1.- Depredadores epígeos. 32
I.3.2.- Depredadores capturados en trampas de gravedad. 34
I.3.3.- Parasitoides. 36
DISCUSIÓN
I.1.- Especies de pulgones y su importancia relativa. 38
I.2.- Fenología y dinámica poblacional de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* 40
I.3.- Enemigos naturales y su importancia relativa. 42
CAPÍTULO II: IMPACTO DE LOS ENEMIGOS NATURALES SOBRE LAS POBLACIONES DE PULGONES
INTRODUCCIÓN
II.1.- Antecedentes. 46
MATERIAL Y MÉTODOS
II.1.- Test de depredación. 48
II.1.1.- Captura de depredadores potenciales. 48
II.1.2.- Cría de pulgones. 48
II.1.3.- Diseño experimental. 49
II.1.3.1.- Experimento sobre planta. 49
II.1.3.1.- Experimento en placa petri. 50
II.1.4.- Análisis de datos. 50
II.2.- Impacto de los enemigos naturales sobre las poblaciones de pulgones. 51
II.2.1.- Localización y periodo del ensayo. 51
II.2.2.- Material vegetal. 51
II.2.3.- Diseño experimental. 51
II.2.3.1.- Tipo de diseño. 51
II.2.3.2.- Descripción del factor y tratamientos. 52

II.2.3.3.- Medida y forma de las parcelas. 52
II.2.3.4.- Tratamiento insecticida. 52
II.2.4.- Toma de datos. 52
II.2.4.1.- Modo de realizar los muestreos 52
II.2.4.2.- Período y periodicidad de los muestreos. 53
II.2.5.- Evaluación del impacto de los depredadores sobre las poblaciones de pulgones.53
II.2.5.1.- Prueba t-student. 53
II.2.5.2.- Cálculo del impacto de los enemigos naturales sobre las poblaciones de pulgones 53
II.3.- Evaluación de la correlación de las dinámicas de pulgones y depredadores. 54
II.3.1.- Introducción. 54
II.3.2.- Modelo matemático. 54
II.3.3.- Variables a introducir en el análisis. 56
II.3.3.1.- Análisis general 56
II.3.3.2.- Análisis para el caso particular de *A. aphidimyza*. 56
RESULTADOS
II.1.- Capacidad depredadora de insectos capturados en campos de maíz. 58
II.2.- Impacto de los depredadores sobre las poblaciones de pulgones 60
II.2.1.- Población del total de pulgones. 60
II.2.2.- Población de depredadores. 61
II.2.3- Cálculo numérico. 62
II.3.- Evaluación de la correlación de las dinámicas de pulgones y depredadores. 63
II.3.1.- Evaluación general. 63
II.3.2.- Evaluación para A. aphidimyza 65
DISCUSIÓN
II.1.- Capacidad depredadora de insectos capturados en campos de maíz. 67
II.2.- Impacto de los enemigos naturales sobre las poblaciones de pulgones 68
II.3.- Evaluación de la correlación de las dinámicas de pulgones y depredadores. 69
II.3.1.- Evaluación general. 69
II.3.2.- Evaluación para A. aphidimyza 70
II.4.- Efecto de los enemigos naturales sobre las poblaciones de pulgones 71

CAPÍTULO III: EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL DESARROLLO Y REPRODUCCIÓN DE LOS PULGONES

INTRODUCCIÓN

III.1.- Antecedentes. 73

MATERIAL Y MÉTODOS

III.1.- Especies de pulgones. 75

III.2.- Material vegetal. 75

III.3.- Metodología del experimento. 75

III.4.- Diseño experimental. 77

III.5.- Variables. 77

III.6.- Análisis estadístico. 78

III.6.1.- Mortalidad ninfal (MORT) 79

III.6.2.- Tiempo de Desarrollo (TD), Periodo Prereproductivo (PPR), Tasa Intrínseca de Crecimiento (r_m), Tasa reproductiva efectiva (TRE) y Tasa Reproductiva Total (TRT). 79

RESULTADOS

III.1.- Efecto de la temperatura sobre la mortalidad *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* 81

III.2.- Efecto de la temperatura sobre el desarrollo *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* 82

III.3.- Efecto de la temperatura sobre la reproducción de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* 83

III.4.- Efecto de la temperatura sobre la tasa intrínseca de crecimiento de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* 85

III.5.- Efecto de la temperatura sobre la longevidad de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* 86

DISCUSIÓN

III.1.- Efecto de la temperatura sobre *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum*. 87

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

IV.1.- Abstract 90

IV.2.- Introduction 90

IV.3.- Materials and Methods 92

IV.4.- Results 94

IV.5.- Discussion 99

CAPÍTULO V: EFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA SOBRE LAS POBLACIONES DE PULGONES

INTRODUCCIÓN

V.1.- Antecedentes. 102

MATERIAL Y MÉTODOS

V.1.- Periodo y localización del ensayo 104

V.2.- Diseño experimental. 104

V.3.- Toma de datos. 106

V.4.- Análisis estadístico. 106

RESULTADOS

V.1.- Efecto de la fecha de siembra sobre la colonización, desarrollo y dinámica poblacional de pulgones. 109

V.2.- Efecto de la fecha de siembra sobre las poblaciones de los enemigos naturales. 124

DISCUSIÓN

V.1.- Efecto de la fecha de siembra sobre la colonización, desarrollo y dinámica poblacional de pulgones. 129

V.2.- Efecto de la fecha de siembra sobre las poblaciones de los enemigos naturales. 134

DISCUSIÓN FINAL

1.- Ecología de los pulgones del maíz. 136

2.- Control de los pulgones del maíz 138

CONCLUSIONES

Conclusiones 142

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía 144

1.- Resumen.

Las especies de pulgones más abundantes en los campos de maíz de Lleida son *Rhopalosiphum padi* (L.), *Sitobion avenae* (F.) y *Metopolophium dirhodum* (Walker).

La dinámica poblacional de los pulgones viene definida por tres fases, 1) Colonización: Desde la nascencia de las plantas de maíz hasta finales de junio esta fase y caracterizada por la presencia de las tres especies y colonias formadas por alados y ninfas jóvenes. 2) Escasez de las poblaciones: Desde julio hasta mediados o finales de agosto. 3) Recuperación de las poblaciones de pulgones, con la presencia casi exclusiva de *R. padi*.

A lo largo de todo el ciclo se constató la presencia de fauna auxiliar formada en mayor número por depredadores polífagos. En las primeras semanas se contabilizan básicamente arañas, carábidos y dermápteros, posteriormente el cultivo es colonizado por heterópteros, coccinélidos, neurópteros y otras especies de menor importancia relativa (sírfidos, cecidómidos e himenópteros parasitoides).

La importancia de los enemigos naturales en la dinámica de los pulgones es fundamental tal y como se demuestra en un experimento de exclusión en campo y un test de depredación en laboratorio. Esta importancia viene marcada por una presencia continua y abundante, por el carácter polífago de los depredadores, por la gran capacidad depredadora de algunos de ellos y por la capacidad de regular las poblaciones de pulgones.

Otro elemento esencial en la evolución de las poblaciones de pulgones es la temperatura, siendo *R. padi* la especie más adaptada a las altas temperaturas, seguida de *S.avenae* y de *M. dirhodum*, lo que explicaría que *R. padi* es prácticamente la única especie a partir de julio. La temperatura puede ser la responsable en mayor grado del descenso poblacional en las últimas semanas de la primera fase de colonización de los pulgones y, sobre todo, en la fase de disminución o desaparición de las poblaciones de pulgones.

Las dos medidas de control estudiadas (tratamientos insecticidas al suelo y manejo de la fecha de siembra) no parecen ser opciones idóneas para el control de los pulgones del maíz. En el primer caso por su escasa efectividad en el tiempo (máximo de 8 días) y por provocar un aumento posterior de las poblaciones de pulgones, debido en parte a un efecto de los tratamientos insecticidas sobre los depredadores contabilizados en las trampas de gravedad. En el caso del manejo de la fecha de siembra, se ha podido comprobar que siembras tardías escapan parcialmente a la colonización de los pulgones del maíz, lo que podría ser interesante como medida de control de daños directos provocados por los pulgones, pero probablemente de escasa eficacia en el caso del control de las virosis transmitidas por los pulgones.

INTRODUCCIÓN

1.- El cultivo del maíz en Lleida.

La importancia del cultivo del maíz en la provincia de Lleida es clave en la fisionomía del paisaje, con una superficie de cultivo y unas producciones anuales que rondan 15.000 has y 170.000 Tn respectivamente.

Aunque la superficie relativa que se dedica a este cultivo es baja (aproximadamente un 9% de la superficie cultivada), su importancia en la provincia es mayor si se elimina del computo las comarcas de cultivos de secano (Segarra, Garrigues, Urgell), las comarcas pirenaicas y prepirenaicas, y los cultivos frutícolas de las comarcas del Segrià y del Plà d'Urgell.

En Lleida el maíz se cultiva principalmente en campos formados por varios bancales de menos de 1 Ha, cuyo conjunto forma campos de una superficie media de 5 Has. Mayoritariamente se riegan a manta, aunque excepcionalmente pueden encontrarse campos de más de 6 Ha con sistema de riego por aspersión (cobertura fija o pivots).

Mayoritariamente el cultivo del maíz en Lleida se realiza para su cosecha en grano, y debido a las características climáticas de la zona se recurre a híbridos con ciclos 700/800, lo que suele asegurar un buen rendimiento y una humedad adecuada a partir de octubre.

Si la pluviometría de la época lo permite, se siembra en el mes de mayo, circunstancialmente se puede adelantar la siembra a mediados de abril o incluso retrasarla considerablemente (primeros de julio).

Para el control de malas hierbas, se realizan tratamientos químicos herbicidas en preemergencia mediante mezclas de alacloro+atrazina, o productos de las mismas familias, ocasionalmente se realizan tratamientos en postemergencia, con herbicidas específicos.

En referencia a los insecticidas, su aplicación se realiza en el momento de la siembra mediante formulaciones de microgránulos que se depositan en la línea de siembra. Aunque la gama de productos que existen en el mercado es muy amplia (benfuracarb, carbofuran, carbosulfan, clormefos, clorpirifos, lindano,...), básicamente se emplean carbofuran al 5% o lindano al 2%.

Por último, la cosecha se realiza a partir del mes de octubre, pero debido a las precipitaciones que se suelen producir a finales de septiembre y principios de octubre, a veces se llega a retrasar hasta el mes de diciembre.

2.- Las plagas del maíz y su control.

El maíz es susceptible de ser atacado por un gran número de plagas, de ellas se pueden citar como "plagas tradicionales" de Lleida los barrenadores de tallo, gusanos de suelo, pulgones, cicadélidos, ácaros, orugas defoliadoras y orugas de la mazorca.

De todas las plagas citadas, los barrenadores, los pulgones y los cicadélidos están presentes en los campos de maíz de la zona de estudio, ya sea puntualmente o a lo largo de todo el ciclo del cultivo.

A pesar de las diversas medidas de control sobre las plagas del maíz, en Lleida el único método de control usado es la aplicación de insecticidas granulados en el suelo en el momento de la siembra. Este tratamiento se realiza en todos los campos, sin tener en cuenta los niveles poblacionales de ninguna de las plagas a las que van dirigidos los tratamientos.

Tanto el lindano, como el carbofurano actúan por contacto sobre los insectos de suelo; pero tan sólo el carbofurano puede afectar a los insectos de la parte aérea debido a que a diferencia del lindano es absorbido vía radicular y transportado a la parte aérea.

3.- Los pulgones del maíz.

Las especies que pueden encontrarse en plantas de maíz son muy numerosas, aunque son tres las especies más importantes en el Noreste de la Península Ibérica, *Rhopalosiphum padi* (L.), *Sitobion avenae* (Fab.) y *Metopolophium dirhodum* (Walker) (Pons *et al.*, 1989).

En segundo lugar aparecen otras especies como *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), *Schizaphis graminum* (Rondani), *Sypha maydis* (Passerini), *Aphis gossypii* (Glover), *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), *Aphis fabae* (Scopoli) y *Diuraphis noxia* (Mordvilko) (Pons *et al.*, 1994).

Las especies que se encuentran en el maíz también están presentes en los cereales de invierno (Pons *et al.*, 1989), de hecho el aumento de poblaciones de pulgones en maíz en el momento de su emergencia coincide con el descenso poblacional en los cereales de invierno. Por lo que se puede afirmar que las especies de pulgones encontradas en maíz y cereales de invierno están perfectamente adaptadas a los ciclos de dichos cultivos.

3.1.- Dinámica poblacional y factores reguladores.

La dinámica poblacional de los pulgones del maíz en Lleida viene definida por tres fases (Pons, 1986; Pons & Albajes, 1986; Pons *et al.*, 1989 y Comas *et al.*, 1993):

1. *Colonización temprana procedente de los cereales de invierno:* Tras la emergencia del cultivo se inicia la colonización por parte de adultos alados de las plántulas. A lo largo de los primeros estadíos de desarrollo del maíz se alcanza un primer pico poblacional entre mayo y junio, formado exclusivamente por individuos alados y ninfas jóvenes (1^{er}-3^{er} estado ninfal).
2. *Descenso de los niveles poblacionales:* Una vez alcanzado el primer pico poblacional se inicia un descenso poblacional, estos valores de densidades muy bajas se mantienen a lo largo del mes de julio y agosto.
3. *Recuperación de las poblaciones de R. padi:* Aunque las poblaciones de *S. avenae* suelen aumentar, son básicamente las de *R. padi* las que experimentan un aumento mayor en septiembre-octubre.

Ya en otoño los pulgones vuelven a emigrar a los cereales de invierno (Pons *et al.*, 1992).

Los factores que determinan la dinámica poblacional de las diversas especies de pulgones se pueden resumir en dos grupos:

- Factores abióticos (temperatura, humedad, lluvia, fotoperiodo, abonado nitrogenado y productos fitosanitarios).

- Factores bióticos (calidad nutritiva, estado nutricional e hídrico de la planta, morfología del insecto, resistencia de la planta y enemigos naturales).

La literatura contiene numerosos ejemplos de patrones de la evolución de las poblaciones de pulgones en los que muestran un rápido y temprano incremento en la campaña sobre plantas jóvenes, seguido de una rápida disminución de las poblaciones; las altas temperaturas y cambios en la planta huésped suelen coincidir con el declive poblacional (Frazer, 1988). Ello sugiere que los factores claves del descenso poblacional serían por una parte un aumento de las condiciones desfavorables del medio, y por otra, una pérdida de la calidad de la planta como fuente de alimentación.

Aunque es posible que los dos factores descritos anteriormente puedan ser también importantes en el campos de maíz en Lleida, la dinámica de las poblaciones de pulgones presentan algunas particularidades que podrían resaltar la importancia de otros factores reguladores.

El hecho de que la dinámica poblacional de los pulgones presente las tres fases ya descritas año tras año, podría suponer que los factores (bióticos y abióticos) descritos con anterioridad pudiesen tener un efecto sobre las poblaciones de pulgones cualitativa y/o cuantitativamente diferentes a lo largo del ciclo del cultivo. Se supone, y en base a estudios precedentes, que los factores que podrían tener una importancia clave en la dinámica de los pulgones del maíz en Lleida son los siguientes:

- Temperatura: En Lleida se suelen superar los 30ºC en los meses de julio y agosto, esta temperatura es letal para las especies de pulgones del maíz (Dean, 1974), de hecho Pons *et al.* (1989) ya apuntan que dicho factor podría ser importante en la regulación poblacional.
- Productos fitosanitarios: Debido al uso extendido y generalizado de tratamientos insecticidas en el momento de la siembra.
- Enemigos naturales: Dentro de este concepto se incluiría el efecto regulador de las poblaciones de pulgones por parte de los depredadores, parasitoides y enfermedades fúngicas. En general se considera que los depredadores suelen llegar al cultivo cuando las poblaciones de pulgones están aumentando

rápidamente. Un aumento del numero de depredadores retrasa el incremento de los pulgones; de modo que los depredadores siguen a la abundancia de pulgones, pero llegan demasiado tarde o emigran demasiado pronto para ser efectivos como reguladores de las poblaciones de pulgones (Frazer, 1988); aunque los depredadores no sean capaces de eliminar o controlar las poblaciones de pulgones, si que pueden mostrar la capacidad reducir el incremento poblacional de los pulgones.

- Planta: El factor planta puede influir por diferentes métodos en las poblaciones de pulgones:
  a) Resistencia del cultivo: Hay ciertas sustancias que están relacionadas con la resistencia de los cereales a los pulgones, como los alcaloides y compuestos fenólicos (Leszczynski *et al.*, 1995), y ácidos hidroxámicos (Niemeyer, 1991).
  b) Fenología del cultivo: La concentración de los ácidos hidroxámicos varían a lo largo del ciclo del cultivo (Gutiérrez & Castañera, 1986), por lo que el desarrollo de las poblaciones de pulgones sobre las plantas de maíz podría verse afectado por el estado fenológico de la planta.
  c) Calidad nutritiva: Puede afectar sobre la nutrición, comportamiento y determinación de la forma de los pulgones (Kennedy & Stroyan, 1959).

3.2.- Daños producidos por los pulgones.

Los daños que producen los pulgones se pueden agrupar en dos (Schepers, 1988):

- Daños directos: Provocados por la extracción de savia o por la inyección e sustancias tóxicas producidas por el propio pulgón.
- Daños indirectos: Debidos a la transmisión de virosis que afectan a la planta y a la aparición de la melaza (excreción de la planta), sobre la que puede asentarse la "negreta" (hongos saprófitos) pudiendo provocar un descenso en la capacidad fotosintética de la planta de maíz.

Los daños directos pueden suponer una merma en la producción final en función de la densidad de las poblaciones de pulgones, del periodo en que están se mantienen y del estado fenológico del cultivo (Pons & Albajes, 1986).

De todos modos, en Lleida, adquiere especial relevancia el segundo grupo debido a la presencia de dos enfermedades víricas transmitidas por pulgones, se trata del MDMV (virus del mosaico enanizante del maíz) y del BYDV (virus del enanismo amarillo de los cereales).

El MDMV puede ser transmitido por pulgones de forma no persistente, siendo *S. graminum*, *R. padi*, *R. maidis* y *S. avenae* las especies preferentes de transmisión. Los descensos de producción dependen del cultivar, la infección y el estado en que se lleva a cabo la inoculación del virus (Achón, 1993). Scott *et al.* (1988) estiman que los descensos de producción inducidos por MDMV pueden ser de un 2,4% por cada 10% de infección, a su vez Signoret (1974) evalúa el descenso en la producción en torno al 10%, situación ésta considerada similar en Cataluña (Achón, 1993).

La importancia de los ataques de este virus depende de tres factores, niveles altos de pulgones-vectores, alta presencia de plantas-inóculo primario como *Sorghum halepense* L. (Pers.) (Pons *et al.*, 1992) y el uso de híbridos susceptibles (Pons *et al.*, 1989). Los dos primeros factores se repiten cada año en las condiciones de Lleida, debido a la presencia de niveles elevados de *R. padi* y *S. avenae*, así como la presencia *de S. halepense* en los márgenes de los campos de Lleida.

La sintomatología del BYDV en el maíz es poco clara y en muchas ocasiones ausente, sin embargo su importancia es clave porque puede usar el maíz como planta huésped, de hecho Comas *et al.* (1996) consideran al maíz como un reservorio importante de BYDV. Posteriormente dicho virus será transmitido a los cereales de invierno, cultivos donde las pérdidas en rendimiento pueden ser muy importantes (Pons *et al.*, 1992).

4.- Control de los pulgones del maíz.

En la zona de Lleida tan sólo se realiza una medida de control de las poblaciones de pulgones de maíz, se trata de las aplicaciones de carbofurano en la línea de siembra.

Se supone que dicho producto tiene una persistencia de 30-60 días, lo que protegería a las plantas de maíz durante los primeros estadios fenológicos.

A pesar de esta circunstancia, existe una serie de actuaciones o situaciones que de un modo directo o indirecto afectan a las poblaciones de pulgones, y que podrían plantearse como medidas de control de los pulgones del maíz, como el manejo de la fecha de siembra, el uso de híbridos resistentes o la lucha biológica. A su vez también podría tenerse en cuenta el control de las malas hierbas en la reducción del inóculo primario del MDMV.

A la hora de plantear posibles medidas de control de los pulgones, hay una cuestión clave que diferencia a los pulgones de otras plagas, se trata de la tipología de los daños. La incidencia de los daños directos está relacionada directamente con la densidad de pulgones, y en cambio los indirectos, en concreto la transmisión de virosis, un número reducido de individuos alados puede provocar una amplia infección. Ello provoca que ciertas medidas de control puedan ser muy efectivas en la prevención o disminución de daños directos, pero que se muestren absolutamente inútiles respecto a los daños indirectos y viceversa.

Esta componenda doble marca unas diferencias importantes a la hora de proponer medidas de control de los pulgones del maíz en comparación al resto de plagas.

4.1.- Tratamientos insecticidas.

Como ya se ha indicado, los productos insecticidas empleados en Lleida son el carbofurano y el lindano, aunque ambos son productos tóxicos para los pulgones, el lindano no parece tener ningún efecto sobre los pulgones del maíz al ser aplicado en la línea de siembra y no ser un producto sistémico. Sin embargo al carbofurano se le asigna un efecto aficida, al tratarse de un insecticida sistémico capaz de proteger los primeros estadíos fenológicos de la planta del ataque de los pulgones.

La circunstancia de que este método de control sea el único que se lleva a cabo en Lleida y basado en dos únicos productos que no se suelen alternar no se puede considerar del todo aceptable. Los tratamientos insecticidas continuados e

incuestionables que soportan los campos de maíz en Lleida pueden acarrear problemas económicos y medioambientales. Económicos por desconocer los umbrales de tolerancia para las diversas plagas del maíz; y medioambientales por el efecto que pueden tener sobre los enemigos naturales, pudiendo provocar un resurgimiento de las plagas objeto del tratamiento o la aparición de una nueva plaga.

A pesar de ello, la técnica de aplicación usada en Lleida, depositar el producto en la línea de siembra, inicialmente se puede considerar correcta al confinar el pesticida en un área reducida lo que minimizaría el efecto sobre las poblaciones de enemigos naturales que no pueden acceder a esa área.

Las aplicaciones insecticidas en postemergencia mediante tractores zancudos o medidas similares quedan descartados debido al alto coste económico y a posibles efectos secundarios, como el aumento de las poblaciones de otras plagas de artrópodos (Eizaguirre & Albajes, 1989).

4.2.- Fecha de siembra.

El manejo de la fecha de siembra es una medida que afecta al crecimiento del cultivo y a su vez actúa sobre el desarrollo de las poblaciones de pulgones, esta medida puede ser usada en planes de control integrado de cereales de invierno (Ankersmit, 1988).

Ya se ha indicado que habitualmente se suele sembrar en el mes de mayo, pero sea por cuestiones climatológicas, sea por la gestión de la explotación, la fecha de la siembra del maíz en Lleida puede adelantarse al mes de abril o retrasarse hasta el mes de junio. Este amplio periodo de tres meses en el que se puede realizar la siembra podría tener un gran interés como medida de control de los pulgones, puesto que la colonización del maíz se produce desde la emergencia, y que la colonización suele durar hasta el mes de junio, una alteración en la fecha de siembra del maíz podría afectar tanto a la dinámica poblacional de los pulgones, como al efecto de las enfermedades víricas sobre el maíz.

De hecho Pons & Albajes (1986) opinan que las siembras tardías podrían disminuir la incidencia del MDMV en Lleida, lo que la convertiría en una medida interesante.

Tampoco hay que desdeñar un segundo efecto en el cambio de la fecha de siembra, ya que ciertas sustancias con propiedades insecticidas como DIMBOA varían su concentración en la planta a lo largo del ciclo del cultivo (Argandoña & Corcuera, 1985; Castañera, 1986; Niemeyer, 1991) o el ácido aconítico (Rustamani *et al.*, 1992). De modo que en función del estado fenológico, relacionado directamente con la fecha de siembra, la planta presentará mayores o menores concentraciones de dichas sustancias a lo largo de las diversas fases de la dinámica poblacional de los pulgones del maíz.

4.3.- Control biológico.

La popularidad del control biológico disminuyó en la década de los 40 con el uso de insecticidas organofosforados de amplio espectro, pero su interés se ha visto reanudado con el reconocimiento de las limitaciones y peligros del control químico (Carver, 1988).

El maíz es un cultivo temporal, que permanece en el campo un periodo inferior a un año, en el cual los enemigos naturales deben localizarlo, encontrar las presas, atacarlas y reproducirse; posteriormente se destruye el hábitat al final del ciclo del cultivo (Van den Bosch, 1976). Se trata pues de un sistema inestable en el que se produce una separación en el espacio y en el tiempo de los enemigos naturales y las plagas. En el caso de los pulgones del maíz se trataría de reducir dicha separación mediante técnicas de manejo que ayuden a conservar las poblaciones de enemigos naturales, lo que les permita regular las poblaciones de pulgones.

Las especies de enemigos naturales que resulten interesantes en el control biológico de los pulgones deberían tener una buena eficacia potencial y la capacidad de ser "manejado" o afectado por medidas culturales (manipulación de malas hierbas, aplicación de alimento suplementario, cultivo asociado,...) que mejoren su potencial.

Una vez identificadas y valorada la capacidad de control o regulación de pulgones de las diversas especies de enemigos naturales encontradas en campos de maíz de Lleida, se podrían plantear medidas que favoreciesen la presencia y actividad de estos organismos beneficiosos, o incluso la posibilidad de liberaciones controladas.

4.4.- Resistencia "sensu lato" del cultivo.

Hay ciertas variedades que presentan un grado de resistencia a ciertas plagas, se suele considerar que este método resulta especialmente interesante porque económica y ecológicamente se puede mantener las poblaciones de pulgones por debajo de umbrales económicamente perjudiciales (Hance & Hesbois, 1997).

Las sustancias denominadas metabolitos secundarios pueden ser importantes como protección contra herbívoros y patógenos vegetales (Argandoña & Corcuera, 1985), en concreto hay ciertas sustancias que parecen estar relacionadas con la resistencia de los cereales a los pulgones, como los alcaloides y compuestos fenólicos (Leszczynski *et al.*, 1995) y los ácidos hidroxámicos, entre otros (Niemeyer, 1991).

La resistencia de ciertos híbridos de maíz a *R. padi* y *M. dirhodum* ha sido descrita por Hance & Hesbois (1997), aunque esta resistencia puede variar a lo largo del ciclo del cultivo.

Además de las resistencias de variedades de maíz a los pulgones, también se podrían tener en cuenta la resistencia a virosis, como un método de lucha no contra pulgones pero si contra uno de los daños que provocan indirectamente

De hecho el uso de variedades resistentes al MDMV y libres de virus son medidas planteadas en la misma zona de estudio (Pons & Albajes 1986, Achón 1993), como medidas que reduzcan los daños provocados por los pulgones.

4.5.- Eliminación de malas hierbas.

Esta medida iría encaminada a reducir las fuentes de inóculo primario de MDMV, lo que le da especial importancia al *S. halepense*. Realmente el control de malas hierbas en los campos de maíz es muy buena debido al uso de herbicidas

específicos, sin embargo la eliminación de malas hierbas en los márgenes es una práctica que no está absolutamente extendida en Lleida.

Al igual que en el apartado anterior, Pons & Albajes (1986) y Achón (1993) proponen la eliminación de huéspedes reservorio del MDMV (*S. halepense*), como medida para reducir los daños producidos por dicho virus que es transmitido por los pulgones del maíz.

OBJETIVOS

1.- Objetivos de la Tesis.

En 1983 se inició una línea de investigación encaminada a mejorar el conocimiento de los pulgones de los cereales en la zona de Lleida, caracterizando tanto su biología, como la incidencia de los virus transmitidos por pulgones.

En dicha línea de investigación se constató la importancia del maíz en el ciclo de los pulgones de cereales y de las enfermedades víricas transmitidas por éstos (MDMV y BYDV).

Esta tesis tiene como objetivo general la mejora del conocimiento de la ecología de los pulgones del maíz en el marco de la alternativa extensiva de las comarcas de regadío de Lleida, analizando los factores que pueden determinar su dinámica poblacional y evaluando posibles estrategias de control.

Este objetivo general se concreta en unos objetivos más específicos:

I. La determinación de la afidofauna del maíz y su dinámica poblacional

II. La identificación de los enemigos naturales afidófagos autóctonos y el establecimiento de su fenología.

III. La evaluación del impacto de los enemigos naturales sobre las poblaciones de pulgones.

IV. La determinación de la influencia de la temperatura sobre la bionomía de los pulgones.

V. El análisis de estrategias de control.

- **V.1.** La aplicación de tratamientos insecticidas de suelo en siembra.
- **V.2.** El manejo de la fecha de siembra, a través del efecto sobre la dinámica poblacional de los pulgones y de sus enemigos naturales.

CAPÍTULO I.

AFIDOFAUNA Y SUS ENEMIGOS NATURALES

Parte de este capítulo ha sido publicado en:

ASÍN, L.; PONS, X. 1998. Aphid predators in maize fields. IOBC/WPRS Bull, 21 (8): 163-170.

ASÍN, L.; PONS, X. 1998. Role of predators on maize aphid populations. En Aphids in natural and managed ecosystems (Nieto Nafría, J.M. & Dixon, A.F.G. eds.) pp: 505-511

I.1.- Los pulgones del maíz.

Los pulgones constituyen una de las plagas primarias del maíz en España, con un alto potencial de daño pero con una incidencia en el tiempo y en el espacio variable (Castañera, 1986).

En total se citan 28 especies de pulgones que pueden vivir a expensas del maíz (Blackman & Eastop, 1985), de ellas son tres las especies más frecuentemente encontradas en campos de maíz de Europa occidental y central, *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* (Pons *et al.*, 1994).

En cambio la literatura española es muy confusa a la hora de establecer la prioridad de las especies que colonizan el maíz, este hecho podría ser debido a que mucha de la información publicada adolece de falta de consistencia al no estar basada en muestreos sistemáticos y repetidos durante un mínimo de años (Pons *et al.*, 1994).

Con anterioridad se habían desarrollado estudios en Lleida (Pons, 1986; Pons & Albajes, 1986; Pons *et al.*, 1989; Comas *et al.*, 1993 y Pons *et al.*, 1994), en los que se determinó las características principales de la dinámica poblacional de los pulgones del maíz, que vendría definida por tres fases:

1. Colonización del maíz y crecimiento poblacional hasta alcanzar un pico en mayo o junio.
2. Descenso brusco de la población a partir de final de junio durante la época de máximo calor.
3. Recuperación final de las poblaciones.

I.2.- Los enemigos naturales de los pulgones del maíz.

El número de especies de artrópodos capaces de alimentarse de pulgones es muy amplia, y en el caso de los depredadores su especificidad es muy variada.

En la literatura se pueden encontrar abundantes estudios sobre los diversos enemigos naturales de los pulgones y su biología, pero en cereales de invierno. Sin embargo apenas se han desarrollado estudios en el maíz.

En general, los principales grupos de enemigos naturales de pulgones en maíz son por un lado depredadores específicos (coccinélidos, sírfidos, neurópteros y

cecidómidos) y depredadores polífagos (carábidos, estafilínidos, cantáridos, antocóridos, nábidos, míridos, dermápteros y arañas), y por otro lado parasitoides (himenópteros).

Este capitulo desarrolla dos objetivos, por un lado la determinación de la afidofauna y su dinámica poblacional, y por otro la identificación de los enemigos naturales afidófagos autóctonos y el establecimiento de su fenología.

Con el fin de determinar la afidofauna y la dinámica poblacional de las principales especies de pulgones en la zona de Lleida se realizaron muestreos periódicos en parcelas de maíz desde la emergencia de las plantas hasta la cosecha a lo largo de tres campañas.

A su vez, en este capítulo se citan las especies de enemigos naturales de pulgones encontradas en campos de maíz de Lleida a lo largo de tres campañas, así como la evolución de sus poblaciones que fue monitorizada mediante los mismos muestreos realizados para el seguimiento de las poblaciones de pulgones y además por medio del conteo de capturas realizadas en trampas de gravedad instaladas en los mismos campos.

I.1.- Periodo y localización del ensayo.

El ensayo se llevó a cabo en las localidades de Almacelles, los años 1993 y 1994, y Almenar, los años 1993, 1994 y 1995, en total fueron 5 ambientes que se denominarán Almenar-93, Almenar-94, Almenar-95, Almacelles-93 y Almacelles-94.

Se muestrearon 7 campos, distribuidos de la siguiente forma: un campo en los ambientes Almenar-93, Almenar-94 y Almacelles-94, y dos en Almacelles-93 y Almenar-95.

I.2.- Historial de las fincas y labores culturales.

En las tablas I.1 y I.2 se resumen tanto el historial, como las labores culturales de cada campo muestreado, incluyendo el cultivo anterior, fecha y densidad de siembra, sistema de riego, fecha de recolección, abonado de sementera y cobertera, y materias activas de los tratamientos herbicidas e insecticidas, cuyas dosis de aplicación fueron las recomendadas por el fabricante.

Los campos muestreados debían ser representativos del cultivo de maíz en la zona, por lo que debían cumplir 3 requisitos:

- Fincas comerciales cuya superficie oscilase entre 1 y 5 ha.
- El híbrido cultivado debía ser Juanita (Pionner), que ocupaba aproximadamente el 90% de la superficie dedicada al maíz en la zona de estudio.
- La fecha de siembra que debía ser la idónea del híbrido elegido, entre finales de abril y primeros de mayo.

Tabla I.1.- Cultivos precedentes, fecha y densidad de siembra,sistema de riego y fecha de cosecha de los 7 campos muestrados.

Campo	Cultivo anterior	Fecha de siembra	Fecha de emergencia	Densidad de siembra (plantas/ha)	Sistema de Riego	Fecha de recolección
Almenar-93	Trigo	4-mayo	18-mayo	89.300	Manta	7-diciem
Almenar-94	Trigo	2-mayo	16-mayo	89.300	Manta	3-diciem
Almenar-95-1	Trigo	2-mayo	17-mayo	89.300	Manta	20-octub
Almenar-95-2	Trigo	28-abril	16-mayo	89.300	Manta	22-octub
Almacelles-93-1	Trigo	19-abril	5-mayo	86.600	Pivot	8-noviem
Almacelles-93-2	Trigo	3-mayo	21-mayo	86.600	Manta	19-noviem
Almacelles-94	Maíz	10-mayo	30-mayo	86.600	Pivot	18-noviem

Tabla I.2.- Abonado de sementera y cobertera, tratamientos herbicidas e insecticidas de los 7 campos muestrados.

Campo	Abonado de sementera (Uds/ha)	Abonado de cobertera (Uds/ha)	Tratamientos Herbicidas	Tratamientos Insecticidas
Almenar-93	585-185-295	100-0-0	Alacloro 48%	Carbofurano 5%
Almenar-94	350-360-330	130-0-0	Alacloro35%+Atrazina20%	Carbofurano 5%
Almenar-95-1	350-360-330	130-0-0	Alacloro35%+Atrazina20%	Carbofurano 5%
Almenar-95-2	250-280-240	150-0-0	Alacloro35%+Atrazina20%	Carbofurano 5%
Almacelles-93-1	84-64-84	210-0-159	MCPA 60% y Rimsulfuron 25%	Carbofurano 5%
Almacelles-93-2	96-66-0	240-0-183	Alacloro30%+Atrazina18%	Carbofurano 5%
Almacelles-94	78-76-180	211-0-0	Alacloro30%+Atrazina18% y Rimsulfuron 25%	Carbofurano 5%

I.3.- Toma de datos.

El número de plantas muestradas por campo era función de la superficie de este, variando entre 50 y 100.

Las plantas muestreadas eran elegidas al azar recorriendo la diagonal principal de la parcela. En la planta se observaban tanto las hojas, como el tallo, la inflorescencia masculina y las espatas que recubren la mazorca.

I.3.1.- Muestreos de pulgones.

Se anotaba el número de pulgones por especies y estado de desarrollo (adultos alados, adultos ápteros, ninfas de 4º estadío alatiformes, ninfas de 4º estadío apteriformes y ninfas de primer a tercer estadío).

I.3.2.- Muestreos de enemigos naturales.

Para conocer la fauna auxiliar presente se llevaron a cabo muestreos visuales y se colocaron trampas de gravedad.

I.3.2.1.- Muestreos visuales.

En los muestreos visuales, a la vez que se contabilizaban los pulgones, se registraban en la misma planta los diferentes enemigos naturales, anotando los depredadores por especies y estado de desarrollo, y los parasitoides por el reconocimiento de pulgones momificados o momias, considerándose tres tipos de momias (momia sobre "pedestal", momias pardas y globosas, y momias negras).

Para identificar los parasitoides de pulgones, mensualmente se recogían en campo 30 momias de pulgones (10 por cada uno de los tres tipos de momias) una vez en el laboratorio se les individualizaba en cápsulas de gelatina y se identificaban los adultos que emergían. Este procedimiento de muestreo tan solo se pudo cumplir en los meses de junio-agosto de los tres años de experimentación. Debido a la escasez de momias, el resto de meses no se pudo recolectar la cantidad prefijada.

I.3.2.2.- Trampas de gravedad.

En los años 94 y 95, se instalaron trampas de gravedad. El número de trampas por campo era, una vez más, función de la superficie de la parcela, variando entre 3 y 10.

Las trampas de gravedad consistían en un bote de vidrio (17 cm de alto y 7 cm de diámetro) que se llenaba la mitad de su volumen con una solución acuosa de jabón y etanol del 96% al 1%, posteriormente se enterraba a ras de suelo.

Para evitar que el agua de lluvia pudiese inundar el bote de cristal se colocaba una tapa de plástico a una altura de unos 2-3 cm del bote, y que mediante 4 alambres se fijaba al suelo.

I.4.- Periodicidad y periodo de muestreos.

A lo largo de los tres años de experimentación, la periodicidad de los muestreos visuales era semanal, comenzando desde la emergencia de las plántulas hasta el mes de octubre o el momento de la cosecha si ésta era realizada antes de finales de octubre.

Las trampas de gravedad eran instaladas el día de la siembra y se mantuvieron hasta la fecha del último muestreo visual. Su recolección y sustitución se realizaba el mismo día en que se realizaba el muestreo visual; una vez en el laboratorio, se procesaban y contabilizaban los arácnidos y los insectos capturados.

I.1.- Especies de pulgones y su importancia relativa.

A lo largo de los tres años de experimentación las especies de pulgones encontradas en campos de maíz de Lleida fueron las siguientes:

Aphis fabae Scopoli
Aphis gossypii Gloveri
Diuraphis noxia (Mordvilko).
Hyalopterus amygdali (Blanchard).
Macrosiphum euphorbiae (Thomas)
Metopolophium dirhodum (Walker)
Myzus persicae (Sulzer)
Rhopalosiphum maidis (Fitch)
Rhopalosiphum padi (L.)
Schizaphis graminum Rondani
Sipha (Rungsia) maydis Passerini
Sitobion avenae (Fabricius)

La mayoría de ellas son especies propias de cereales. La presencia de *D. noxia* fue esporádica, apareciendo una colonia en el año 1993. A su vez algunas colonias de *H. amygdali* fueron observadas en plantas de un campo que estaban próximas a almendros fuertemente infestados por dicha especie.

La importancia relativa de las especies de pulgones más abundantes en los campos de maíz aparece reflejada en la Tabla I.3.

En los meses de mayo y junio fue *M. dirhodum* la especie con mayor presencia en los campos de maíz, aunque a partir del mes de agosto su presencia es realmente baja, sin llegar a superar el 0,5%.

La presencia relativa de *R. padi* se mantuvo a lo largo de los meses de mayo a julio en unos valores similares, pero a partir de agosto se inició un incremento alcanzando casi el 100% en octubre.

Por otro lado la presencia relativa de *S. avenae* aumentó hasta el mes de julio, iniciando posteriormente un descenso paulatino que llega a niveles inferiores al 10% a partir del mes de septiembre.

Tabla I.3.- Porcentajes mensuales de presencia de las diversas especies de pulgones encontradas sobre maíz en el periodo 1993-1995.
Total: número de pulgones contabilizados, n: número de muestreos.

Especies	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre
R. padi	13,1	6,9	8,7	48,9	85,8	99,8
S. avenae	26,5	17,9	51,3	50,1	9,8	0,1
M. dirhodum	50,2	65,7	20,3	0,3	0,0	0,0
M. euphorbiae	7,0	8,9	19,3	0,2	0,6	0,0
S. graminum	1,6	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0
Otros	1,6	0,2	0,2	0,5	3,8	0,1
Total	10.665	88.588	25.799	132.700	18.680	82.756
n	20	37	31	30	20	10

Respecto al resto de especies con menor presencia:

1.- *M. euphorbiae*: es la única especie que sin ser específica de cereales estuvo presente a lo largo de casi todo el ciclo del maíz, con valores máximos en el mes de julio, descendiendo a partir de entonces a valores que no superaron el 1%.

2.- *S. graminum*: Apareció al principio del ciclo desarrollando pequeñas colonias que desaparecieron posteriormente. Sin embargo, esta especie se pudo observar regularmente sobre plantas de *Sorghum halepense* (L.) Pers. y en campos de sorgo.

3.- *R. maidis*: Su presencia es muy baja, reduciéndose a individuos alados aislados, al principio del ciclo del maíz que, habitualmente, fueron incapaces de formar colonias. Al igual que *S. graminum* se observaron colonias de *R. maidis* en plantas *de S. halepense* en los márgenes de campos de maíz y en campos de sorgo.

4.- *S. maydis*: Su aparición es irregular y se redujo a colonias en las hojas mas viejas y en la parte baja del tallo.

5.- *A. gossypii*: Sus colonias se encontraron en los meses de julio y agosto en la mayoría de los campos.

6.- *A. fabae*: Tan solo se constató su presencia en las primeras semanas del cultivo, formando colonias con pocas ninfas jóvenes que posteriormente desaparecieron.

I.2.- Fenología y Dinámica poblacional de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum*.

La dinámica particular de cada especie puede observarse en las figuras I.1, I.2, I.3 y I.4 para *R. padi*, *S. avenae*, *M. dirhodum* y el total de pulgones respectivamente, en ellas se advierten tres características comunes en las tres especies:

- La colonización de los campos de maíz se produce poco después de la emergencia de las plántulas.
- La presencia de un primer pico poblacional en el periodo finales de mayo-junio. Esta característica tan solo se aprecia más tarde (agosto) en Almacelles-94.
- Disminución, y en algunos casos desaparición, de las poblaciones de pulgones entre julio e inicios de agosto, la única excepción se produce con *S. avenae* en Almacelles-93 y en Almenar-93.

De las tres especies, *R. padi* es la única cuyas poblaciones mostraron claramente una recuperación en todos los ambientes, que podía iniciarse entre primeros de agosto y finales de septiembre. Además de los campos que se muestrearon sistemáticamente, a lo largo de octubre se visitaron otros campos y se pudo comprobar que las plantas soportaban elevadas poblaciones de *R. padi*, lo que confirmaría la aparición de un segundo pico en el final del ciclo del cultivo.

Las poblaciones de *S. avenae* sólo mostraron un segundo pico poblacional en dos ambientes (Almenar-93 y Almacelles-93), lo que hace suponer que esta situación es excepcional.

Si desestimamos Almenar-93, al presentar las poblaciones de *S. avenae* un crecimiento continuo, se podría concluir diciendo que la evolución de las poblaciones de las tres especies de pulgones muestran un primer pico poblacional formado por las tres especies, a partir de principios de julio se inicia un declive de dichas poblaciones pudiendo en algunas ocasiones llegar a desaparecer, seguidamente se inicia una recuperación de los niveles poblacionales a partir de mediados de agosto, alcanzándose un segundo pico compuesto en gran medida por *R. padi*.

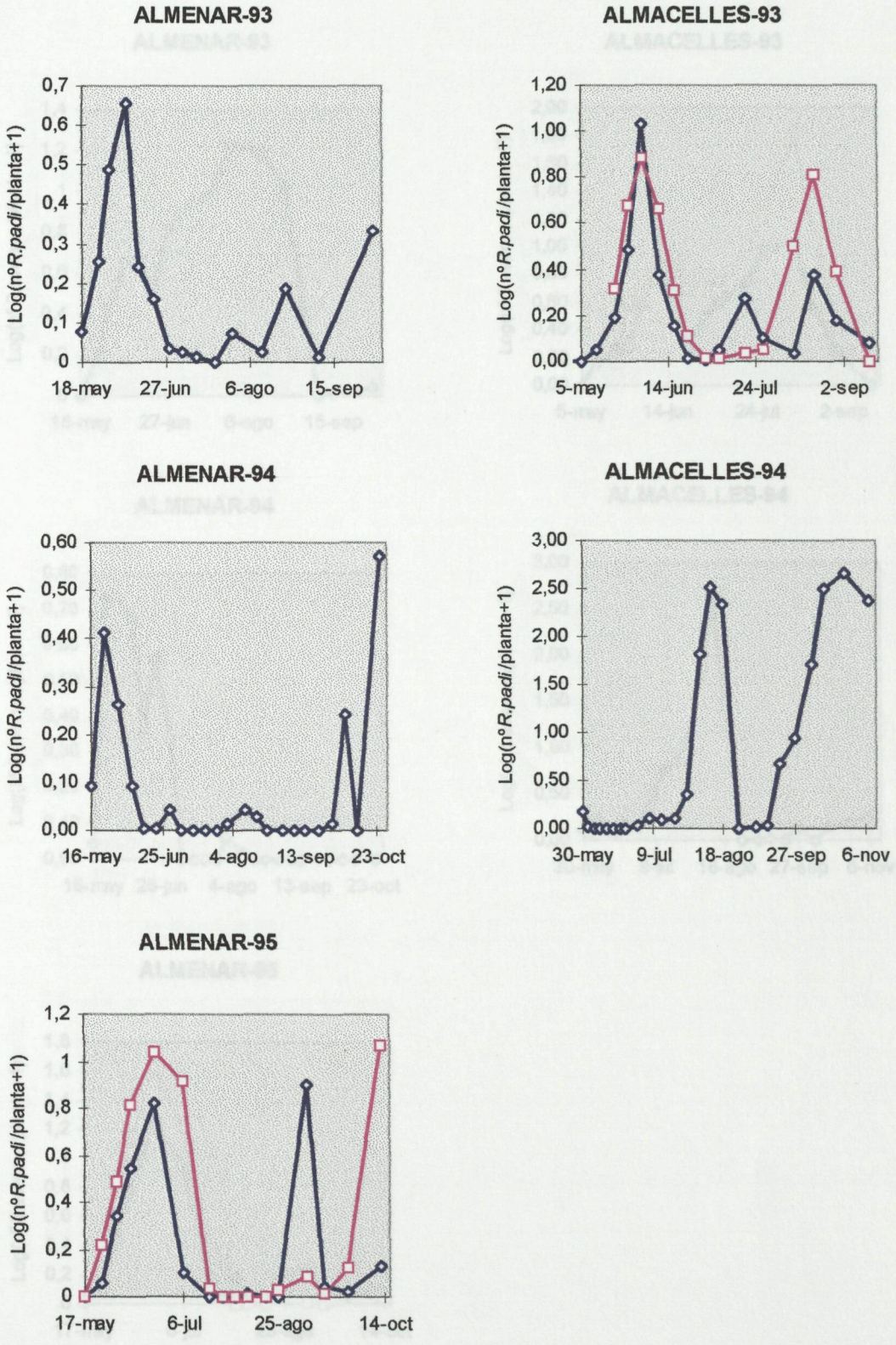

Figura I.1.- Dinámica poblacional de *R. padi* en las localidades de Almenar y Almacelles, los años 1993, 1994 y 1995.
Campo 1 ——, Campo 2 ——.

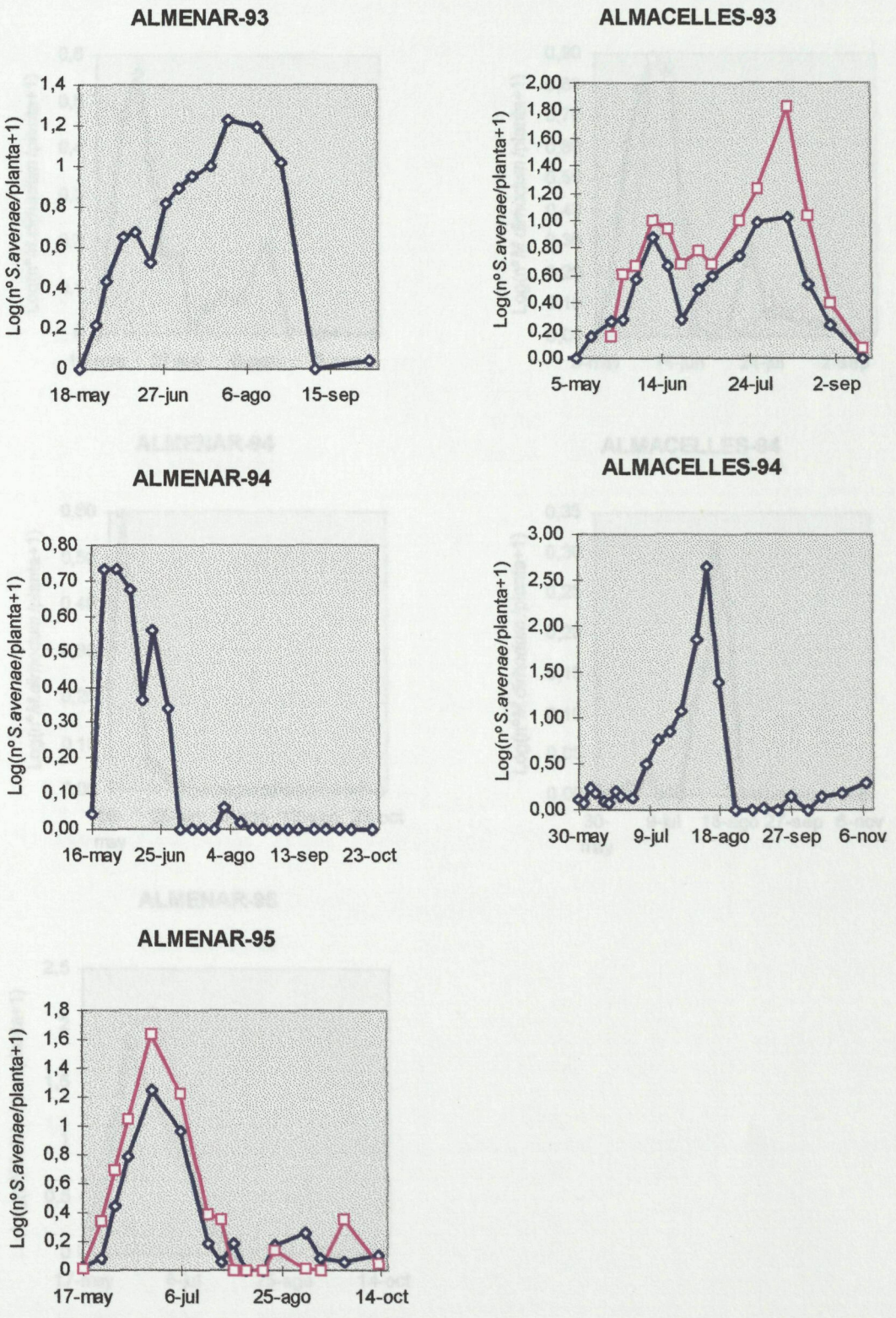

Figura I.2.- Dinámica poblacional de *S. avenae* en las localidades de Almenar y Almacelles, los años 1993, 1994 y 1995.
Campo 1 ——, Campo 2 ——.

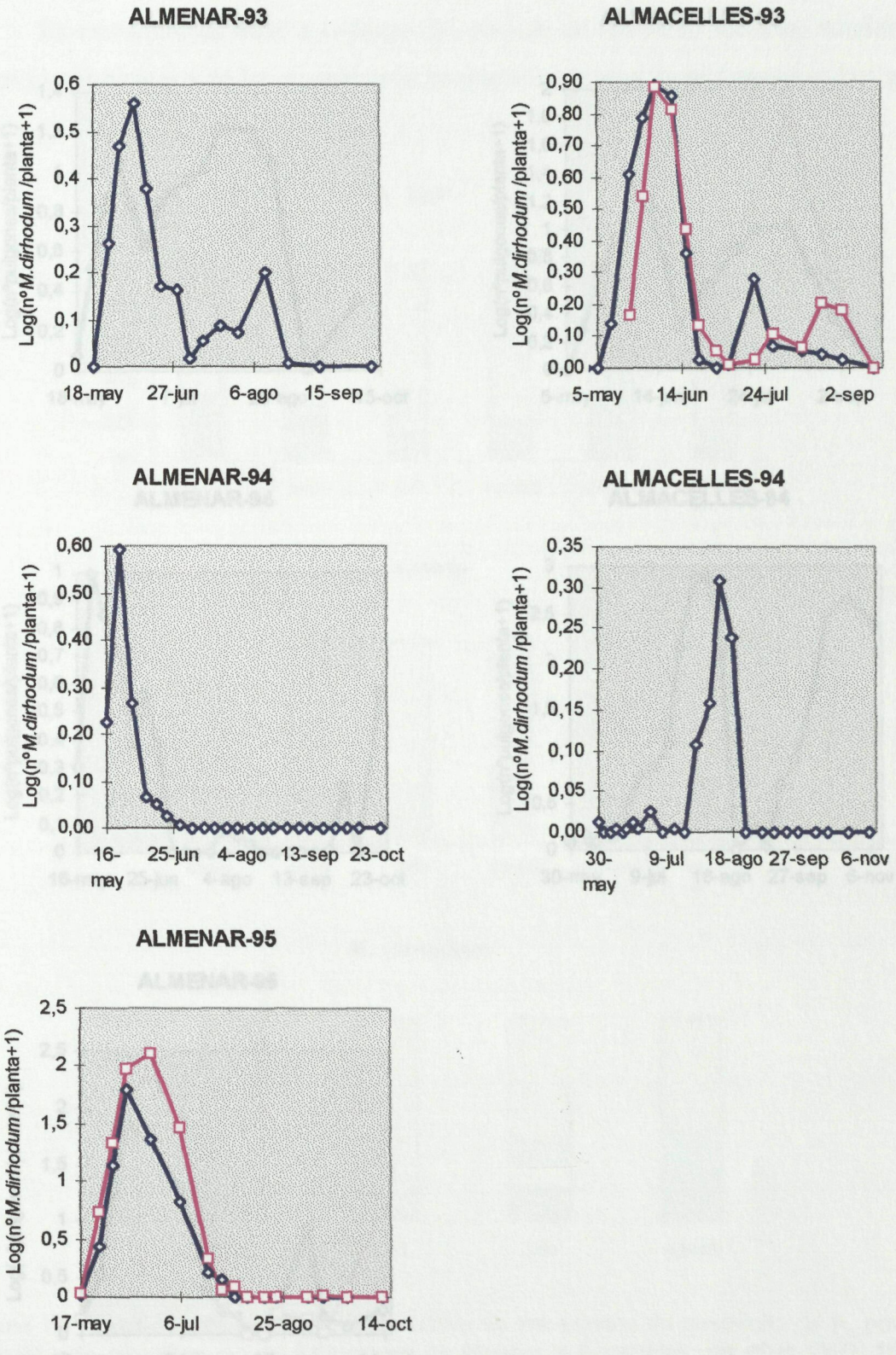

Figura I.3.- Dinámica poblacional de *M. dirhodum* en las localidades de Almenar y Almacelles, los años 1993, 1994 y 1995.
Campo 1 ——, Campo 2 ——.

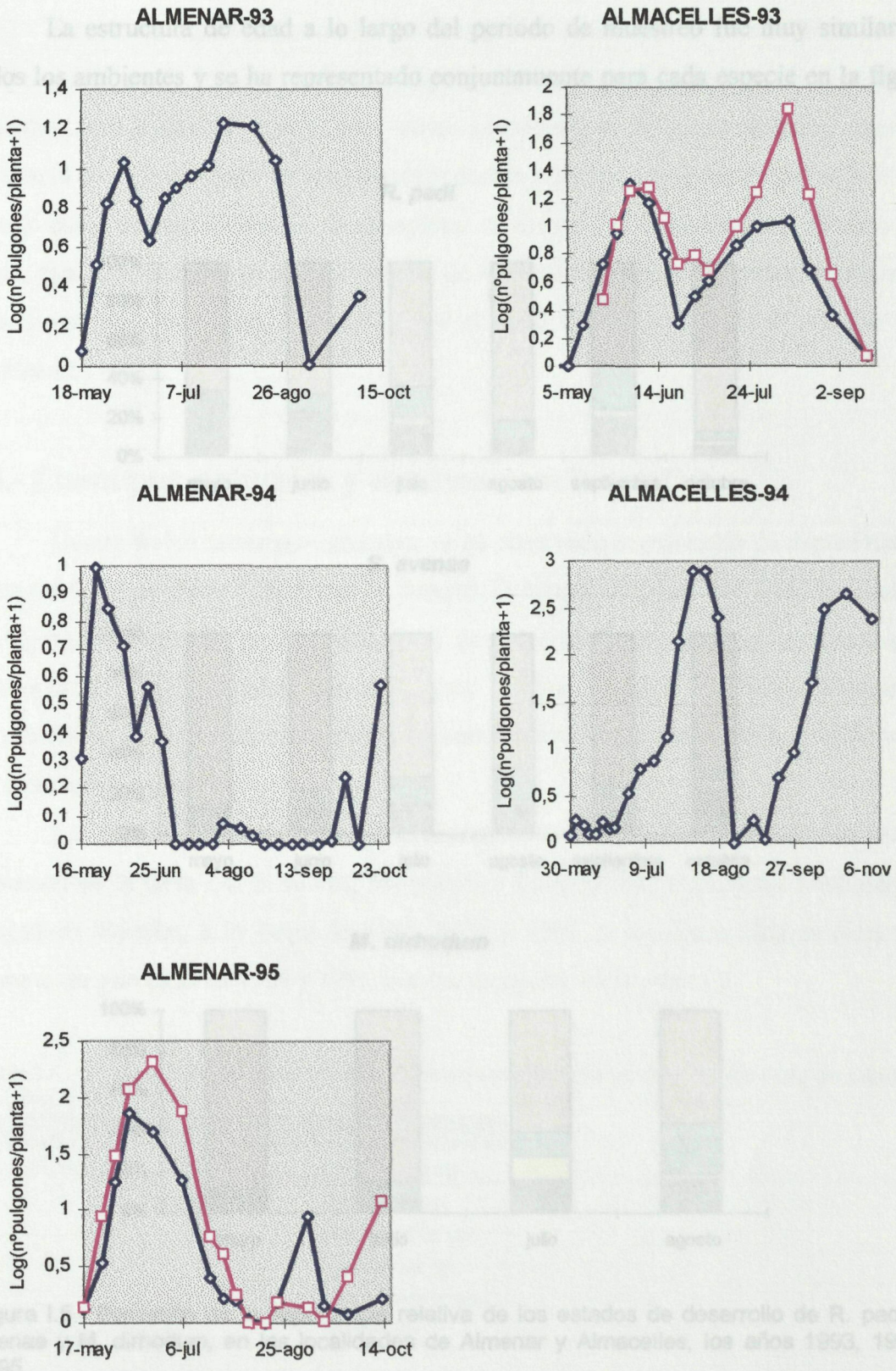

Figura I.4.- Dinámica poblacional del total de pulgones en las localidades de Almenar y Almacelles, los años 1993, 1994 y 1995.
Campo 1 ——, Campo 2 ——.

La estructura de edad a lo largo del periodo de muestreo fue muy similar en todos los ambientes y se ha representado conjuntamente para cada especie en la figura I.5.

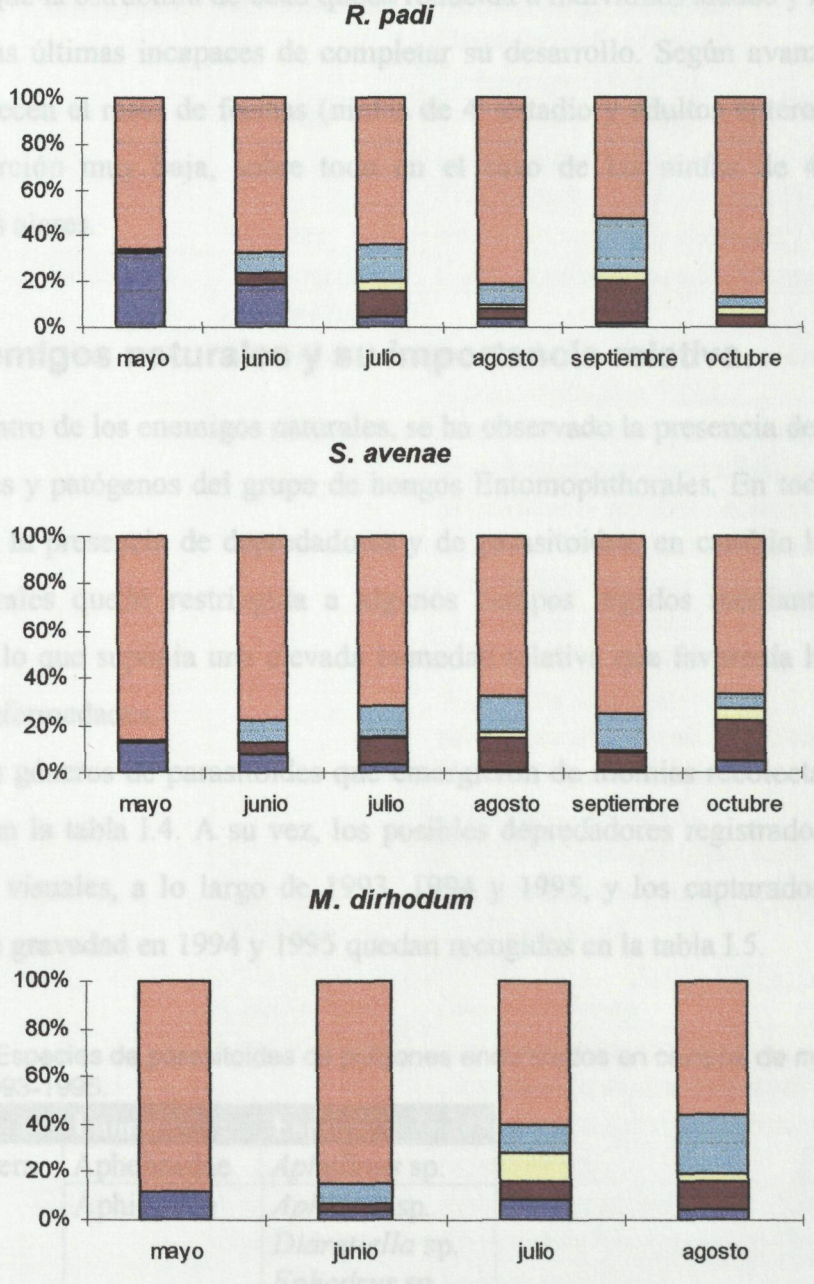

Figura I.5.- Evolución de la importancia relativa de los estados de desarrollo de R. padi, S. avenae y M. dirhodum, en las localidades de Almenar y Almacelles, los años 1993, 1994 y 1995.

- Adultos alados
- Adultos ápteros
- Ninfas de 4º estadío con rudimentos alares
- Ninfas de 4º estadío sin rudimentos alares
- Ninfas de 1er-3er estadío

En las tres especies, las ninfas jóvenes (1^{er}-3^{er} estadío) es el estado de desarrollo más abundante a lo largo de toda la campaña; los adultos alados alcanzan sus valores máximos en los dos primeros meses, como consecuencia de la colonización, periodo éste en el que la estructura de edad queda reducida a individuos alados y ninfas jóvenes, siendo estas últimas incapaces de completar su desarrollo. Según avanza el ciclo del maíz, aparecen el resto de formas (ninfas de 4° estadío y adultos ápteros), siempre en una proporción muy baja, sobre todo en el caso de las ninfas de 4° estadío con rudimentos alares.

I.3.- Enemigos naturales y su importancia relativa.

Dentro de los enemigos naturales, se ha observado la presencia de depredadores, parasitoides y patógenos del grupo de hongos Entomophthorales. En todos los campos se registró la presencia de depredadores y de parasitoides; en cambio la presencia de entomoftorales quedó restringida a algunos campos regados mediante sistemas de aspersión, lo que suponía una elevada humedad relativa que favorecía la proliferación de estas enfermedades.

Los géneros de parasitoides que emergieron de momias recolectadas en campo aparecen en la tabla I.4. A su vez, los posibles depredadores registrados mediante los muestreos visuales, a lo largo de 1993, 1994 y 1995, y los capturados mediante las trampas de gravedad en 1994 y 1995 quedan recogidos en la tabla I.5.

Tabla I.4.- Especies de parasitoides de pulgones encontrados en campos de maíz de Lleida en los años 1993-1995.

Orden	Familia	Especie
Hymenoptera	Aphelinidae	*Aphelinus* sp.
	Aphidiidae	*Aphidius* sp.
		Diaretiella sp.
		Ephedrus sp.
		Lisiphlebus sp.
		Praon sp.

Tabla I.5.- Especies de posibles depredadores contabilizados en los muestreos visuales o capturados en trampas de gravedad, en campos de maíz de Lleida, los años 1993-1995.

Clase	Orden	Familia	*Especie*
Insecta	Dermaptera	Forficulidae	*Forficula auricularia* L.
		Labiduridae	*Labiduria riparia* (Pallas)
	Heteroptera	Anthocoridae	*Orius laevigatus* (Fieb.)
			Orius laticollis (Reut.)
			Orius niger (Wolff.)
		Miridae	*Creontiades pallidus* Ram.
			Lygus rugulipennis Popp.
			Trigonotylus caelestialum (Kirk)
		Nabidae	*Nabis provencalis* Remane
	Neuroptera	Chrysopidae.	*Chrisoperla carnea* Stephens
		Hemerobidae.	
	Coleoptera	Carabidae	*Agonum dorsale* (Pontoppidan)
			Amara anthobia Villa
			Bembidion quadripustulatum
			Brachynidius sclopeta Fabricius
			Brachinus crepitans Linnaeus
			Calathus circumseptus Germar
			Campalita maderae ssp. *indagator* Fabr.
			Demetrias atricapillus L.
			Harpalus rufipes (de Geer)
			Metallina lampros
			Metallina properans Stephens
			Phyla tethys Netolitzky
			Poecillus cupreus L.
			Poecilus kugelani niger Letz
			Testedium bipunctulatum Lineo
		Staphilinidae	*Tachyporus* sp.
			Otros
		Cantharidae	*Rhagonycha* sp.
		Coccinellidae	*Adonia variegata* (Goeze)
			Cocccinella septempunctata L.
			Propylea quatuordecimpunctata (L.)
			Scymnus sp.
	Diptera	Cecidomydae	*Aphidoletes aphidomyza* (Rondani)
		Syrphidae	*Episyrphus balteatus* (De Geer)
			Scaeva pyrastri (L.)
			Sphaerophoria sp.
Arachnida	Acari Araneae Opilionida	Trombididae	

I.3.1.- Depredadores epígeos.

En la tabla I.6 se expresa la importancia relativa de los principales grupos de depredadores epígeos; en la tribu Bembidiini se incluyen 5 especies (*B. quadripustulatum*, *M. lampros*, *M. properans*, *P. tethys* y *T. bipunctulatum*).

Tabla I.6.- Porcentajes mensuales de presencia de los diversos grupos de depredadores epígeos encontradas sobre maíz en el periodo 1993-1995. n es el número de muestreos. Total: número de depredadores, n: número de muestreos.

	mayo	junio	julio	agosto	septiem.	octubre
Arañas	36,6	31,8	25,3	17,9	35,1	54,1
***Orius* spp.**	3,3	37,3	54,7	68,1	55,2	27,2
N. provencallis	0,7	3,1	3,2	1,3	1,7	6,4
Crisopas	0	0,7	2,2	2,4	1,0	1,2
Carábidos	46,9	8,0	7,0	1,2	0,5	1,7
Bembidiini	46,5	6,6	1,8	0,6	0,2	1,0
D.atricapillus	0,3	1,2	5,1	0,5	0,3	0,6
Otros carab.	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1
Coccinélidos	7,9	12,3	3,4	8,1	4,9	4,6
A.aphidimyza	0,0	0,0	0,4	0,1	0,1	0,0
Sírfidos	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
Otros	4,6	6,8	3,7	0,8	1,5	4,8
Total	407	1829	4811	6314	1627	172
n	20	37	31	30	20	10

Arañas y *Orius* sp. fueron los depredadores más abundantes sobre las plantas de maíz a lo largo de la campaña. Su presencia superó ampliamente el 60% del total de depredadores durante el periodo junio-octubre. En mayo, sin embargo, los carábidos de la tribu Bembidiini constituyeron el 47% de los depredadores.

Frente a una presencia reducida de depredadores específicos, los depredadores polífagos (arañas, carábidos y *Orius* sp.) fueron los más abundantes a lo largo de toda la campaña.

Cuando las plántulas de maíz emergían, se encontraban principalmente arañas y carábidos Bembidiini, siendo éstos últimos el primer grupo en disminuir sus poblaciones en tan solo un mes, mientras que la presencia de las arañas permanecía toda la campaña.

Las poblaciones de *Orius* sp. solían aumentar progresivamente, mostrando un máximo incremento poblacional a partir de la antesis del maíz; en ese momento se

detectan exclusivamente adultos, seguidamente se advertía la presencia de ninfas, alcanzándose picos poblacionales de 6-7 individuos/planta; a partir de agosto las poblaciones van disminuyendo paulatinamente.

La presencia de adultos de *N. provencallis* se advertía tras la llegada de los *Orius* sp.. Las poblaciones de *N. provencallis* solían sufrir un ligero descenso para volver a aumentar a lo largo de octubre-noviembre, aunque esto no siempre es posible apreciarlo debido a la fecha de recolección. Aunque en noviembre tan solo se ha muestreado una vez, se realizaron visitas a otros campos de maíz y se comprobó que este inicio de recuperación de las poblaciones de *N. provencallis* en octubre, continuaba en el mes de noviembre.

C. carnea aparecía cuando el cultivo estaba bastante avanzado y en algunos casos desaparecía definitivamente en septiembre. A pesar de que podían llegar a observarse una media de 4 huevos/planta, la presencia de larvas siempre fue reducida.

D. atricapillus también aparecía con el cultivo bastante adelantado; situándose en las vainas de las hojas más bajas a lo largo del mes de julio, que era cuando alcanzaba valores de hasta 0,3 individuos/planta, a partir de agosto apenas fue observado.

Los adultos de coccinélidos se encontraron al poco de emerger las plantas, seguidamente se apreciaba alguna ooplaca. Las especies más abundantes fueron *A. variegata* y *C. septempunctata,* en cambio *P. quatuordecimpunctata* y *Scymnus* sp. estuvieron presentes en menor medida, sobre todo esta última.

Las larvas de *A. aphidimyza* se hallaban puntualmente en el periodo julio-agosto, y tan sólo en aquellos campos que soportaban elevadas poblaciones de pulgones. Aparecían en medio de colonias numerosas y eran capaces de eliminarlas en pocos días como ocurrió en Almacelles-94. Habitualmente se podía observar más de una larva por colonia de pulgones.

Al igual que *A. aphidimyza*, las larvas de sírfidos aparecían en el mismo periodo aunque en menor número, y nunca más de una larva por colonia de pulgones; a finales de noviembre se podían encontrar algunas pupas de sírfidos que presentaban un alto porcentaje de parasitismo.

Respecto a los dermápteros, *F. auricularia* era localizada en la planta, mientras que *L. riparia* siempre lo era en el suelo. La presencia del resto de depredadores (estafilínidos, cantáridos y el resto de carábidos y heterópteros) fue reducida.

I.3.2.- Depredadores capturados en trampas de gravedad.

En la tabla I.7 figuran los porcentajes de captura, en trampas de gravedad, de los grupos de depredadores más abundantes. La gran parte de depredadores capturados lo formaron arañas, opiliones, *L. riparia*, estafilínidos y *H. rufipes*. Salvo el mes de mayo, en el resto de la campaña su presencia es superior al 90%.

Al igual que en los muestreos visuales, en el primer mes de campaña las capturas del grupo de carábidos Bembidiini situaban a dicha tribu como la de mayor importancia relativa de carábidos, aunque a partir del mes de julio las capturas descendieron a valores inferiores a 0,5%.

Una segunda similitud se constataba entre los muestreos visuales y las trampas de gravedad, los grupos de depredadores más abundantes a lo largo de toda la campaña también fueron los polífagos (arácnidos, carábidos y dermápteros).

Tabla I.7.- Porcentajes mensuales de los grupos de depredadores capturados por medio de trampas de gravedad en el periodo 1994-1995.
Total: número de depredadores contabilizados, n: número de muestreos.

	mayo	junio	julio	agosto	septiem	octubre
Arañas	19,0	66,4	34,0	22,2	36,0	26,5
Opiliones	0,9	2,3	1,5	0,9	3,9	2,2
L. riparia	29,5	14,4	38,7	35,0	21,5	5,0
Carábidos	32,5	12,1	23,0	38,0	30,1	57,4
H. rufipes	2,9	3,5	14,5	28,7	26,2	54,4
P. cupreus	0,5	0,5	6,2	3,0	0,8	1,0
Bembidiini	17,0	5,4	0,1	0,1	0,0	0,3
A. dorsale	1,2	0,3	1,5	4,6	0,6	0,5
Otros caráb.	10,9	2,4	0,7	1,6	2,5	1,2
Estafilínidos	15,2	3,7	1,5	1,6	6,4	6,7
Otros	2,9	1,1	1,3	2,3	2,1	2,2
Total	1.364	8.681	5.222	6.348	3.491	2.214
n	7	21	12	16	16	7

En los muestreos visuales se confirmaba la existencia de un grupo de depredadores polífagos que estaban presentes desde el inicio del cultivo, lo mismo se confirma a través de las primeras capturas de las trampas de gravedad. En este caso el grupo lo forman básicamente arácnidos, estafilínidos, carábidos Bembidiini y *L. riparia*; salvo los carábidos Bembidiini, el resto estuvo presente toda la campaña.

Las arañas son uno de los grupos más abundantes a lo largo de toda la campaña y su pico se suele producir en junio con valores cercanos a las 10 arañas/trampa·día.

Las capturas de *L. riparia* se caracterizaron por un aumento desde el principio de la campaña, hasta alcanzar un pico en el mes de agosto con valores de hasta 14 individuos/trampa·día; tras el pico se iniciaba un declive en las capturas llegando a desaparecer en algunos campos a partir de octubre.

H. rufipes fue el carábido más abundante en las trampas de gravedad y estuvo presente en todos los campos. La evolución de las capturas de este carábido se parecía a la de *L. riparia*, con un pico de hasta 5 individuos/trampa·día a finales de agosto o principios de septiembre, seguido de un declive en las capturas.

Las capturas de carábidos Bembidiini se reducen al mes y medio posterior a la siembra, pero llamaba la atención que las capturas en los ambientes de Almenar alcanzan valores notoriamente superiores (máximos de 2,5 individuos/trampa·día) frente a las capturas de los ambientes de Almacelles (máximos de 0,2 individuos/trampa·día), lo que hace pensar que la presencia abundante de estos carábidos, en el inicio del ciclo del cultivo, no es un hecho generalizado y que puede, en gran medida, depender de la zona.

Tras *H. rufipes* y las especies Bembidiini, aparece una larga lista de carábidos que se podrían dividir en dos grupos.

a.- Carábidos presentes en todos los campos: *A. dorsale*, *B. sclopeta*, *B. crepitans*, *P. cupreus* y *D. atricapillus*.

El carábido más abundante de este grupo fue *P. cupreus*, aunque nunca superaba las capturas de *H. rufipes* su presencia era continuada a lo largo de toda la campaña.

b.- Carábidos no presentes en todo los campos: *A. anthobia*, *C. circumseptus*, *C. maderae* ssp. indagator,. y *P. kugelani niger*.

Las capturas de estafilínidos no superaron el valor de 1 individuo/trampa·día a lo largo de la campaña, de todos modos se constataban dos picos poblacionales en junio y octubre.

I.3.3.- Parasitoides.

La identificación de especies de parasitoides mediante el aspecto de los pulgones momificados conlleva dos problemas:

- Aspecto muy similar de las momias parasitadas por diferentes géneros (por un lado *Aphidius* sp. y *Diaretiella* sp., y por otro *Aphelinus* sp. y *Ephedrus* sp.) (Botto & Hernández, 1989).
- Desconocimiento sobre la supervivencia de la larva del parasitoide en el interior de la momia.

La tabla I.8 recoge la importancia relativa de los tres grupos de momias y el porcentaje de parasitismo. De los tres grupos *Praon* sp. es el de menor presencia, mientras que *Aphidius* sp.-*Diaretiella* sp.-*Lisiphlebus* sp. es el más abundante los dos primeros meses de campaña, y *Aphelinus* sp.-*Ephedrus* sp. lo es en el final de la campaña.

Tabla I.8.- Porcentajes mensuales de presencia de los tres grupos de momias encontradas en el periodo 1993-1995 y Porcentaje de parasitismo.
Total: número de momias contabilizadas, n: número de muestreos.

Géneros	mayo	junio	julio	agosto	septiem	octubre
***Aphidius* sp.-*Diaretiella* sp.-*Lisiphlebus* sp.**	93,7	80,4	23,5	28,2	15,7	10,5
***Praon* sp.**	6,3	1,7	14,3	23,8	43,7	14,0
***Aphelinus* sp.-*Ephedrus* sp.**	0,0	17,9	62,2	48,0	40,6	75,5
Total	16	459	879	1.089	32	57
n	20	37	31	30	20	10
% Parasitismo	**0,1**	**0,5**	**3,3**	**0,8**	**1,7**	**0,1**

parasitismo apenas tendría importancia. El máximo de parasitismo (3,3% en julio) se producía básicamente en la primera quincena de julio, que coincide con el descenso poblacional de los pulgones, lo que le restaría importancia al ser consecuencia de la actividad de los parasitoides en el periodo correspondiente a la fase final del primer pico poblacional de los pulgones.

I.1.- Especies de pulgones y su importancia relativa.

El número de especies, que se han encontrado sobre planta de maíz citadas en la literatura es de 28, de las cuales 19 se pueden encontrar en Europa y 13 colonizando la parte aérea de la planta (Blackman & Eastop, 1985): *S. maydis*, *S. graminum*, *Hysteroneura setariae* (Thomas), *A. gossypii*, *A. fabae*, *Aphis craccivora* Koch, *R. maidis*, *R. padi*, *M. persicae*, *M. dirhodum*, *Metopolophium festucae cerealium* Stroyan, *M. euphorbiae* y *S. avenae*.

Como se puede constatar, hay tres especies que no se encontraron en Lleida (*H. setariae*, *A. craccivora* y *M. festucae cerealium*), sin embargo se han encontrado dos especies no citadas en la zona de estudio en maíz, *D. noxia* y *H. amygdalis*. La primera de ellas ha sido citada sobre maíz por Castañera (1986) en la zona centro de la Península Ibérica, en cambio la segunda no lo ha sido nunca sobre maíz, aunque las condiciones en las que fue encontrada (proximidad de almendros fuertemente infestados por esta especie) resta importancia a este hecho. Respecto a otros ensayos realizados en la zona de Lleida (Pons, 1986; Pons & Albajes, 1986; Pons *et al.*, 1989) no se han apreciado diferencias en relación al resto de especies de pulgones encontradas.

La presencia de colonias de *S. graminum* y *R. maidis* en campos de sorgo y en plantas de S. halepense en los márgenes de diversas parcelas también ha sido citada en Lleida (Jauset *et al.*, 1998), lo que indicaría la preferencia de estos pulgones por estas plantas frente al maíz.

Las especies con mayor presencia en Europa occidental y central son *R.padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* (Hand & Carrillo, 1982; Moreau, 1981; Chansingaud & Vaillant, 1987; Ohnesorge, 1988; Coceano & Peressini, 1989; Plewka & Pankanin-Franczyk, 1989; Polgar, 1982), lo que coincide con lo reflejado en la tabla I.3 ya que la importancia relativa del conjunto de las tres especies fluctúa entre el 80 y el 99% a lo largo del ciclo de cultivo del maíz.

En lo referente a España, la literatura sobre la afidofauna de maíz es confusa respecto a la importancia de dichas especies (Pons *et al.* 1994), como se puede observar en la tabla I.9.

Tabla I.9.- Referencias sobre las especies de pulgones más importantes sobre plantas de maíz en España.

Referencias	Especies más importantes en maíz
Gómez Menor, 1946.	*R. maidis* y *A. fabae*
Meliá, 1980. En Castellón.	*A.fabae, R. maidis, R. padi, S. avenae, M. euphorbiae* y *M. persicae*
Nieto *et al.*, 1984.	*A.fabae, M. euphorbiae, M. persicae, R. maidis, R. padi* y *S. maydis.*
Castañera, 1986.	*R. padi, R. maidis, S. graminum* y *S. avenae.*
Puiggrós, 1986. En Catalunya.	*S. graminum, S. maydis, R. maidis* y *S. avenae.*
Pons & Albajes, 1986, Pons *et al.*, 1989 y Pons *et al.*, 1994. En el NE de España.	*R. padi, S. avenae* y *M. dirhodum.*
Fernández de Gorostiza *et al.*,1990.	*R. padi* y *R. maidis.*
López Bellido, 1991	*R. padi* y *R. maidis.*

Salvo las citas de Pons & Albajes (1986), Pons *et al.* (1989) y Pons *et al.* (1994), el resto de referencias no coinciden con lo encontrado en estos ensayos. Como indican Pons *et al.* (1994), dos hechos llaman la atención de estas referencias, en primer lugar la ausencia de *M. dirhodum* y en segundo, citar a *R. maidis* como una especie muy frecuente.

En los datos que presentan Comas *et al.* (1993) y Pons *et al.* (1994) se aprecian diferencias cuantitativas en la presencia relativa de las especies de pulgones, y sobre todo de *S. avenae.* Dichos autores observan una mayor densidad poblacional de *S. avenae* en los meses de mayo y junio, y en el periodo septiembre-octubre respectivamente, en comparación con los expuestos en esta tesis.

I.2.- Fenología y Dinámica poblacional de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum*.

Los resultados obtenidos en cuanto a la fenología y dinámica poblacional de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* coinciden en líneas generales con los trabajos realizados con anterioridad en la zona de regadío de Lleida (Pons, 1986; Pons & Albajes, 1986; Pons *et al.*, 1989; Comas *et al.*, 1993 y Pons *et al.*, 1994), siendo las siguientes características principales las que definirían la dinámica poblacional de los pulgones del maíz en Lleida:

- Colonización temprana del maíz (en un mayor grado inicial por *M. dirhodum*, y seguidamente por *S. avenae* y *R. padi*).
- Crecimiento poblacional hasta alcanzar un pico en mayo o junio.
- Descenso brusco de la población a partir de final de junio, que supone prácticamente la ausencia de pulgones durante la época de máximo calor (julio-mediados de agosto).
- Recuperación final de las poblaciones de *R. padi*, y en mucho menor grado de *S. avenae*, dando origen a un segundo pico.

Las diferencias encontradas con los trabajos previos realizados en la zona (Pons *et al.*, 1989; Comas *et al.*, 1993 y Pons *et al.*, 1994) son principalmente de tipo cuantitativo (niveles poblacionales de los picos y presencia relativa de *S. avenae*), aunque también se han encontrado algunas diferencias cualitativas (momento de recuperación de la población de *R. padi*).

Estas diferencias pondrían de manifiesto que aunque las dinámicas poblacionales de las tres especies pueden generalizarse para la zona, podrían existir ciertas diferencias cuantitativas y cualitativas en función de las condiciones climáticas y/o de rotación de cultivos particulares de las zonas estudiadas anteriormente y los estudiados en esta tesis, que están distanciadas unos 70 km, lo que supondría ligeros cambios en la dinámica de los pulgones.

Un hecho fundamental a partir de julio es el descenso poblacional de las tres especies, que en el caso de *M. dirhodum* supone su práctica y definitiva desaparición. Este fenómeno ha sido descrito para alguna o algunas de las especies de pulgones, en

campos de maíz de Alemania (Ohnesorge, 1988; Schuster, 1990), Canadá (Wright & Laing, 1980; Coderre & Tourneur, 1988), Francia (Chansingaud & Vaillant, 1988; Henry & Dedryver, 1989), Holanda (Groot *et al.*, 1983), Inglaterra (Hand & Carrillo, 1982) y Polonia (Plewka & Pankanin-Franczyk, 1989). Puesto que los pulgones se reproducen partenogenéticamente, las disminuciones de sus poblaciones solo se pueden explicar por una disminución de la reproducción y/o a factores de emigración y mortalidad de las poblaciones (Coderre & Tourneur, 1988).

Si atendemos a la estructura de edad de las poblaciones durante el primer pico (Fig. I.4), éstas están compuestas básicamente por alados y ninfas jóvenes, lo que indicaría que los alados colonizantes son capaces de reproducirse, pero la mayor parte de las ninfas no completan su desarrollo.

Por tanto parece evidente que los factores que provocarían este descenso de población serían factores relacionados con la mortalidad de los pulgones y entre ellos se han citado la temperatura, los enemigos naturales y la calidad nutritiva de la planta (Pons, 1986).

Algunos de los capítulos de esta tesis tratan de aportar más información sobre el posible efecto de estos factores sobre las poblaciones de pulgones.

Otro hecho destacable es la recuperación de las poblaciones de *R. padi* que en Lleida se produce a partir de la segunda quincena de agosto tras un periodo en que los niveles poblacionales se mantenían muy bajos. La circunstancia de que *R. padi* sea la especie responsable de un segundo pico poblacional ha sido descrita en Alemania (Ohnesorge, 1988), Canadá (Coderre & Tourneur, 1988), Inglaterra (Hand & Carrillo, 1982) y Polonia (Plewka & Pankanin-Franczyk, 1989). Algunos de dichos autores señalan dos posibles explicaciones:

- Colonización más tardía de *R. padi*, coincidiendo con una disminución del parasitismo e inactividad de algunos depredadores.
- Distribución vertical de esta especie, que al encontrarse mayoritariamente en las vainas de las hojas y en las espatas de la mazorca, se encuentra más protegida frente a la acción de factores ambientales y de los enemigos naturales.

Estas dos razones no parecen que hayan sido las principales en estos tres años de experimentación, puesto que la colonización de las tres especies se ha producido prácticamente al mismo tiempo, y además la presencia de *R. padi* en las vainas y en las espatas fue de muy poca importancia. Probablemente, en nuestras condiciones, la temperatura juegue un papel más determinante.

I.3.- Enemigos naturales y su importancia relativa.

Aunque la bibliografía referente a enemigos naturales de pulgones en cereales de invierno es muy abundante, la que se refiere a enemigos naturales de pulgones en maíz es escasa.

Las especies de depredadores potenciales encontradas en los campos muestreados de maíz en Lleida coinciden con los principales grupos citados en la bibliografía como depredadores de pulgones (Frazer, 1988). Sin embargo, se debe destacar la predominancia de los depredadores polífagos sobre los específicos. Arañas, carábidos, dermápteros y el género *Orius* sp. fueron los grupos más abundantes, con los estafilínidos, coccinélidos y *N. provencallis* ocupando un segundo lugar. La presencia de sírfidos, crisopas y *A. aphidimyza* fue muy reducida.

La presencia del género *Orius* sp. en ecosistemas de maíz ha sido señalada en otros países del noroeste de Europa (Fougeroux, 1984; della Giustina *et al.*, 1987; Ohnesorge 1988). Su presencia en Lleida comenzaba a principios de mayo, pero su mayor abundancia se sitúa en torno a la antesis del maíz. Reid & Lampman (1989) demostraron que los individuos de *Orius insidiosus* eran atraídos por los extractos de los estilos de la mazorca de maíz; este hecho y/o la ingestión de polen por algunas especies del género *Orius* sp. podrían explicar el incremento poblacional en la antesis del maíz. La presencia de *Orius* sp. es frecuente en primavera y verano en otros cultivos de la zona como trigo y alfalfa (Pons, datos sin publicar) y frutales (Sarasúa *et al.*, 1994) lo que facilitaría el paso de los *Orius* sp. de un cultivo a otro.

N. provencallis es una especie distribuida geográficamente en la región mediterránea occidental (Pericart, 1987), cuya presencia en los maizales de Lleida se ha detectado durante la mayor parte del ciclo del cultivo. La presencia de nábidos en

cereales de invierno y praderas en el norte de Europa ha sido señalada por Basedow (1996) y Morris (1990) respectivamente, y en campos de maíz en Polonia aunque con densidades poblacionales muy bajas (Plewka & Pankanin-Franczyk, 1989). Al igual que *Orius* sp., *N. provencallis* también ha sido detectado con frecuencia en campos de alfalfa en la misma zona de estudio (Pons, datos sin publicar).

Existe una gran cantidad de trabajos sobre los carábidos como depredadores de pulgones en cereales de invierno (Sunderland, 1988) aunque se conoce muy poco acerca de su actividad en los campos de maíz. Los carábidos han sido citados en campos de maíz en Alemania (Desender & Alderweireldt, 1988), Estados Unidos (Best & Beegle, 1977; Brust *et al.*, 1986), Francia (Fougeroux, 1984), Hungría (Lövei, 1984; Lövei & Szentkirályi, 1984) y Yugoslavia (Sekulic *et al.*, 1989). A pesar de las diferencias de lugar y de la diversidad de especies encontradas, la mayor parte pertenecen a los géneros *Agonum* sp, *Amara* sp., *Bembidion* sp., *Harpallus* sp. y *Pterostichus* sp. Especies de todos estos géneros han sido capturadas con regularidad en las trampas de gravedad situadas en los campos de maíz de Lleida. Cabe señalar, además, la presencia de *D. atricapillus* con cierta frecuencia en los meses de junio y julio, esta especie es la única que se ha encontrado sobre la planta, lo que puede darle un mayor papel como depredador de pulgones.

Los coccinélidos fueron registrados durante casi toda la campaña, pero la presencia de adultos era más evidente durante los meses de mayo y junio, coincidiendo con el primer pico poblacional de los pulgones. Esto podría significar que al encontrarse sobre maíz las mismas especies que se encuentran en el trigo, este cultivo sea también, como en el caso de los pulgones, el lugar de origen de los coccinélidos.

La presencia de larvas de *C. carnea* sobre la planta de maíz fue baja los tres años de estudio. Sin embargo el número de huevos por planta fue mucho mayor. Un hecho similar ha sido señalado por Fougeroux (1984) en Francia quien atribuye este fenómeno a un elevado parasitismo de huevos.

Los dermápteros, especialmente *L. riparia*, se encuentran en los maizales de Lleida durante casi todo el ciclo del cultivo. *L. riparia*, que ha sido también citada en campos de maíz en el sudeste de Estados Unidos (Walker & Newman, 1976), no se observó nunca sobre las plantas de maíz. Por el contrario, *F. auricularia*, mucho menos

abundante en las trampas de gravedad, se encuentra normalmente escondida en el verticilo terminal de hojas.

Pese a su abundancia, no se ha determinado la composición de especies de arañas y otros arácnidos. Se conoce bastante poco acerca de la dinámica poblacional de los principales especies y sobre el papel que éstas pueden tener en la regulación de poblaciones de fitófagos en maíz. Sin embargo, la evolución de las capturas en trampas de gravedad de arañas en Lleida coincide bastante con los estudios de Coquempot & Chambon (1990). Por otro lado, las arañas son capaces de recolonizar los campos después de las labores preparatorias de la siembra con cierta rapidez (Alderweireldt, 1989), como se confirma por el elevado porcentaje de presencia en el mes de mayo; esto indicaría que las arañas se encuentran en los campos de maíz con anterioridad a la llegada de los pulgones.

Con los resultados obtenidos, se podría concluir que la presencia mayoritaria de depredadores polífagos en los maizales de Lleida, hace suponer que el posible papel de la regulación sobre las poblaciones de pulgones deba ser atribuido en una gran medida a ellos. A ello deberíamos añadir que muchos de ellos se encuentran así mismo en otros cultivos que conforman el paisaje de la zona de regadío de Lleida, lo que facilitaría su llegada al maíz.

En relación a los parasitoides, es de suponer que el efecto sobre las poblaciones de pulgones es bajo, debido a los reducidos valores de momias respecto al total de pulgones (máximos del 3,29%), lo que también se puede concluir en función del parasitismo real en campos de maíz de Lleida, cuyos valores en 1995 alcanzaron el 4% en junio, 12% en septiembre y 4% en octubre (Tugues, 1997).

El patrón de la relación momias/pulgones a lo largo del ciclo del maíz en Lleida es similar al que se da en campos de trigo en el centro de la Península Ibérica (Castañera, 1988), con valores bajos en las primeras fases de crecimiento de las poblaciones de pulgones, y alcanzando un pico en la fase de disminución de sus poblaciones.

Fougeroux (1984) y Dedryver (comunicación personal) han observado que individuos alados de *M. dirhodum* y *S. avenae* llegan a los campos de maíz provenientes

de los campos de trigo parasitados por *Aphidius picipes* Nees. Este hecho no ha podido ser comprobado en los campos de Lleida aunque en las primeras semanas del cultivo es muy extraño observar momias.

CAPÍTULO II.

IMPACTO DE LOS ENEMIGOS NATURALES SOBRE LAS POBLACIONES DE PULGONES

Parte de este capítulo ha sido publicado en:
ASÍN, L.; PONS, X. 1998. Role of predators on maize aphid populations. In Aphids in natural and managed ecosystems (Nieto Nafría, J.M. & Dixon, A.F.G. eds.) pp: 505-511.
ASÍN, L.; PONS, X. 1998. Aphid predators in maize fields. IOBC/WPRS Bull, 21 (8): 163-170.

II.1.- Antecedentes.

En el capítulo anterior se ha anotado la importancia relativa de los depredadores polífagos a lo largo de todo el ciclo del maíz. Esta particularidad es una ventaja que asegura la presencia de dichas especies incluso en situaciones de ausencia o escasez de pulgones, ya que podrán alimentarse de otras presas del ecosistema del maíz y/o de otros cultivos vecinos. Según Carver (1988), los pulgones son buenos candidatos para el control colectivo, o lo que Starý (1967) denomina control multilateral, que sería el uso de agentes polífagos que puede establecerse más fácilmente y contribuir al control de presas alternativas en el ecosistema o en ecosistemas similares o vecinos, durante periodos de escasez de una o más especies.

No obstante, las esperanzas de éxito en el control biológico de pulgones son escasas porque su alta capacidad reproductiva y actividad fisiológica a temperaturas relativamente bajas les aporta una ventaja inalcanzable frente a los enemigos naturales (Van den Bosch *et al.*, 1982), especialmente en la fase de crecimiento de las colonias de pulgones.

No hay que obviar que aunque el control biológico no sea posible desde el punto de vista del control o eliminación de las poblaciones de pulgones, los enemigos naturales pueden ejercer un impacto más o menos importante sobre las colonias de pulgones, por lo que su efecto debe ser tenido en cuenta a la hora de determinar otras medidas de control.

Para calcular el impacto de los enemigos naturales sobre las poblaciones de pulgones, es necesario saber a priori si cada especie potencialmente depredadora encontrada en los campos de maíz de Lleida muestra capacidad depredadora o de consumo de pulgones en las condiciones de Lleida.

En este segundo capítulo se desarrolla el tercer objetivo que hace referencia a la evaluación del impacto de los enemigos naturales sobre las poblaciones de pulgones. Hay que tener en cuenta que la eficacia de los enemigos naturales puede ser evaluada mediante métodos directos o indirectos (DeBach *et al.*, 1976). La evaluación indirecta compara las fluctuaciones de las poblaciones de la plaga y de sus enemigos naturales.

Los métodos directos comparan las poblaciones o daño causado al cultivo en parcelas con presencia y con ausencia de enemigos naturales (DeBach & Bartlett, 1964).

En este capítulo se ha recurrido a métodos directos e indirectos para poder valorar el efecto de los enemigos naturales sobre las poblaciones de pulgones en los campos de maíz de Lleida.

Los experimentos llevados a cabo han sido los siguientes:

- Test de depredación en laboratorio: Con el fin de identificar aquellas especies que muestran capacidad depredadora.
- Cálculo del impacto de los enemigos naturales sobre las poblaciones de pulgones en campo.
- Evaluación de la correlación de las dinámicas de los pulgones y sus depredadores.

II.1.- Test de depredación.

II.1.1.- Captura de depredadores potenciales.

A lo largo de los meses de junio a septiembre de los años 1995 y 1996 se capturaron insectos potencialmente depredadores en campos comerciales de maíz.

La captura de insectos vivos se realizaba por medio de pinzas, manualmente, con un aspirador "potter" o mediante trampas de gravedad idénticas a las descritas en el Capitulo I "Afidofauna y sus enemigos naturales" pero secas.

Los insectos que fueron capturados y posteriormente testados en laboratorio aparecen en la tabla II.1.

Tabla II.1.- Insectos capturados y probados, a lo largo de los años 1995 y 1996.

Orden	Familia	Especie	Estado de desarrollo
Dermaptera	Forficulidae	*F. auricularia*	adulto y ninfa
	Labiduridae	*L. riparia*	adulto
Heteroptera	Anthocoridae	*Orius sp.*	adulto y ninfa
	Miridae	*L. rugulipennis*	adulto y ninfa
		C. pallidus	adulto y ninfa
		T. caelestialum	adulto y ninfa
	Nabidae	*N. provencalis*	adulto y ninfa
Neuroptera	Chrysopidae.	*C. carnea*	adulto y larva
Coleoptera	Carabidae	*A. dorsale*	adulto
		D. atricapillus	adulto
		H. rufipes	adulto
		P. cupreus	adulto
	Staphylinidae	*Tachyporus* sp.	adulto
	Coccinellidae	*A. variegata*	adulto
		C. septempunctata	adulto
		P. decimquatuorpunctata	adulto
		Scymnus sp.	adulto
		Individuos sin identificar	larva
Diptera	Syrphidae	Individuos sin identificar	larva

II.1.2.- Cría de pulgones.

La especie de pulgón elegida para comprobar la actividad depredadora de los insectos capturados fue *R. padi.*

La cría de esta especie se realizaba en macetas (ø 16 cm, altura 14,5 cm) sembradas con 30 semillas de trigo. Cuando el estado fenológico de las plantas era de dos hojas desplegadas (GS 12, Zadoks *et al.*, 1974), se colocaban sobre el sustrato dos hojas de trigo infestadas con *R. padi* y se situaba la maceta en una jaula metálica cubierta por una tela que impedía la salida de los pulgones y la entrada de cualquier insecto.

Periódicamente se cambiaban las macetas para mantener la jaula en unas condiciones de población adecuadas e impedir que se secasen las plantas.

II.1.3.- Diseño experimental.

Se llevaron a cabo dos experimentos de depredación, sobre planta y en placa petri, que se desarrollaron a una temperatura ambiente y luz natural (aproximadamente 25ºC y 15 horas de luz).

II.1.3.1.- Experimento sobre planta.

El test de depredación sobre planta se realizó en macetas, de un diámetro 8,5 cm y una altura de 7,5 cm, sembradas con 15 semillas de trigo.

En el momento de iniciar los tests, el estado fenológico de las plantas era de una hoja desplegada (GS 11, Zadoks *et al.*, 1974).

Una vez capturados los depredadores potenciales en el campo, se les individualizaba en unas cajas de plástico, permaneciendo 24 horas en ayunas; pasado este periodo, se les colocaba en las macetas de trigo que el día anterior de la captura se habían infestado con 10 ninfas de 1er y/o 2° estadío de *R. padi*. Para evitar que los insectos (pulgones e insecto a probar) se escapasen, se instalaba un cilindro hueco de papel de acetato (28 cm de altura y diámetro de 9 cm) que se apoyaba sobre el sustrato de la maceta, y se tapaba el extremo superior con otro cilindro de acetato que disponía de una tela en el extremo superior para favorecer el intercambio gaseoso y evitar la acumulación de agua en la cara interna de ambos cilindros.

Como testigo se colocaba, como mínimo, otra maceta con la misma estructura y con el mismo número de pulgones y sin ningún otro insecto.

Transcurridos dos días tras la colocación del insecto capturado, se anotaba el número de individuos *R. padi* vivos y la presencia del insecto.

Si pasados los dos días, alguno de los individuos *R. padi* había llegado al estado de adulto y se había reproducido, el experimento se descartaba para el posterior análisis estadístico, lo mismo se hacía si el insecto capturado no era encontrado en la maceta al acabar el experimento.

II.1.3.1.- Experimento en placa petri.

Tras los experimentos realizados el año 1995, algunos insectos capturados en trampas de gravedad, citados como depredadores en la bibliografía, no se comportaron como tales, de modo que se diseñó otro experimento en placa petri, cuyo propósito era comprobar si el comportamiento de dichos insectos era debido a su imposibilidad a subir a las plantas de trigo o si realmente no eran depredadores.

Este experimento se desarrolló sobre placa petri de vidrio de 8 cm de diámetro, para los carábidos *D. atricapillus* y *H. rufipes*, y para el dermáptero *F. auricularia*. A pesar de que a lo largo de 1996, la intención era llevarlo a cabo sobre más especies de insectos, fue imposible debido a que tan solo se capturaron estas tres especies en las trampas de gravedad.

El procedimiento era similar al experimento sobre planta, tras las 24 horas de ayuno del depredador potencial, se le situaba en la placa petri con una hoja de trigo infestada con 10 pulgones. Pasado un día, se anotaba el número de individuos *R. padi* presentes.

Al igual que en el experimento anterior se empleó como testigo otra placa de petri con otros diez pulgones sobre una hoja de trigo, pero sin ningún otro insecto.

II.1.4.- Análisis de datos.

Los datos de supervivencia con el depredador potencial se compararon con los resultados de supervivencia del testigo, de este modo se tenía en cuenta la mortalidad de pulgones debida a causas naturales.

Debido a que los datos de supervivencia de pulgones no se distribuían normalmente, los datos se analizaron mediante una prueba U de Mann-Withney.

II.2.- Impacto de los enemigos naturales sobre las poblaciones de pulgones.

II.2.1.- Localización y periodo del ensayo.

El ensayo se llevó a cabo en un campo comercial situado en Almacelles, entre el 25 de agosto al 4 de octubre de 1995.

II.2.2.- Material vegetal.

El campo donde se llevó a cabo el ensayo estaba sembrado con la variedad JUANITA (Pioneer).

En el momento de comenzar el ensayo, el estado fenológico de la planta era de polinización, que corresponde al estado 9.1 en la escala Hanway (1966).

II.2.3.- Diseño experimental.

II.2.3.1.- Tipo de diseño.

Se pretendía crear una área en la que las poblaciones de pulgones pudiesen desarrollarse en ausencia de enemigos naturales.

Para ello se realizó un tratamiento con un insecticida de poca persistencia que eliminase las poblaciones de enemigos naturales y de pulgones. Una vez alcanzada esta situación de ausencia de pulgones y enemigos naturales, las poblaciones de pulgones recolonizarían las parcelas tratadas sin el efecto regulador de los enemigos naturales, cuya recolonización se supone más lenta.

El momento en que el tratamiento fue realizado (finales de agosto) corresponde con el inicio del segundo pico de las poblaciones de pulgones, lo que aseguraba una recolonización de los pulgones.

De este modo se puede valorar el efecto de los enemigos naturales sobre las poblaciones de pulgones, al obtener un área en la que, temporalmente, las poblaciones de pulgones se desarrollan sin la presencia de enemigos naturales.

II.2.3.2.- Descripción del factor y tratamientos.

El factor era el tratamiento insecticida, y presentaba dos niveles:

- Fenvalerato 15%. (Sumicidin 15®, C.Q. Massó). La dosis de aplicación fue a razón de 50 cc disueltos en 50 l de agua por parcela.

- Testigo sin tratar.

II.2.3.3.- Medida y forma de las parcelas.

Las parcelas, de área rectangular, medían 11,2 x 15 m, lo que suponía 16 filas de plantas de ancho por 15 m de largo.

En total se dispuso de 6 parcelas tratadas y 4 parcelas testigo sin tratar, estas últimas estaban intercaladas entre las tratadas.

II.2.3.4.- Tratamiento insecticida.

El tratamiento se efectúo el 25 de agosto de 1994, para llevarlo a cabo se situaba una atomizadora en el camino a la altura del centro de la parcela a tratar. Dos personas con sendas mangueras de 15 m se introducían en la parcela, recorriendo entre ambos todas las filas y dirigiendo el tratamiento a toda la planta.

El tiempo invertido en cada parcela supuso unos 20 minutos.

II.2.4.- Toma de datos.

II.2.4.1.- Modo de realizar los muestreos.

Para el seguimiento de las poblaciones de pulgones y de sus enemigos naturales, se muestrearon visualmente 10 plantas por parcela y se colocó una trampa de gravedad por parcela.

Tanto el patrón de muestreo visual, como el de las trampas de gravedad fueron similares a los descritos en el Capítulo I "Afidofauna y enemigos naturales".

II.2.4.2.- Período y periodicidad de los muestreos.

Se realizaron 7 muestreos, uno el día anterior al tratamiento y 6 muestreos, los días 4, 7, 14, 22, 32 y 40 tras el tratamiento.

El mismo día en que se realizaba el muestreo, se cambiaban las trampas de gravedad.

II.2.5.- Evaluación del impacto de los depredadores sobre las poblaciones de pulgones.

II.2.5.1.- Prueba t-student.

Mediante esta prueba se comprobó si el tratamiento insecticida había conseguido que se cumpliese la hipótesis de trabajo de la que se debía partir, es decir, eliminación de las poblaciones de depredadores y pulgones en las parcelas tratadas en el primer muestreo tras el tratamiento, y posteriormente un aumento estadísticamente significativo de las poblaciones de pulgones y una densidad de depredadores significativamente inferior en las parcelas tratadas frente a las no tratadas.

Los análisis se realizaron por muestreos, analizando las variables, total de pulgones, total de depredadores muestreados visualmente y capturados en trampas de gravedad.

II.2.5.2.- Cálculo del impacto de los enemigos naturales sobre las poblaciones de pulgones.

Este análisis se basa en que las poblaciones de pulgones en las parcelas testigo (no tratadas) evolucionarían con la misma tasa de crecimiento que las parcelas tratadas, si no soportasen el impacto de los enemigos naturales.

Se utilizó un modelo desarrollado por inicialmente por Bombosch (1963) y perfeccionado por Tamaki *et al.* (1974) y Wyatt (1983). Este modelo ya ha sido usado por van Emden (1986), Chambers & Adams (1986) y Horper *et al.* (1995) y que considera que:

- La población en las parcelas testigo, en el supuesto de no estar sometidas a la presión de los enemigos naturales sería equivalente a la población observada

multiplicada por la tasa de crecimiento diaria de las parcelas no tratadas. Estando definida la tasa de crecimiento diaria de la siguiente manera:

$$r=(N_t/N_{t-1})^{1/(t-(t-1))}$$

- La diferencia entre la población observada y la calculada indicaría la cantidad de pulgones que los enemigos naturales habrían eliminado entre muestreos.
- El valor obtenido de esta diferencia sobrestima la mortalidad causada por los enemigos naturales, ya que los pulgones adultos eliminados también suponen la eliminación de su posible descendencia. Para corregir este problema se simulan los cambios diarios en la población de pulgones, de modo que la mortalidad entre muestreos se considera constante cada día, y la mitad de la mortalidad diaria sucede antes de la reproducción y la otra mitad tras la reproducción.

II.3.- Evaluación de la correlación de las dinámicas de pulgones y depredadores.

II.3.1.- Introducción.

Mediante un análisis de componentes principales y tomando los datos de aquellos campos que han sido descritos y utilizados para el Capítulo I "Afidofauna y sus enemigos naturales" y que se consideran como campos representativos del cultivo del maíz en la zona de estudio, se pretendió constatar si las dinámicas de los pulgones y de los depredadores presentan alguna relación que pudiese servir para demostrar el efecto de algún o algunos depredadores sobre la dinámica de los pulgones.

II.3.2.- Modelo matemático.

Para elegir que variables se usan en el análisis de componentes principales, se recurrió a un modelo de dos ecuaciones de Lotka-Volterra sin término cuadrático de autolimitación de las presas y de aceleración de la mortalidad de los depredadores.

Este modelo está basado en una serie de hipótesis:

- Cada una de las dos poblaciones depende exclusivamente de la otra para su regulación.
- Si los pulgones no sufriesen el efecto de los depredadores, presentarían un crecimiento exponencial con una tasa de reproducción a_1.
- En ausencia de pulgones, los depredadores desaparecerían exponencialmente con una tasa de desaparición a_2 que correspondería a su tasa de mortalidad.
- Se supone que en un intervalo de tiempo t lo suficientemente pequeño, el número de encuentros entre las dos poblaciones es proporcional al producto de los efectivos de las poblaciones multiplicado por el tiempo considerado. Estos $k \cdot y_1 \cdot y_2 \cdot t$ encuentros supondrían la muerte de $b_1 \cdot y_1 \cdot y_2$ pulgones por depredación y el nacimiento de $b_2 \cdot y_1 \cdot y_2$ depredadores por el consumo de pulgones. Siendo y_1 la media poblacional de pulgones y y_2 la de depredadores.

El modelo estaría expresado así:

$$dy_1/dt = a_1 \cdot y_1 - b_1 \cdot y_1 \cdot y_2$$

$$dy_2/dt = - a_2 \cdot y_2 + b_2 \cdot y_1 \cdot y_2$$

Este modelo, junto con su hipótesis, ha sido usado por Lardoux (1991) con el fin de analizar la correlación entre las dinámicas de las especies de pulgones más abundantes y sus enemigos naturales en campos de trigo de la Bretaña francesa, sin embargo el modelo puede ser mejorado mediante una variación (Pierre, comunicación personal), consistente en dividir por la media poblacional en cada una de las ecuaciones, obteniendo así la tasa de crecimiento relativo de la población y quedando las siguientes ecuaciones lineales:

$$dy_1/dt \cdot y_1 = a_1 - b_1 \cdot y_2$$

$$dy_2/dt \cdot y_2 = - a_2 + b_2 \cdot y_1$$

II.3.3.- Variables a introducir en el análisis.

II.3.3.1.- Análisis general.

Las variables que se introdujeron en el análisis fueron, el número de individuos por planta y sus tasas de crecimiento relativo de *R. padi*, *S. avenae*, *M. dirhodum* y el total de pulgones. Por parte de los depredadores el número de individuos por planta y sus tasas de crecimiento relativo de antocóridos, *N. provencallis*, individuos Bembidiini, coccinélidos, arañas y el total de depredadores.

La tasa de crecimiento relativo de la población para el muestreo i viene definida de la siguiente forma:

$$r_i = \frac{(N_{i-1} - N_i) + (N_i - N_{i-1})}{(t_{i-1}) - (t_{i+1})}$$

Se eligieron las especies más abundantes y presentes en todos los campos, despreciando para el análisis las que no aparecían en todos. Tampoco se introdujeron ni las especies capturadas en las trampas de gravedad, ni los parasitoides contabilizados mediante los muestreos visuales, por la problemática propia de las trampas de gravedad y de la contabilización de momias respectivamente, tal y como se expone en el capítulo I "Afidofauna y sus enemigos naturales".

Se analizó el conjunto de campos, y posteriormente los análisis se hicieron por localidad, por localidad y año, y por campos individuales.

II.3.3.2.- Análisis para el caso particular de *A. aphidimyza*.

Se realizó este análisis para esta especie en concreto, debido a que su presencia solamente era advertida en algunos campos de maíz que soportaban una gran infestación de pulgones, y pasadas unas semanas las poblaciones de pulgones quedaban ampliamente diezmadas, lo que hacía suponer que sus dinámicas podían estar correlacionadas.

Para este análisis se eligieron los tres campos en los que se registró la presencia de este cecidómido, dos en Almacelles en el año 1994 y uno en Almenar en el año 1995.

Las variables consideradas en este análisis fueron los individuos por planta y sus tasas de crecimiento relativo de *R. padi*, *S. avenae*, *M. dirhodum*, el total de pulgones y *A. aphidimyza*.