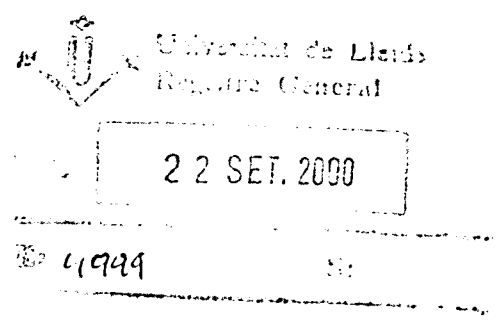
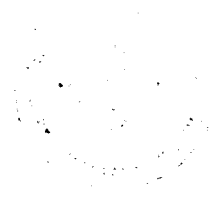


# UNIVERSITAT DE LLEIDA E.T.S. D'ENGINYERIA AGRARIA



## ECOLOGÍA Y CONTROL DE LOS PULGONES DEL MAÍZ

**LUIS ASÍN JONES**



La figura V.5 representa, en base a las 2 primeras componentes principales, las poblaciones de *R. padi*, *S. avenae*, *M. dirhodum* y el total de pulgones, y para los adultos alados de las tres especies en el periodo I.

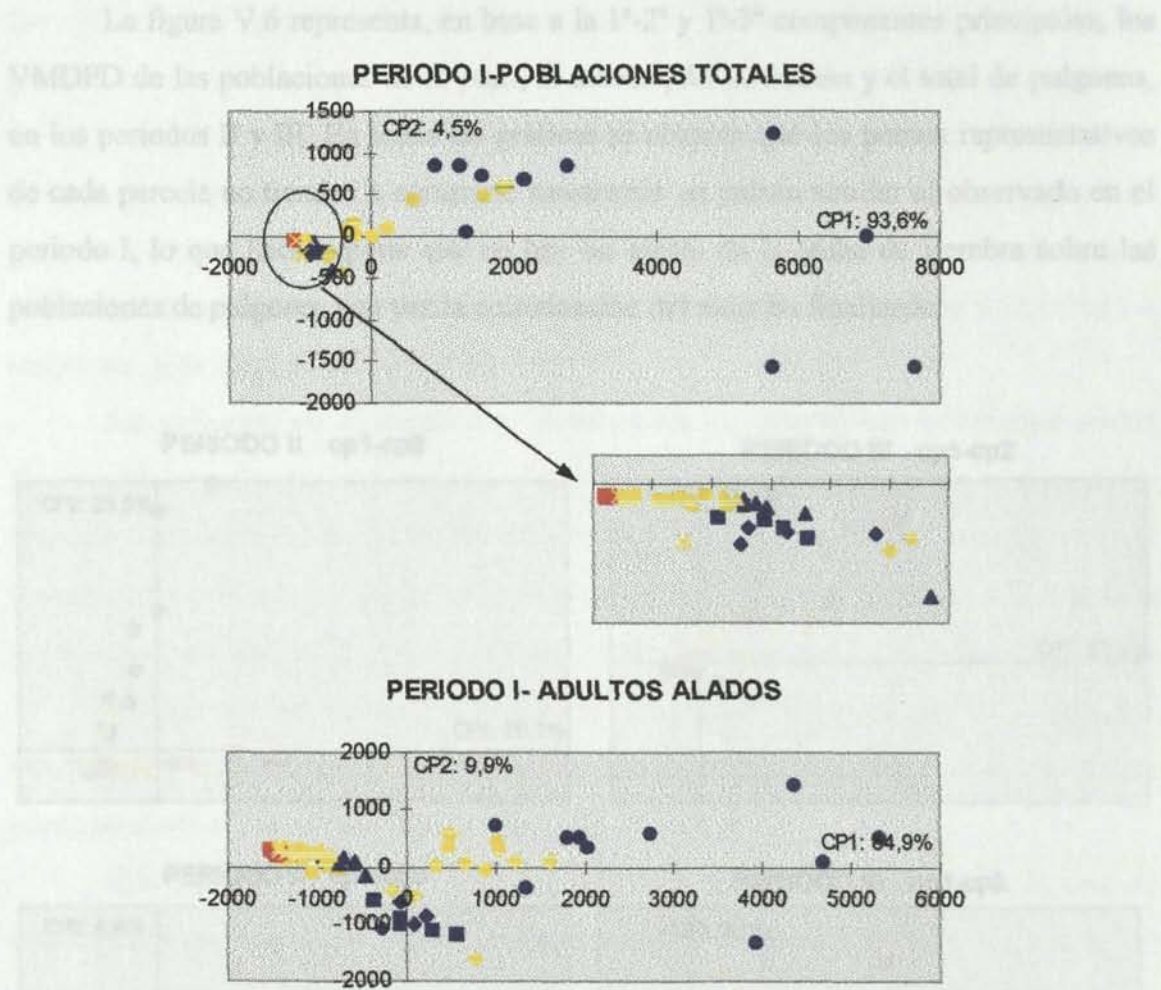


Figura V.5.- Análisis de componentes principales en el periodo I, para las poblaciones de *R. padi*, *S. avenae*, *M. dirhodum* y el total de pulgones, y para adultos alados de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum*.

e: Almenar a: Almacelles.

- e-93-s1 ▲ e-94-s1 ● e-95-s1 ◆ a-93-s1
- e-93-s2 ▲ e-94-s2 ● e-95-s2 ◆ a-93-s2 ▤ a-94-s2
- e-93-s3 ▲ e-94-s3

Figura V.6.- Análisis de componentes principales en el periodo II y III en base a las componentes principales 1-2 y 1-3, para las poblaciones de *R. padi*, *S. avenae*, *M. dirhodum* y el total de pulgones.

Se advierte en los dos análisis que los tres tipos de siembra están agrupados, presentando las siembras tempranas (S1) unos niveles poblacionales de pulgones superiores a las siembras intermedias (S2) y éstas, a su vez, unas densidades mayores respecto a siembra tardías (S3).

Así pues, existe un efecto de la fecha de siembra sobre las poblaciones de pulgones y los adultos alados en el periodo I, cuyos niveles poblacionales serán superiores cuanto más temprana sea la siembra.

La figura V.6 representa, en base a la 1ª-2ª y 1ª-3ª componentes principales, los VMDPD de las poblaciones de *R. padi*, *S. avenae*, *M. dirhodum* y el total de pulgones, en los periodos II y III. En todas las gráficas se observa que los puntos representativos de cada parcela no tienden a agruparse mostrando un patrón similar al observado en el periodo I, lo que hace suponer que no hay un efecto de la fecha de siembra sobre las poblaciones de pulgones una vez la colonización del maíz ha finalizado.

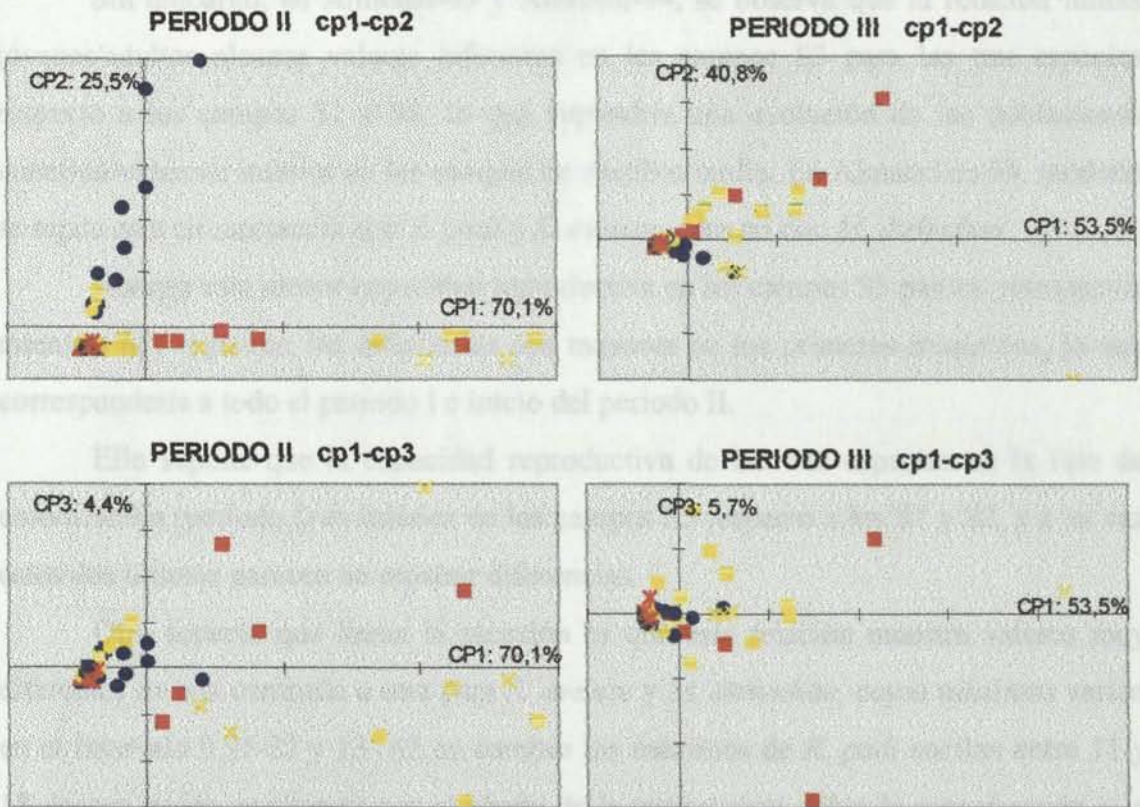


Figura V.6.- Representación del análisis de componentes principales en el periodo II y III en base a las componentes principales 1-2 y 1-3, para las poblaciones de *R. padi*, *S. avenae*, *M. dirhodum* y el total de pulgones.

e: Almenar a: Almacelles.

- e-93-s1    ▲ e-94-s1    ● e-95-s1    ◆ a-93-s1
- e-93-s2    ▲ e-94-s2    ● e-95-s2    ◆ a-93-s2    ✕ a-94-s2
- e-93-s3    ▲ e-94-s3    ✕ a-94-s3



La evolución de la relación ninfas jóvenes/adultos de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* aparece representada en las figuras V.7, V.8 y V.9. Aunque es evidente que dicha relación no define exactamente la tasa reproductiva de una especie, sí que puede dar alguna pista sobre la influencia de la fecha de siembra sobre la evolución de sus poblaciones.

La evolución de la relación adultos/ninfas jóvenes de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* en los campos S1 y S2, y para todos los ambientes, describen una curva con cierta similitud ambiente por ambiente; de hecho no se observa una superioridad continuada ni para los campos S1, ni para los S2 a lo largo de la campaña y en todos los ambientes para ninguna de las tres especies.

Sin embargo, en Almenar-93 y Almenar-94, se observa que la relación ninfas jóvenes/adultos alcanza valores inferiores en los campos S3 para las tres especies respecto a los campos S1 y S2; lo que supondría una evolución de las poblaciones cuantitativamente inferior en los campos de siembra tardía. En Almacelles-94, también se repite esta circunstancia con *R. padi* y *S. avenae*, pero no con *M. dirhodum*.

Aunque esta menor capacidad reproductiva en los campos S3 parece permanecer mientras hay registros, las diferencias son mayores en los primeros muestreos, lo que correspondería a todo el periodo I e inicio del periodo II.

Ello supone que la capacidad reproductiva de las tres especies en la fase de colonización (periodo I) es inferior en los campos S3 respecto a los S1 y S2, y a su vez estos dos últimos parecen no mostrar diferencias.

Otro aspecto que llama la atención es que esta relación muestra valores muy diferentes de una campaña a otra para *S. avenae* y *M. dirhodum*, cuyos máximos varían en el intervalo 0,95-22 y 13- 42 en cambio los máximos de *R. padi* oscilan entre 11 y 18, lo que podría explicarse por el efecto de la temperatura sobre la reproducción y la mortalidad ninfal de las tres especies, ya que *S. avenae* y *M. dirhodum* son más sensibles a los aumentos de temperaturas que *R. padi*, tal y como se describió en el Capítulo III "Efecto de la temperatura sobre el desarrollo y reproducción de los pulgones".

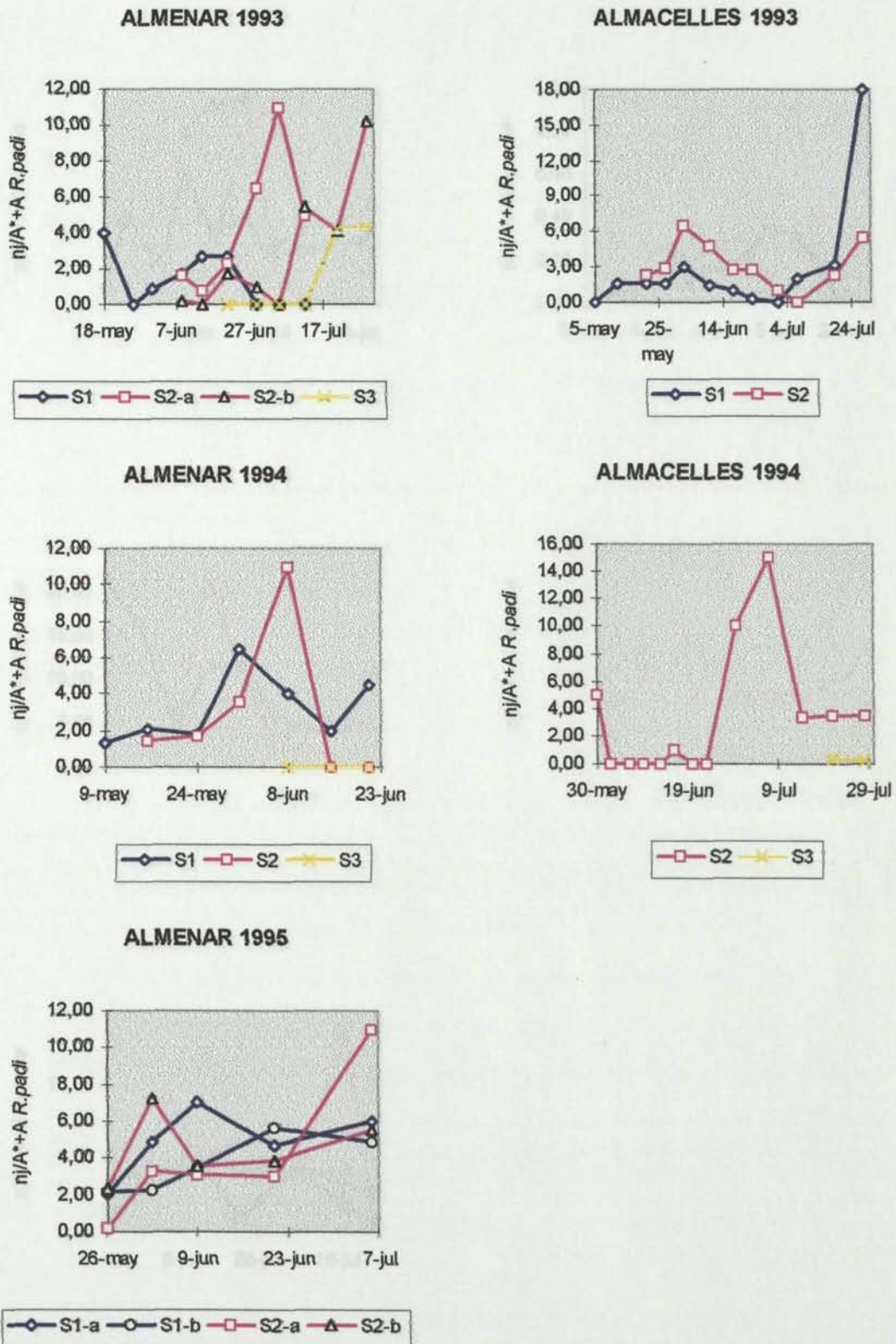


Figura V.7.- Evolución de la relación  $n_j/A+A^*$  de *R. padi* en campos con diferente fecha de siembra de los ambientes Almenar-93, Almenar-94, Almenar-95, Almacelles-93 y Almacelles-94.

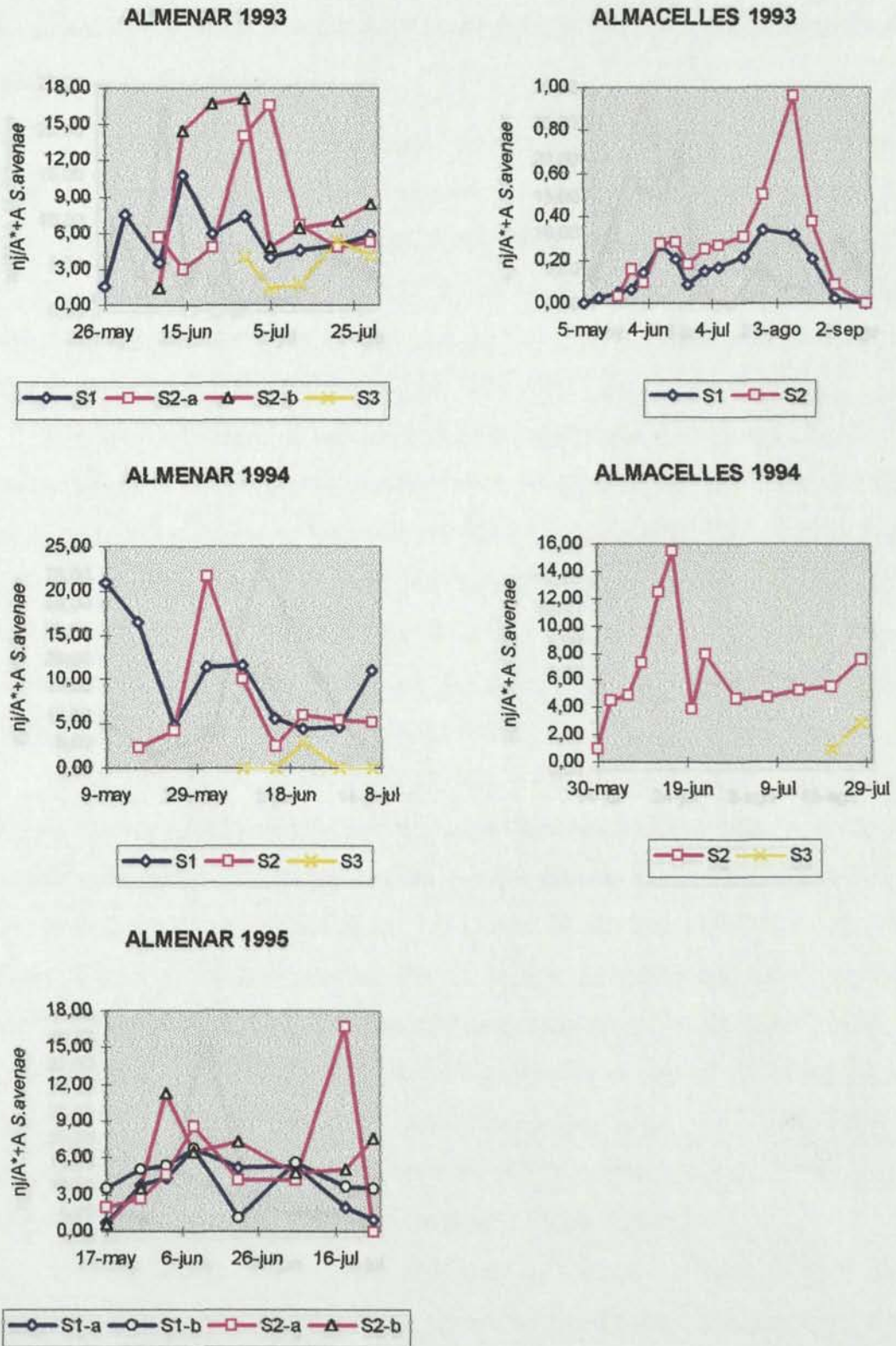


Figura V.8.- Evolución de la relación  $n_j/A+A^*$  de *S. avenae* en campos con diferente fecha de siembra de los ambientes Almenar-93, Almenar-94, Almenar-95, Almacelles-93 y Almacelles-94.



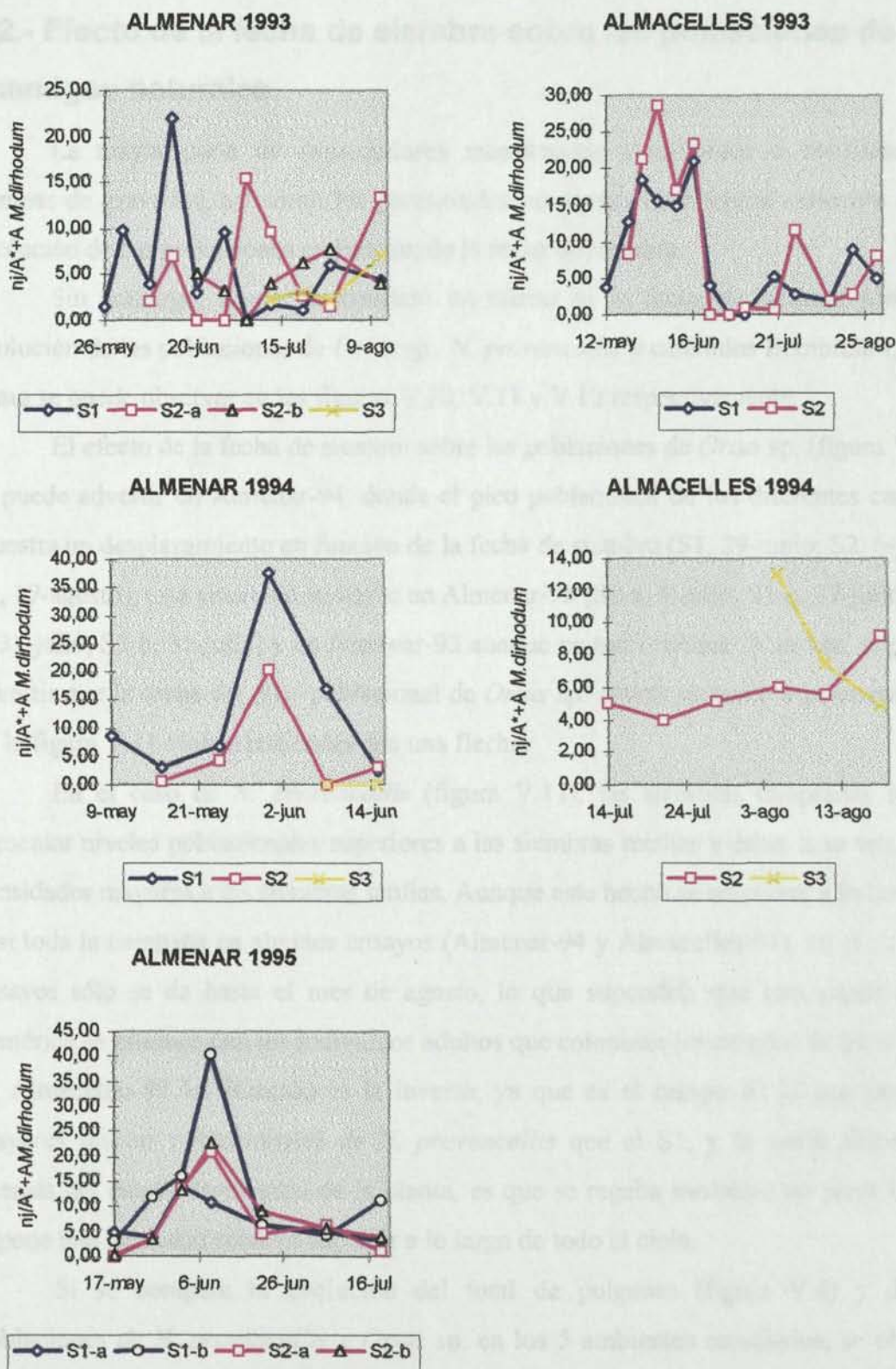


Figura V.9.- Evolución de la relación  $nj/A+A^*$  de *M. dirhodum* en campos con diferente fecha de siembra de los ambientes Almenar-93, Almenar-94, Almenar-95, Almacelles-93 y Almacelles-94.

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

La mayor parte de depredadores muestreados visualmente o mediante las trampas de gravedad, así como los parasitoides no mostraron ninguna variación en la evolución de sus poblaciones en función de la fecha de siembra.

Sin embargo, sí que se constató un efecto de la fecha de siembra sobre la evolución de las poblaciones de *Orius* sp., *N. provencallis* y carábidos Bembidiini, tal y como se puede observar en las figuras V.10, V.11 y V.12 respectivamente.

El efecto de la fecha de siembra sobre las poblaciones de *Orius* sp. (figura V.10) se puede advertir en Almenar-94, donde el pico poblacional de los diferentes campos muestra un desplazamiento en función de la fecha de siembra (S1, 29-junio; S2, 6-julio; S3, 17-agosto); esta situación se repite en Almenar-95 (S1-a, 4-julio; S1-b, 17-julio; S2-a, 31-julio; S2-b, 31-julio) y en Almenar-93 aunque no tan evidente. A su vez, se puede advertir que la fecha del pico poblacional de *Orius* sp. ocurre en torno a la antesis que en la figura V.11 vienen indicadas con una flecha.

En el caso de *N. provencallis* (figura V.11), las siembras tempranas suelen presentar niveles poblacionales superiores a las siembras medias y éstas, a su vez, unas densidades mayores a las siembras tardías. Aunque este hecho se mantiene a lo largo de casi toda la campaña en algunos ensayos (Almenar-94 y Almacelles-94), en el resto de ensayos sólo se da hasta el mes de agosto, lo que supondría que esta superioridad numérica se produce con los individuos adultos que colonizan los campos de maíz. Sólo en Almacelles-93 la situación es la inversa, ya que es el campo S2 el que presenta mayores niveles poblacionales de *N. provencallis* que el S1, y la única diferencia, además del estado fenológico de la planta, es que se regaba mediante un pivot lo que supone una humedad relativa superior a lo largo de todo el ciclo.

Si se compara la evolución del total de pulgones (figura V.4) y de las poblaciones de *N. provencallis* y *Orius* sp. en los 5 ambientes estudiados, se observa que en cada muestreo de un mismo ambiente los campos que presentan mayores poblaciones de pulgones, generalmente también presentan los niveles más altos de ambos heterópteros.



Los carábidos pertenecientes a la tribu Bembidiini solo estuvieron presentes en las primeras semanas de cultivo (mayo-primer quincena de julio) tal y como se describió en el Capítulo I (Afidofauna y enemigos naturales), de modo que en los campos S3 en los que las plántulas emergen a principios de julio apenas se contabilizó la presencia de este grupo de carábidos en las trampas de gravedad o en los muestreos visuales, lo cual es muy evidente en Almenar-94 y sobre todo en Almacelles-94 (Fig. V.12).

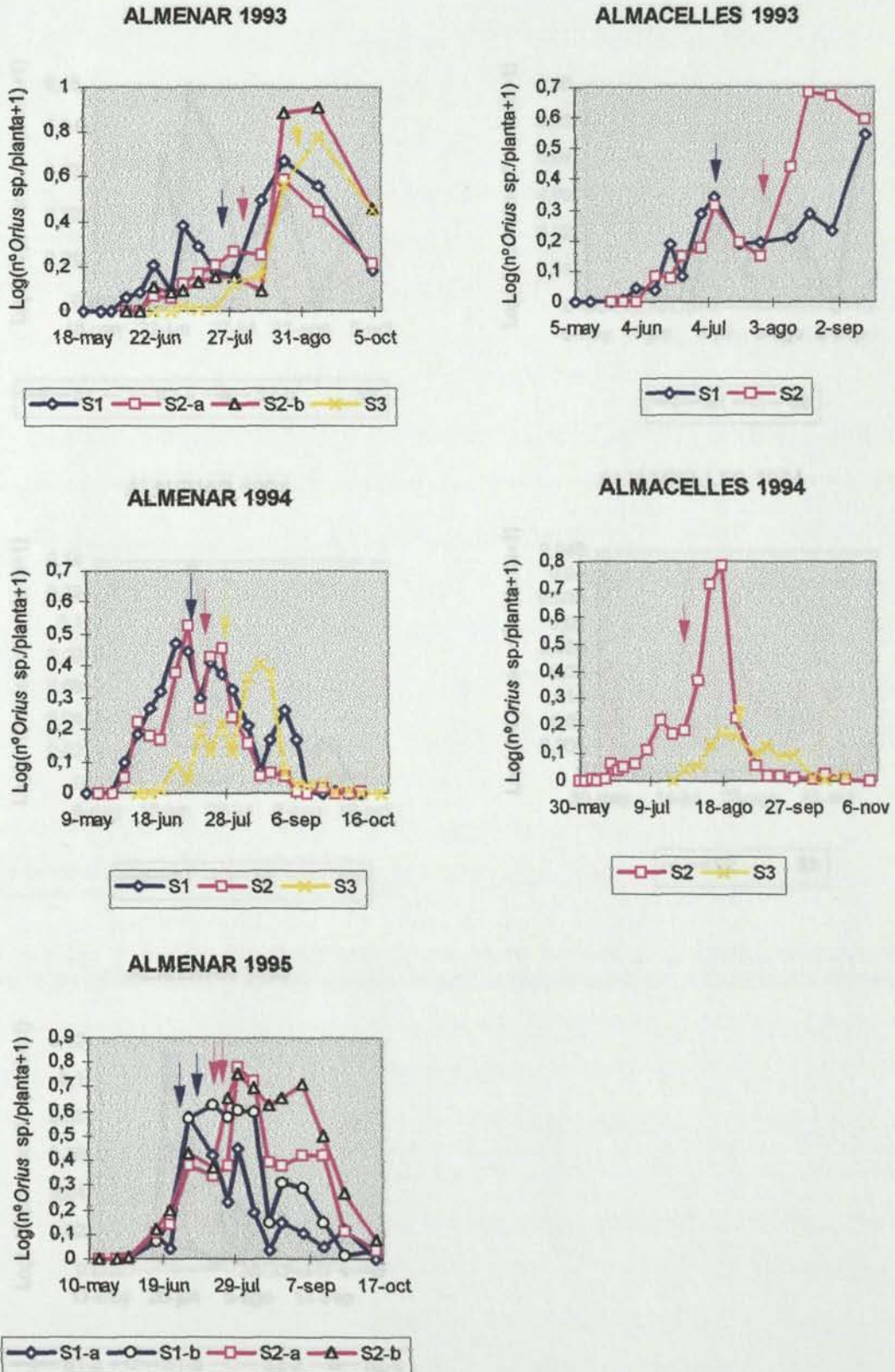


Figura V.10.-Evolución de las poblaciones de *Orius* sp. en campos de diferente fecha de siembra de los ambientes Almenar-93, Almenar-94, Almenar-95, Almacelles-93 y Almacelles-94. Las flechas indican la fecha de antesis del cultivo.

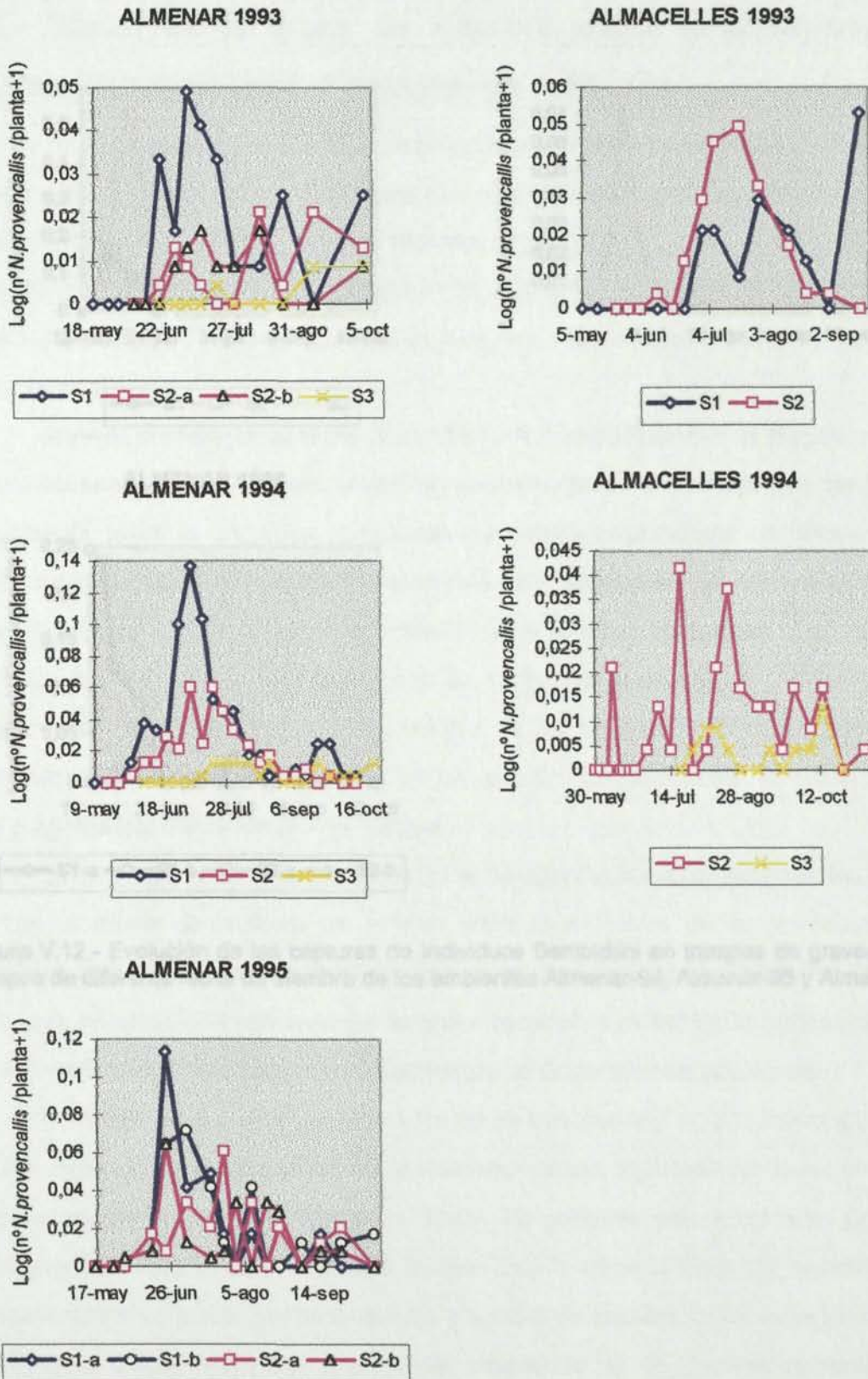


Figura V.11.-Evolución de las poblaciones de *N. provencallis* en campos de diferente fecha de siembra de los ambientes Almenar-93, Almenar-94, Almenar-95, Almacelles-93 y Almacelles-94.



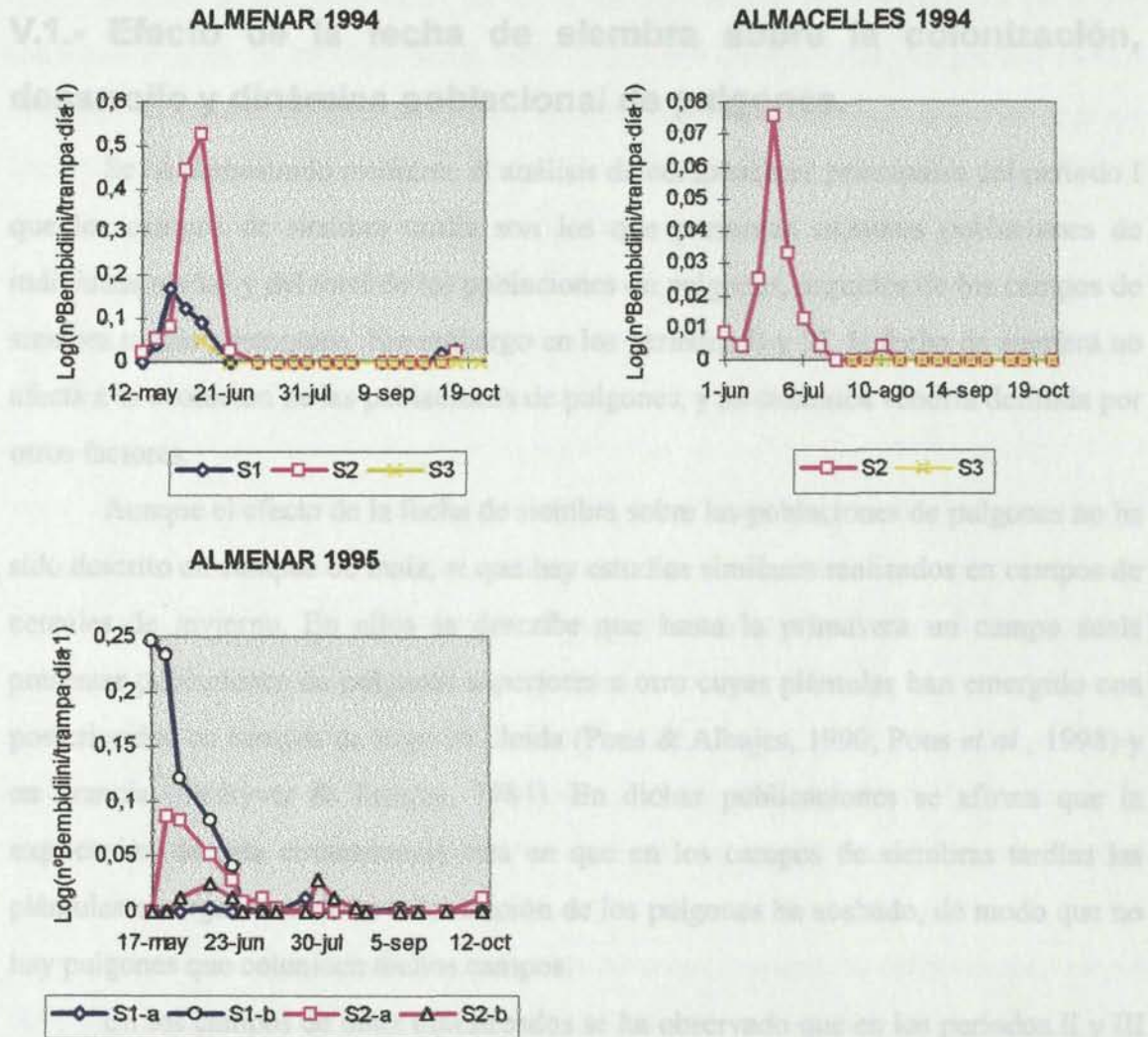


Figura V.12.- Evolución de las capturas de individuos Bemidiini en trampas de gravedad en campos de diferente fecha de siembra de los ambientes Almenar-94, Almenar-95 y Almacelles-94.

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

Se ha demostrado mediante el análisis de componentes principales del periodo I que los campos de siembra tardía son los que presentan menores poblaciones de individuos alados y del total de las poblaciones de pulgones, seguidos de los campos de siembra media y temprana. Sin embargo en los periodos II y III, la fecha de siembra no afecta a la evolución de las poblaciones de pulgones, y su dinámica vendría definida por otros factores.

Aunque el efecto de la fecha de siembra sobre las poblaciones de pulgones no ha sido descrito en campos de maíz, si que hay estudios similares realizados en campos de cereales de invierno. En ellos se describe que hasta la primavera un campo suele presentar poblaciones de pulgones superiores a otro cuyas plántulas han emergido con posterioridad en campos de trigo en Lleida (Pons & Albajes, 1990; Pons *et al.*, 1998) y en Francia (Dedryver & Tanguy, 1984). En dichas publicaciones se afirma que la explicación de esta circunstancia está en que en los campos de siembras tardías las plántulas emergen cuando la colonización de los pulgones ha acabado, de modo que no hay pulgones que colonicen dichos campos.

En los campos de maíz muestreados se ha observado que en los periodos II y III no hay un efecto de la fecha de siembra sobre la evolución de las poblaciones de pulgones. Este hecho también se ha descrito en campos de trigo en Lleida; Pons (1986) y Pons & Albajes (1990) afirman que la fecha de siembra no influye significativamente en el tamaño de las poblaciones de pulgones que se desarrollan en primavera.

La causa de que en el periodo I los niveles poblacionales del total de pulgones fuesen menores cuanto más tardía era la siembra, vendría explicado por la colonización que sufren los tres tipos de siembras. Todas las parcelas son colonizadas desde la emergencia de las plántulas, pero sólo las parcelas de siembra temprana soportan toda el vuelo de los pulgones, mientras que las plántulas de siembra tardía emergen cuando el vuelo de colonización está finalizando; situándose las de siembra media en una posición intermedia.

Aunque en esta tesis no se ha hecho un seguimiento del vuelo de los pulgones mediante trampas de succión, desde 1995 hasta 1999 (Jauset *et al.*, en prensa) se han colocado trampas de succión en la zona de estudio y se ha observado que a lo largo de los 5 años el pico en el vuelo de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* se sitúa entre finales de mayo y mediados de junio; lo que validaría que la causa de la diferencia en las poblaciones de pulgones en campos de diferente época de siembra fuese la fenología de la colonización o vuelo de las tres especies de pulgones, que permitiría a los campos de siembra media y tardía escapar parcialmente a la colonización.

Hay dos hechos que llaman la atención, tanto la relación ninfas jóvenes/adultos como el número de adultos alados para una misma fecha eran inferiores cuanto más tardía era la siembra. En definitiva, un campo que sea sembrado con posterioridad a otro presentará en una misma fecha una población inferior de adultos alados y a su vez dichos adultos tendrán una capacidad reproductiva menor. Varias hipótesis no excluyentes podrían explicar estas particularidades la localización de la planta en la fase de vuelo del adulto alado, la variación en la concentración de metabolitos secundarios y el microclima.

En primer lugar, supondría que los pulgones son capaces de colonizar con mayor facilidad las plantas de maíz de estado fenológico más avanzado o que tendrían dificultad en colonizar campos con plantas de maíz más jóvenes, de hecho Klingauf (1988) afirma que las plántulas de poco desarrollo pueden ser poco atractivas para los pulgones alados. El pulgón es atraído inicialmente por la luz reflejada desde la cubierta vegetal (Kennedy & Fosbrooke, 1973), y posteriormente por la luz reflejada por el suelo y el contraste con las plantas (Klingauf, 1988); este patrón de colonización explicaría que un pulgón estuviese “más atraído” o viese más fácilmente las plantas de un estado fenológico más avanzado al reflejar estas una mayor cantidad de luz. Además, un suelo sin cubierta vegetal muestra un flujo de aire ascendente superior a otro con cubierta, lo que supondría una dificultad añadida para los pulgones a la hora de descender. Obviamente esta dificultad no supone un impedimento insalvable para los pulgones alados, pero ante una dificultad provocada por una corriente ascendente es obvio que el



pulgón sea “arrastrado” o “atraído” hacia aquel campo que no le ofrece tanta resistencia para descender y que además puede localizar más fácilmente desde el aire.

En segundo lugar el posible efecto de la planta sobre los individuos alados y sobre la capacidad reproductiva, varios tipos de metabolitos secundarios han sido implicados en la resistencia natural de plantas a pulgones, entre ellos destacan los alcaloides, los compuestos fenólicos y los ácidos hidroxámicos (Mayoral, 1995). Los estudios que hacen referencia al efecto de alguna de estas sustancias disminuyendo la supervivencia, la reproducción y/o el desarrollo de los pulgones son numerosas (Corcuera *et al.*, 1982; Thackray *et al.*, 1990; Givovich *et al.*, 1992; Mayoral, 1995). Esta hipótesis sería válida mientras el efecto de antibiosis fuese superior en plantas con un estado fenológico menos avanzado, circunstancia esta citada por Di Pietro & Dedryver (1986) para la tasa de crecimiento diario de *S. avenae* alimentado sobre trigo, por Kieckhefer & Gellner (1988) para la fecundidad de *R. padi* y *R. maidis* en maíz y por Hernández (1998) para la mortalidad ninfal de *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum* en maíz.

Por último la diferencia en el microclima en función de la fecha de siembra vendría marcado por una mayor temperatura en campos de menor estado fenológico debido a una mayor radiación y a un menor sombreado. Este aumento en la temperatura podría provocar una mayor mortalidad en los pulgones alados y una reducción de su capacidad reproductiva.

Concluyendo, la fecha de siembra afecta a las poblaciones de pulgones de tres maneras, en primer lugar por la fecha de emergencia de las plántulas, de modo que aquellos campos que emerjan tardíamente pueden llegar a escapar parcialmente del vuelo de los pulgones.

En segundo lugar, la altura de la planta crea un microclima diferenciado en cada campo, cuanto más joven o baja sea una planta, la temperatura ambiente y las corrientes de aire ascendentes serán mayores respecto a otro campo con un estado fenológico más adelantado, lo que podría suponer un efecto negativo sobre la colonización y posterior desarrollo de las poblaciones de pulgones.

Por último, puede existir un efecto de antibiosis en función del estado fenológico de la planta sobre las poblaciones de pulgones.

En base a estas circunstancias se podría plantear como práctica cultural para controlar las poblaciones de pulgones el retrasar las siembras, ya que suponen un menor nivel de las poblaciones de pulgones en el periodo I.

Desde el punto de vista del control de los virus más importantes transmitidos por los pulgones del maíz (MDMV y BYDV), se debe tener en cuenta que la fecha de siembra, y en consecuencia, la fecha de emergencia de un cultivo en relación con la fenología del vuelo de los pulgones influye en la cantidad de transmisión de virus (Carter & Harrington, 1991), por lo que se podría plantear el manejo de la fecha de siembra como una posible práctica cultural que redujese los efectos producidos por las virosis. No obstante hay dos motivos que hacen pensar que esta práctica no sea definitiva, en primer lugar el maíz es colonizado en todos los casos desde la emergencia de las plántulas y en segundo lugar los daños producidos por la transmisión de cualquier virus pueden ser producidos con densidades reducidas de pulgones (van Lenteren, 1990), por lo que a pesar de que las siembras tardías supongan una reducción en la colonización de los pulgones alados, es posible que no se logre reducir la transmisión de virus.

Tan sólo podría tener alguna posibilidad si se sembrase una vez concluido el periodo I, por contra dicha medida conllevaría dos problemas, una disminución en la producción y un retraso en la cosecha, tal y como se puede constatar en la mayoría de los campos muestreados (Tabla V.2), lo que significa posibles problemas en caso de sembrar cultivos de invierno tras la cosecha del maíz; todo ello imposibilita plantear siembras extratardías de maíz como métodos viables. En base a las condiciones climáticas de Lleida, hay que tener en cuenta que los ciclos de maíz que más se adecúan son los 700 y 800, por lo que “forzar” el maíz con siembras tardías o ciclos inferiores es posible que se provoque una disminución en el rendimiento del cultivo.

Por otro lado, Pons & Albajes (1986) opinan que las siembras tempranas podrían disminuir la incidencia del MDMV en Lleida al coincidir los máximos poblacionales de los pulgones en junio con estados fenológicos del cultivo más avanzados; aunque podría

tratarse de una medida interesante hay que tener en cuenta que las siembras tempranas también son colonizadas desde la emergencia del cultivo y que soportan poblaciones superiores a los campos de siembras posteriores en los estados fenológicos más sensibles al efecto del MDMV, lo que mantiene alguna duda sobre la idoneidad de esta medida cultural. Estas dudas también se corroboran con referencias que demuestran un mayor porcentaje de plantas enanas y raquíticas, y menores producciones en siembras tardías en maíz (Puertas, 1986), frente a Tosic *et al.* (1977) que demuestra una menor incidencia del MDMV en siembras tardías de sorgo en Italia.

Haciendo referencia al BYDV, el maíz constituye un reservorio importante del BYDV durante el verano (Comas, 1991), por lo que siembras extratardías que escapasen de la colonización del periodo I podrían provocar que el maíz no fuese un reservorio de dicho virus en beneficio de los cereales de invierno, sin embargo esta medida no parece viable por los mismos motivos expuestos en el caso del MDMV y por otras dos causas, en primer lugar porque dicha medida debería ser generalizada para todos los campos y en segundo lugar porque hay gramíneas espontáneas que también actúan como reservorio del BYDV, lo que conllevaría una disminución de las fuentes del inóculo, pero no una eliminación.

Todo ello hace que el manejo de la fecha de siembra no parezca ser una solución efectiva en el control de los virus transmitidos por los pulgones, al no poder evitar la colonización de los individuos alados, lo que fue sugerido por Albajes *et al.* (1985) que afirmaban que la época de siembra no permite escapar de los pulgones, tanto si se retrasa como si se adelanta. Sin embargo, en relación al control de los pulgones, a pesar de que las siembras tardías suponen densidades poblacionales inferiores, no se considera una buena opción debido a la disminución en el rendimiento. Esta situación muestra un paralelismo con los cereales de invierno, ya que siembras tardías en otoño consiguen menores poblaciones de pulgones y/o de plantas infestadas por BYDV (Plumb, 1977; McGrath & Bale, 1990; Pons & Albajes, 1990; Pons *et al.*, 1998), pero a su vez una disminución en el rendimiento (McGrath & Bale, 1990; Mann *et al.*, 1997) provocado por una reducción en el ciclo del cultivo (Selman, 1980; Jenkyn & Plumb, 1983), aunque este descenso en el rendimiento no se puede generalizar, al no



manifestarse en variedades de trigo duro de origen mexicano, que son las más empleadas en el Mediterráneo (Pons *et al.*, 1998).

## **V.2.- Efecto de la fecha de siembra sobre las poblaciones de los depredadores.**

La mayor parte de enemigos naturales epigeos no se ven influenciados por el factor fecha de siembra, una circunstancia similar es citada por Dedryver & Tanguy (1984) en trigo, que no constatan un efecto de la fecha de siembra sobre las poblaciones de himenópteros parásitos.

Si embargo, *N. provencallis* es más abundante en las parcelas de siembra temprana en la fase de colonización de este heteróptero, posteriormente esta superioridad no manifiesta siempre continuidad. La humedad es un elemento clave en el género *Nabis* sp., cuyos individuos son capaces de no colonizar un campo de trigo, si presenta un densidad de plantas baja, lo que supone una humedad reducida (Basedow & Rzehak, 1988). Lo que reafirman Penth (1952) y Basedow (1996) al considerar respectivamente a *Nabis pseudoforus* Rem. y *Nabis ferus* L. especies hidrófilas. Puesto que la humedad relativa está directamente relacionada con la cubierta vegetal y que el género Nabidae muestra un comportamiento hidrófilo, podría ocurrir que *N. provencallis* colonizase en mayor grado aquellos campos cuyo estado fenológico fuese más avanzado, lo que supone un mayor grado de humedad. Esta hipótesis se vería reforzada ante la situación de Almacelles-93, donde el campo S2 era regado con un pivot y el S1 a manta, lo que supone una mayor humedad relativa en el campo S2, y es este ambiente el único en el que la siembra tardía presenta niveles superiores de *N. provencallis*.

A este posible comportamiento hidrófilo de *N. provencallis* hay que añadir que su mayor presencia en campos de maíz se produce en aquellos campos que presentan a su vez una mayor presencia de pulgones, lo que podría suponer que en su patrón de colonización y posterior desarrollo poblacional tendría un papel clave la presencia de pulgones.

El desplazamiento de las curvas que describen las poblaciones de *Orius* sp. podría venir definido por dos elementos de la dieta de este depredador, el polen del maíz y los pulgones. A pesar de que hay especies del género *Orius* sp. que son atraídas por los extractos de los estilos de la panocha de maíz (Reid & Lampman, 1989), la evolución de los niveles poblacionales de *Orius* sp. podría venir marcada también por la densidad poblacional de los pulgones, ya que se puede observar que en general los campos suelen presentar conjuntamente las poblaciones mayores de *Orius* sp. y de pulgones.

Por lo que la colonización de campos de maíz por parte del género *Orius* sp. podría venir determinada por la amplia presencia de pulgones y/o por la proximidad de la antesis, debido a la posibilidad de que ambas elementos sean clave en la alimentación de los antocóridos encontrados en los campos de maíz de Lleida.

Así pues la colonización y posterior desarrollo poblacional de los heterópteros *N. provencallis* y *Orius* sp. podría estar marcada en parte por la presencia de pulgones, lo que supondría que niveles elevados de pulgones garantizarán niveles también elevados de ambos heterópteros.

En relación a la diferencia en las capturas de carábidos de la tribu Bembidiini, es posible que radique en el ciclo vital de estos depredadores, ya que su actividad sólo queda registrada en mayo y junio, lo que hace suponer que a partir de este periodo emigren a otros cultivos o entren en un periodo de escasa actividad; lo que explicaría su escasa presencia en campos de siembra tardía ya que las trampas fueron colocadas cuando finalizaba su actividad o emigraban a otros cultivos.

# DISCUSIÓN FINAL

## 1.- Ecología de los pulgones del maíz.

La evolución de las poblaciones, así como la estructura de edad de las principales especies de pulgones es similar a la descrita en estudios realizados anteriormente en la zona (Pons, 1986; Pons & Albajes, 1986; Pons *et al.*, 1989; Comas *et al.*, 1993; Pons *et al.*, 1994).

Pons (1986) hace referencia al papel que podían jugar la temperatura, los enemigos naturales y la calidad nutritiva de la planta en la evolución de las poblaciones de pulgones en los campos de maíz de Lleida, en esta tesis se ha podido comprobar que los dos primeros factores parecen determinar en gran medida ciertas fases de la dinámica poblacional de los pulgones del maíz, y que la calidad nutritiva de la planta, aunque no ha sido estudiada, también podría ser un elemento importante en las primeras fases del ciclo del cultivo.

A continuación se analizarán las tres fases o periodos que definen la evolución de las poblaciones de los pulgones del maíz, así como la importancia de factores bióticos y abióticos en la dinámica.

1.-*Colonización y desarrollo poblacional (Periodo I)*: La colonización del maíz por parte de los pulgones provenientes de los cereales de invierno se caracteriza por iniciarse desde el mismo momento de la nascencia de las plántulas y por finalizar a primeros de julio; en esta fase la estructura de edad está formada exclusivamente por adultos alados y ninfas de 1-2º estado ninfal.

La presencia de arañas y carábidos desde el momento de la siembra puede ser esencial, al no haber una gran diversidad de presas en los campos de maíz en las primeras semanas de esta fase, por lo que los pulgones podrían ser una pieza clave en su alimentación. Posteriormente se constata la llegada de otras especies de enemigos naturales, cuya presencia podría adquirir importancia, ya que algunas de ellas estarán presentes en la mayor parte del ciclo del cultivo.

La importancia de la temperatura aumenta según transcurren los días, al irse alcanzando valores más altos, que pueden delimitar el desarrollo de las poblaciones de



pulgonos al provocar una alta mortalidad ninfal. Aunque la temperatura registrada en las estaciones meteorológicas de la zona en esta fase no son excesivamente críticas para el desarrollo y reproducción de los pulgonos, hay que tener en cuenta que los valores que se registrarían en campo serán superiores, sobre todo en las primeras semanas del cultivo, ya que apenas hay cubierta vegetal.

Es probable que en este primer periodo la planta, y en concreto su calidad nutritiva o un efecto de antibiosis, pudiese afectar o incluso impedir el desarrollo de los pulgonos, ya que la estructura de edad está formada exclusivamente por adultos alados y ninfas jóvenes. De hecho Hernández (1998) comprobó que el efecto de la planta sobre los pulgonos es más marcado cuanto más joven es la planta.

2.- *Descenso poblacional (Periodo II)*: Desde julio hasta mediados de agosto la temperatura parece ser la que define la disminución de las poblaciones de pulgonos, disminución que en caso extremo puede llegar a la desaparición en los dos meses estivales de todas o de alguna de las especies de pulgonos del maíz.

En este periodo se registran los niveles poblacionales de enemigos naturales más altos del ciclo del cultivo, formadas básicamente por heterópteros, lo que hace suponer que puedan ser un elemento importante en la regulación de las poblaciones de pulgonos junto a la temperatura. Por contra, y en comparación con las primeras semanas del Periodo I, a lo largo del segundo periodo en los campos de maíz hay una diversidad de presas (pulgonos, trips, cicadélidos, orugas de lepidópteros, etc.) lo que podría provocar que los pulgonos no fuesen el único elemento en su dieta.

3.- *Recuperación de las poblaciones (Periodo III)*: Una vez pasadas las temperaturas extremas del verano, las poblaciones vuelven a recuperarse a partir de mediados de agosto, pudiendo llegar a alcanzar densidades superiores a las alcanzadas en la fase de colonización. En esta fase la estructura de edad presenta todas las formas de desarrollo, lo que unido a las temperaturas suaves a partir de septiembre provoca que el único factor regulador sean los enemigos naturales que no son capaces de controlar el crecimiento rápido que experimentan las poblaciones de pulgonos.

La dinámica descrita coincide en gran medida con la evolución de los pulgones más habitual en diversos cultivos según Frazer (1988), que consiste en un rápido incremento de las poblaciones sobre plantas jóvenes, seguido de un descenso que suele coincidir con altas temperaturas o cambios en la planta. Lo que se ha descrito en los dos primeros periodos de la dinámica poblacional de los pulgones del maíz en Lleida, donde se ha comprobado la importancia de la temperatura en ambos periodos, y con especial incidencia en la fase del descenso poblacional.

Sin embargo cabe destacar una cuestión fundamental que es la importancia de los enemigos naturales a lo largo de los tres periodos. Con un primer periodo caracterizado por una presencia de enemigos naturales escasa en el inicio y una colonización progresiva que dará lugar a unas densidades poblacionales numéricamente importantes a lo largo del segundo periodo. Dicha colonización progresiva aporta al ecosistema una gran diversidad de especies de enemigos naturales que en su mayor número son polípagos (arañas, carábidos, heterópteros y dermápteros) y presentes en los cultivos de la zona de estudio (Sarasúa *et al.*, 1994 y Pons, datos sin publicar).

Así pues, el papel de los enemigos naturales vendría definido por una gran capacidad depredadora de la mayor parte de ellos testada en laboratorio y en campo, y por la presencia continuada a lo largo de todo el ciclo del cultivo, que estaría determinada por las fuentes de alimentos que pueden encontrar en el maíz (pulgones, trips, cicadélidos, orugas de lepidópteros, etc.) y en el resto de cultivos que determinan el paisaje de la zona de estudio (sorgo, alfalfa y frutales).

## **2.- Control de los pulgones del maíz.**

Como medidas directas de control de pulgones, en la zona sólo se realizan tratamientos insecticidas al suelo, y como medidas indirectas el manejo de la época de siembra.

En primer lugar los tratamientos insecticidas con productos como el carbofurano se han mostrado absolutamente inadecuados por dos motivos, por el control escaso y parcial de los pulgones (máximo de 8 días), y por el aumento posterior de las poblaciones de pulgones causado probablemente por la disminución poblacional de la

fauna útil. A esto hay que añadir que en la misma zona de estudio, Pique *et al.* (1998) concluyen que los tratamientos insecticidas al suelo parecen no estar justificados en el control de los gusanos de suelo y los taladros del maíz, debido posiblemente a la degradación microbiana del carbofurano favorecida por el historial de tratamientos de carbamatos aplicados al suelo de las parcelas estudiadas.

En segundo lugar, el manejo de la época de siembra no parece ser una medida recomendada en el control de los pulgones, debido a su colonización precoz que se inicia en el mismo momento de la emergencia del cultivo y finaliza a primeros de julio, afectando incluso a las siembras tardías.

Teniendo en cuenta que los métodos de control de los pulgones del maíz en Lleida estudiados en esta Tesis (tratamientos insecticidas al suelo y época de siembra) no parecen ser válidos, hay que tener en cuenta que el control de los pulgones del maíz debe ir dirigido en dos direcciones, intentando evitar los daños indirectos (en especial control de virus) y directos.

Entre las primeras se incluye la eliminación de huéspedes reservorio de virus, y el uso de cultivares resistentes y libres de virus, medidas éstas ya planteadas por Pons & Albajes (1986) y Achón (1993).

Habitualmente la eficacia de los enemigos naturales se considera insuficiente en el control de los virus, porque los daños son ocasionados con niveles poblacionales bajos (Carter, 1989), sobre todo en el caso de virus no persistentes como es el caso del MDMV; ya que el tiempo que requieren los vectores para adquirir y transmitir este tipo de virus es mucho menor que el tiempo necesario para eliminar al vector (Carter & Harrington, 1991).

Por último y en relación a las medidas dirigidas al control de las poblaciones de pulgones, en el apartado anterior se ha nombrado dos elementos en la regulación de los pulgones, se trata de la planta y de los enemigos naturales.

La calidad nutritiva de la planta o concretando más la presencia de sustancias como DIMBOA ha sido citada en la bibliografía implicándola en la resistencia a especies de pulgones como *M. dirhodum* (Argandoña *et al.*, 1980) y *S. avenae* (Bohidar *et al.*, 1986), aunque en otros cultivos. Se trataría de cultivar híbridos resistentes a los

pulgonos, dentro de dicho término no se incluirían exclusivamente la presencia de ácidos hidroxámicos, sino una serie de líneas de mejora que también podrían ser interesantes tal y como cita Klingauf (1988):

- Plantas poco atractivas o repelentes para los pulgonos alados.
- Plantas que disuadan a los pulgonos después de alcanzar las plantas, impedir la fase de testar la planta o introducción del estilete.
- Uso de propiedades fagodeterrentes de algunos componentes de la planta.

Como segundo elemento en el control de las poblaciones de pulgonos hay que destacar la importancia de los enemigos naturales que ha sido demostrada en esta Tesis, y el hecho de que en su mayor grado sean depredadores polífagos no es un impedimento para confiar en su acción reguladora de las poblaciones de pulgonos, de hecho hay varios estudios que afirman su importancia en cereales y otros cultivos (Thomas *et al.*, 1992).

En relación al uso de los enemigos naturales, se debe tener en cuenta que los éxitos del control biológico con respecto a los pulgonos son limitados (van Lenteren, 1990), de hecho la literatura relacionada con el control biológico sugiere que los pulgonos son objetivos difíciles para este tipo de manejo de plagas por su alta capacidad reproductiva y su hábito de alternancia estacional de la planta huésped (van Lenteren, 1990), por lo que deberían ser estudiadas la combinación con otras medidas de control, tales como, combinaciones de resistencia de la planta huésped con control biológico, mejorar la planta para favorecer a los enemigos naturales (producción de semioquímicos, cambios de la arquitectura de la planta o reducir la actividad de los hiperparásitos) (van Lenteren, 1990).

A pesar de que habitualmente los estudios de mejora genética encaminada a la resistencia a los insectos y de control biológico se dan independientemente (Boethel & Eikenbary, 1986), la solución a los pulgonos del maíz en Lleida podría ir dirigida en ambas direcciones.



Sin olvidar las medidas de control del MDMV planteadas anteriormente, el control de los daños producidos por los pulgones podría ir dirigido en primer lugar a aprovechar el potencial regulador de la fauna auxiliar presente en el ecosistema del maíz, o desde un punto de análisis más amplio, la fauna auxiliar presente en todos los cultivos de la zona de estudio, y en segundo lugar la obtención de híbridos resistentes al ataque de los pulgones y/o al posterior desarrollo de sus colonias.

# CONCLUSIONES

- 1.- Las especies de pulgones más abundantes en los campos de maíz de Lleida son *R. padi*, *S. avenae* y *M. dirhodum*.
- 2.- La dinámica poblacional de los pulgones en los campos de maíz viene definida por tres fases: Colonización y Desarrollo poblacional (emergencia de las plántulas-finales de junio), Descenso poblacional (julio-mediados de agosto) y Recuperación de las poblaciones. La primera fase se caracteriza por la presencia de las tres especies y por registrarse únicamente los estados de desarrollo de adultos alados y ninfas de 1<sup>er</sup>-2<sup>o</sup> estado ninfal. En las otras dos fases la especie predominante es *R. padi*.
- 3.- La presencia de depredadores se registra a lo largo de todo el ciclo del cultivo, tratándose mayoritariamente de especies polífagas. Desde la siembra se contabilizaron arañas, dermápteros y carábidos, cuya presencia será continua a lo largo de todo el ciclo del cultivo, posteriormente los campos de maíz son colonizados esencialmente por *Orius* sp., *N. provencallis*, *C. carnea* y neurópteros.
- 4.- No se han observado correlaciones entre la dinámica poblacional de las principales especies de pulgones y de depredadores muestreados visualmente. No obstante, en los campos en los que se registró la presencia de *A. aphidimyza*, si que se evidenció una fuerte correlación entre dicho cecidómido y las principales especies de pulgones.
- 5.- Los depredadores polífagos parecen tener un papel importante en la regulación de las poblaciones de pulgones, tal y como se ha demostrado en el experimento de exclusión de enemigos naturales. Esta capacidad reguladora vendría definida por su abundancia, su presencia continua tanto en los campos de maíz, como en los cultivos de la zona y a su capacidad depredadora.
- 6.- *R. padi* es la especie mejor adaptada a las altas temperaturas que se dan en los campos de maíz de Lleida, seguida por *S. avenae* y *M. dirhodum*. Esta adaptación está basada en un menor periodo prereproductivo y tiempo de desarrollo y una mayor tasa intrínseca de crecimiento.

- 7.- La temperatura podría ser el factor responsable de la disminución o incluso desaparición de las poblaciones de pulgones en los meses de julio y agosto. Siendo *R. padi* la única especie capaz de mantener colonias de pulgones en los campos de maíz soportando las temperaturas extremas.
- 8.- El uso del carbofurano para el control de los pulgones y para la prevención del MDMV es ineficaz, ya que tan solo se obtiene un control máximo de 8 días.
- 9.- En las parcelas tratadas con carbofurano se observa que las poblaciones de pulgones son significativamente superiores que en las parcelas sin tratar. Esta circunstancia puede estar explicada en parte por un menor número de capturas de depredadores en trampas de gravedad de las parcelas tratadas con carbofurano.
- 10.- El tratamiento insecticida al suelo con lindano no muestra ninguna eficacia en el control de las poblaciones de pulgones, ni ningún efecto sobre las poblaciones de enemigos naturales..
- 11.- En la fase de colonización las densidades de adultos alados y total de pulgones son menores cuanto más tardía es la siembra, debido a que los campos de maíz consiguen escapar en parte de la colonización.
- 12.- El manejo de la fecha de siembra no muestra ningún efecto sobre las poblaciones de pulgones en las fases descenso poblacional y recuperación de las poblaciones.
- 13.- Aunque un retraso en la fecha de siembra supone una reducción en las poblaciones de adultos alados y del total de las poblaciones de pulgones, no parece ser una medida ideal en el control de los pulgones del maíz, ya que no se consigue evitar la transmisión de virus.



# BIBLIOGRAFÍA

- ACHÓN, M.A. 1993. El virus del mosaico enanizante del maíz (MDMV) en Cataluña. Tesis Doctoral. Universitat de Lleida. 150 pp.
- ACHÓN, M.A. 1999. Incidence of maize dwarf mosaic and sugarcane mosaic viruses in Northeast of Spain. *Journal of Plant Diseases and Plant Protection*. En prensa.
- ACREMAN, S.J.; DIXON, A.F.G. 1989. The effects of temperature and host quality on the rate of increase of the grain aphid (*Sitobion avenae*) on wheat. *Ann. appl. Biol.* 115: 3-9.
- ALBAJES, R.; ARTIGUES, M.; AVILLA, J.; EIZAGUIRRE, M.; PONS, X.; SARASUA, M.J. 1985. Ensayo de control de MDMV mediante tratamientos insecticidas. Actas del II Congreso Ibérico de Entomología. Boletín da Sociedade Portuguesa de Entomologia. 281-310.
- ALDERWEIKRELDT, M. 1989. Composition and density fluctuations of the invertebrate fauna occurring in a maize field at Melle (Belgium). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungaricae*, 24: 5-12.
- ANKERSMIT, G.W. 1988. Integrated Control of Cereal Aphids. En Minks, A.K. & Harrewijn. *World Crop Pests. Aphids their Biology, natural enemies and control*. Vol. 2C: 273-278.
- ARAYA, J.E.; CAMBRON, S.E. 1992. Control of aphids on spring oats and winter wheat with slow release granular systemic insecticides. *The Great Lakes Entomologist*, 25: 223-236.
- ARAYA, J.E.; FOSTER, J.E.; SCHREIBER, M.M.; WING, R.E. 1980. Residual action of slow release systemic insecticides on *Rhopalosiphum padi* (Homoptera Aphididae) on wheat. *The Great Lakes Entomologist*, 23: 19-26.
- ARGANDOÑA, V.H.; CORCUERA, L.J. 1985. Distribution of hydroxamic acids in *Zea mays* tissues. *Phytochemistry*, 24 (1): 177-178.
- ARGANDOÑA, V.H.; LUZA, J.G.; NIEMEYER, H.M.; CORCUERA, L.J. 1980. Role of hydroxamic acids in the resistance of cereals to aphids. *Phytochemistry* 19: 1665-1668.
- ASÍN, L.; PONS, X. 1996. Studies on the ecology and control of maize aphids in Catalonia. *IOBC/WPRS Bulletin* 19 (3), 77-82.
- BARLOW, C.A. 1962. The influence of temperature on the growth of experimental populations of *Myzus persicae* (Sulzer) and *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Aphididae). *Canadian Journal of Zoology*, 40: 145-156.

- BASEDOW, T. 1996. Phenology and population density of predatory bugs (Nabis spp.; Heteroptera: Nabidae) in different fields of winter wheat in Germany, 1993/94. Bulletin OILB/SROP, 19 (3): 70-76.
- BASEDOW, T.; RZEHA, H. 1988. Abundanz und Aktivitätsdichte epigäischer Raubarthropoden auf Ackerflächen - ein Vergleich. Zool Jahrb. Syst. 115: 495-508.
- BLACKMAN, R.L.; EASTOP, V.F. 1985. Aphids on the World's crops. An identification Guide. John Wiley and Sons. Chichester. 466 pp.
- BEST, R.L.; BEEGLE, C.C., 1977. Food preferences of five species of carabids commonly found in Iowa cornfields. Environ. Entomol. 6: 9-12.
- BOETHEL, D.J.; EIKENBARY, R.D., eds. 1986. Interactions of Plant Resistance and Parasitoids and Predators of Insects. Wiley, New York. 224 pp.
- BOHIDAR, K.; WRATTEN, S.D.; NIEMEYER, H.M. 1986. Effects of hydroxamic acids on the resistance of wheat to the aphid *S. avenae*. Ann. appl. Biol. 109: 193-198.
- BOMBOSCH, S. 1963. Untersuchungen zur Vermehrung von *Aphis fabae* Scop. in samenreinenbeständen unter besonderer Berücksichtigung der Schwebfliegen (Diptera: Syrphidae) Z. Angew. Entomol. 52: 105-141.
- BOTTO, E.N.; HERNÁNDEZ, M.C., 1989. Contribución al conocimiento de los enemigos naturales de los áfidos plaga de los cereales en la República Argentina. I. Claves para la identificación de los áfidos momificados y los parasitoides primarios. Revta Soc. ent. argent. 46: 75-85.
- BRUST, G.E.; STINNER, B.R.; McCARTNEY, D.A. 1986. Predator activity and predation in corn agroecosystems. Environ. Entomol. 15: 1017-1021.
- CARTER, N. 1989. The role of natural enemies in arable crops. Proc. Symposium: Insect control strategies and the environment. 51-69.
- CARTER, N.; HARRINGTON, R. 1991. Factors influencing aphid population dynamics and behavior and the consequences for virus spread. Advances in disease vector research. (Ed. K.H. Harris). 7: 19-50.
- CARVER, M. 1988. Biological control of aphids. En Minks, A.K. & Harrewijn. World Crop Pests. Aphids their Biology, natural enemies and control. Vol. 2C: 141-161.
- CASTAÑERA, P. 1986. Plagas del maíz. IV Jornadas Técnicas sobre maíz. Ponencias y comunicaciones sobre: Plagas. Lérida, 9 al 11 de abril de 1986: 2-24.

- CASTAÑERA, P. 1988. Present status of cereal pests in Spain with special reference to cereal aphids. In "Integrated crop protection in cereals". (Cavalloro R., Sunderland K.D. eds.) Rotterdam: Balkema, 13-24.
- CHAMBERS, R.J.; ADAMS, T.H.L. 1986. Quantification of the impact of hoverflies (Diptera: Syrphidae) on cereal aphids in winter wheat: an analysis of field populations. *J. Appl. Ecol.* 23: 895-904.
- CHAMBERS, R.J.; SUNDERLAND, K.D.; STACEY, D.L.; WYATT, I.J. 1982. A survey of cereal aphids and their natural enemies in winter wheat in 1980. *Ann. appl. Biol.* 100, 175-178.
- CHANSIGAUD, J.; VAILLANT, J. 1987. Etude des fluctuations et modalités de repartition des populations aphidiennes sur le maïs. *Bulletin OILB/SROP*, X/1: 23-35.
- CHARNAY, M.P.; FOURNIER, J.C. 1994. Study of the relation between carbofuran degradation and microbial or physicochemical characteristics of some french soils. *Pesticide Science.* 40: 207-216.
- CHIVERTON, P.A. 1984. Pitfall-trap catches of the carabid *Pterostichus melanarius*, in relation to gut contents and prey densities, in insecticide treated and untreated spring barley. *Entomologia experimentalis et applicata.* 36: 23-30.
- CLARK, M.S.; LUNA, J.M.; STONE, N.D.; YOUNGMAN, R.R. 1994. Generalist predator consumption of Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and effect of predator removal on damage in no-till corn. *Environ. Entomol.* 23: 617-622.
- COCEANO, P.G.; PERESSINI, S. 1989. Colonization of maize by aphid vectors of barley yellow dwarf virus. *Ann. Appl. Biol.*, 114: 443-447.
- CODERRE, D.; TOURNEUR, J.C. 1988. Déclin estival des populations aphidiennes du maïs. *Revue d'entomologie du Québec.* Vol. 32: 16-24.
- COMAS, J. 1991. Contribución al conocimiento de la biología de los pulgones de cereales y de la epidemiología del virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) en la zona de regadío de Lleida. Universitat Politècnica de Catalunya. EscolaTècnica Superior d'Enginyeria Agraria. 187 pp.
- COMAS, J.; PONS, X.; ALBAJES, R.; PLUMB, R.T. 1993. The role of maize in the epidemiology of barley yellow dwarf virus in northeast Spain. *J. Phytopathology.* 138: 244-248.
- COMAS, J.; PONS, X.; ALBAJES, R.; PLUMB, R.T. 1996. Approach to Barley yellow dwarf (BYD) epidemiology in Catalonia (EN of Spain): a case study. *IOBC/WPRS Bulletin* 19 (3), 131-137.



- COQUEMPOT, C.; CHAMBON, J.P. 1990. L'activité des araignées et son incidence sur la limitation des populations de pucerons des biocénoses céréalières. *Revue d'Ecologie et de Biologie du sol*. 27: 205-219.
- CORCUERA, L.J.; ARGANDOÑA, V.H.; PEÑA, G.F.; PÉREZ, F.J.; NIEMEYER, H.M. 1982. Effect of a benzoxazinone from wheat on aphids. Proc. 5 th int. Symp. Insect-Plant Relationships (Viesser, J.H. & Minks, A.K., eds), p 33. Pudoc, Wageningen.
- CROFT, B.A. 1990. Arthropod biological control agents and pesticides. John Wiley & Sons. New York. 723 pp.
- DEAN, G.J. 1974. Effect of temperature on the cereal aphids *Metopolophium dirhodum* (Wlk.), *Rhopalosiphum padi* (L.) and *Macrosiphum avenae* (F.) (Hem., Aphididae). *Bull. ent. Res.* 63: 401-409.
- DEBACH, P.; BARLETT, B.R. 1964. Methods of colonization, recovery and evaluation. In "Biological control of insects pests and weeds" (P.DeBach, ed.), pp 402-426. Reinhold, New York.
- DEBACH, P.; HUFFAKER, C.B.; MACPHEE, A.W. 1976. Evaluation of the impact of natural enemies. In "Theory and practice of biological control" (Huffaker C.B., Messenguer P.S. de.), pp 255-285.
- DEDRYVER, C.A.; TANGUY, S. 1984. Biologie des pucerons des céréales dans l'ouest de la France. V.- Influence de la date de semis du blé d'hiver sr les modalités d'infestation des parcelles par *Rhopalosiphum padi* (L.), *Sitobion avenae* (F.) et *Metopolophium dirhodum* (Wlk.) et sur le développement de leurs populations au printemps. *Agronomie* 4: 711-719.
- DELLA GIUSTINA, W.; DERIU, P.; FOESSEL, P. 1987. Role of specific natural enemies in the control of maize aphid populations in Paris area. Preliminary results. *Bulletin OILB/SROP*, X/1: 12-22.
- DESENDER, K.; ALDERWEIRELDT, M. 1988. Population dynamics of adult and larval Carabid beetles in a maize field and its boundary. *J. Appl. Ent.* 106: 13-19.
- DIXON, A.F.G.; DHARMA, T.R. 1980. Number of ovarioles and fecundity in the black bean aphids, *Aphis fabae*. *Entomologia experimentalis et applicata*. 28: 1-14.
- DIXON, A.F.G.; WELLINGS, P.W. 1982. Seasonality and reproduction in aphids. *International Journal of Invertebrate Reproduction*. 5: 83-89.
- DI PIETRO, J.P.; DEDRYVER, C.A. 1986. Relations entre les pucerons des céréales et leurs plantes-hôtes. I. -Mise au point d'une méthodologie de recherche de résistance à *Sitobion avenae* (F.) chez différents cultivars de blé d'hiver. *Agronomie*, 6(5): 469-479.

- EIZAGUIRRE, M.; ALBAJES, R. 1989. Present situation of arthropod pests in maize in the northeast of Spain. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 24 (1-2): 77-80.
- ELLIOTT, N.C.; KIECKHEFER, R.W. 1989. Effects of constant and fluctuating temperatures on immature development and agr-specific life tables of *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera: Aphididae). *Can. Ent.* 121: 131-140.
- FELSOT, A.S.; WILSON, J.G.; KUHLMAN, D.E.; STEFFEY, K.L. 1982. Rapid dissipation of carbofuran as a limiting factor in corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) control in fields with histories of continuous carbofuran use. *Journal of Economic Entomology*. 75: 1098-1103.
- FERNÁNDEZ DE GOROSTIZA, M.; ESTEBAN, J.; DEL MONTE, J.P.; DE LIÑÁN, C.; MÁRQUEZ, L. 1990. *Vademecum del maíz*. De C. de Liñán. Madrid. 295 pp.
- FERRO, D.N.; MACKENZIE, J.D.; MARGOLIES, D.C. 1980. Effect of mineral oil and a systemic insecticide on field spread of aphid-borne maize dwarf mosaic virus in sweet corn. *Journal of Economic Entomology*. 73: 730-735.
- FOUGEROUX, A. 1984. Les insectes prédateurs et parasites de pucerons en culture de blé et de maïs. *Phytoma. Défense des cultures*, Juin. 35-39.
- FRAZER, B.D. 1988. Predators. In A.K. Minks & P. Harrewijn (Eds.) *Aphids: Their Biology, Natural Enemies and Control*, Vol 2: 217-230. Elsevier. Amsterdam.
- GETZIN, L.W. 1973. Persistence and degradation of carbofuran in soil. *Environmental Entomology*. 2: 461-467.
- GHOLSON, L.E.; BEEGLE, C.C.; BEST, R.L.; OWENS, J.C. 1978. Effects of several commonly used insecticides on cornfield carabids in Iowa. *Journal of Economic Entomology*. 71: 416-417.
- GIVOVICH, A.Q.; MORSE, S.; CERDA, H.; NIEMEYER, H.M.; WRATTEN, S.D.; EDWARDS, P.J. 1992. Hydroxamic acid glucosides in honeydew of aphids feeding on wheat. *Journal of Chemical Ecology*, 18 (6): 841-846.
- GÓMEZ-MENOR, J. 1946. Áfidos que viven sobre plantas de huerta. INIA. Estación de Fitopatología Agrícola de Madrid. *Trabajos (Serie Fitopatología) núm. 165*. 56 pp.
- GORDER, G.W.; DAHM, P.A.; TOLLEFSON, J.J. 1982. Carbofuran persistence in cornfield soils. *Journal of Economic Entomology*. 75: 637-642.
- GROOT, J.J.R.; LAURENSE, A.; MANTEL, W.P.; RABBINGE, R.; SINKE, J. 1983. Bladluizen in maïs, populatie dynamica, natuurlijke vijanden en opbrengstderving. *Gewasbescherming*, 14 (5): 167-176.

- GUTIERREZ, C.; CASTAÑERA, P. 1986. Efecto de los tejidos de maíz con alto y bajo contenido en Dimboa sobre la biología del taladro *Sesamia nonagrioides* Lef. (Lepidoptera, Noctuidae). *Inv. Agrar.: Prod. veg.* 1: 109-119.
- HANCE, T.; HESBOIS, B. 1997. Influence of maize varieties on the development of aphids population. En prensa IOBC/WPRS Bulletin.
- HAND, S.C.; CARRILLO, J.R. 1982. Cereal aphids on maize in Southern England. *Ann. Appl. Biol.*, 100: 39-47.
- HANWAY, J.J. 1971. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology-Cooperative Extension Services and USDA. Special Report N° 48. 18 pp.
- HENRY, M.; DEDRYVER, C.A. 1989. Fluctuations in cereal aphid populations on maize (*Zea mays*) in western France in relation to the epidemiology of barley yellow dwarf virus (BYDV). *J. Appl. Ent.* 107: 401-410.
- HERNÁNDEZ, E. 1998. Mortalitat i desenvolupament de pugons de blat de moro: Efecte de la planta i del tractament de la llavor amb imidacloprid. Proyecto final de carrera. Universitat de Lleida. 65 pp.
- HODGSON, C.; AVELING, C. 1988. Anthocoridae. En *Aphids. Their biology, natural enemies and control*. Vol. 2B. A.K. Minks y P. Harrewijn (eds.). Elsevier. Amsterdam.. pp: 279-292.
- HOMEYER, H. 1975. @Curaterr insecticida y nematicida de acción sistémica radicular y amplio espectro de acción. Actualidades Fitosanitarias Bayer, 1/75. Bayer Hispania Comercial S.A. 54 pp.
- HORPER, K.R.; AIDARA, S.; AGRET, S.; CABAL, J.; COUTINOT, D.; DABIRE, R.; LESIEUX, C.; KIRK, G.; REICHERT, S.; TRONCHETTI, F.; VIDAL J. 1995. Natural enemy impact on the abundance of *Diuraphis noxia* (Homoptera: Aphididae) in Wheat in Southern France. *Environ. Entomol.* 24: 402-408.
- HUREJ, M.; PETERS, D. 1989. Sublethal effects of aldicarb on the behaviour of *Aphis fabae* and two clones of *Myzus persicae* and on the transmission of beet mosaic virus by these aphids. *Entomologia experimentalis et applicata.* 50: 81-86.
- JAUSET, A.M. MUÑOZ, M.P.; PONS, X. 2000. Plantas hospedantes de *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) (Homoptera: Aphididae) y su papel en el ciclo biológico del pulgón en Cataluña. *Boletín de Sanidad Vegetal*. En prensa.
- KENNEDY, J.S.; FOSBROOKE, I.H.M. 1973. The plant in the life of an aphid. *Symposia of the Royal Entomological Society of London.* 6: 129-140.

- KENNEDY, J.S.; STROYAN, H.L.G. 1959. Biology of aphids. *Ann. Rev. Ent.*, 4: 139-161.
- KIECKHEFER, R.W.; ELLIOTT, N.C.; WALGENBACH, D.D. 1989. Effects of constant and fluctuating temperatures on developmental rates and demographic statistics of the English grain aphid (Homoptera: Aphididae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 82: 701-706.
- KIECKHEFER, R.W.; GELLNER, J.L. 1988. Crop Ecology, production & management. Influence of plant growth stage on cereal aphid reproduction. *Crop Sci.*, 28: 688-690.
- KLINGAUF, F.A. 1988. Host plant finding and acceptance. En A.K. Minks & P. Harrewijn (Eds.) *Aphids: Their Biology, Natural Enemies and Control*, 209-223. Elsevier. Amsterdam.
- KOT, J.; BILEWICZ-PAWINSKA, T. 1989. Preliminary investigations of the maize Enomofauna in the Warsaw Region. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*. 24: 141-144.
- KRÖBER, T.; CARL, K. 1991. Cereal aphids and their natural enemies in Europe-a literature review. *Biocontro News and Information*. 12 (4): 357-371.
- KUNO, E.; DICK, V.A. 1985. Dynamics of Philippine and Japanese populations of the brown planthopper: comparison of basic characteristics. *Chinese J. Ent.* 4: 1-9.
- JENKYN, J.F.; PLUMB, R.T., 1983. Effects of fungicides and insecticides applied to spring barley sown on different dates in 1976-1979. *Ann. appl. Biol.* 102: 421-433.
- LARDOUX, V. 1991. Memoire de fin de maitrise MASS (Mathematiques Appliqués aux Sciences Sociales). Université d'Angers. Ensemble Scientifique Departament MASS. 36 pp.
- LESZCZYNSKI, B.; DIXON, A.F.G.; BAKOWSKI, T.; MATOK, H. 1995. Cereal allelochemicals in grain aphid control. *Allelopathy Journal*, 2 (1): 31-36.
- LÓPEZ BELLIDO, L. 1991. Cultivos Herbáceos. Vol. I: Cereales. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. 539 pp.
- LÖVEI, G.L. 1984. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in two types of maize fields in Hungary. *Pedobiologia*. 26: 57-64.
- LÖVEI, G.L.; SZENTKIRÁLYI, F. 1984. Carabids climbing maize plants. *Z. ang. Ent.* 97: 107-110.



- LUCKEY, T.D. 1968. Insecticide hormoligosis. *Journal of Economic Entomology*. 61: 7-12.
- MANN, J.A. HARRINGTON, R.; CARTER, N.; PLUMB, R.T. 1997. Control of aphids and barley yellow dwarf virus in spring-sown cereals. *Crop Protection*. 16: 81-87.
- MANSOUR, M.H. 1975. The role of plants as a factor affecting oviposition by *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae). *Ent. exp. & appl.* 18: 173-179.
- MAYORAL, A.M. 1995. Papel de los ácidos hidroxámicos de cereales en el control de *Diuraphis noxia* (Homoptera, Aphididae). Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Biológicas. 160 pp.
- McGRATH, P.F.; BALE, J.S. 1990. The effects of sowing date and choice of insecticide on cereal aphids and barley yellow dwarf virus epidemiology in northern England. *Ann. appl. Biol.* 117: 31-43.
- MELIA, A. 1980. Investigación del suborden Aphidinea en la provincia de Castellón sobre plantas de interés agrícola. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Comunicaciones INIA. Serie: Protección Vegetal, nº 12. Madrid. 176 pp.
- MIZE, T.; WILDW, G.; SMITH, M.T. 1980. Chemical control of chinch bug and greenbug on seedling sorghum with seed, soil, and foliar treatments. *Journal of Economic Entomology*. 73: 544-547.
- MOREAU, J.P. 1981. Consequences des attaques de pucerons sur maïs. En *Les pucerons des cultures*. ACTA. París: 183-186.
- MORRIS, M.G. 1990. The Hemiptera of two sown calcareous grasslands. II. Differences between treatments. *J. appl. Ecol.* 27: 379-393.
- NAÏBO, B.; SOMBRUN, F. 1987. Perte d'efficacité d'insecticides de sol vis-à-vis des larves de taupins, *Agriotes* sp., en monoculture de maïs. En *Proceedings, International Conference on Agricultural Pesticides*. Paris. France. pp. 237-244.
- NIEMEYER, H.M. 1991. The role of secondary plant compounds in aphid-host interactions. *Aphid-Plant Genotype Interactions*. Campbell, R.K., Eikenbary, R.D. (Eds.). Oklahoma State University, pp. 187-205.
- NIETO NAFRÍA, J.M.; DÍAZ, T.E.; MIER, M.P. 1984. Catálogo de los pulgones (Homoptera: Aphidoidea) de España y de sus plantas hospedadoras. Servicio e Publicaciones Universidad de León. León. 174 pp.
- OHNESORGE, B. 1988. Investigations on the population dynamics of maize aphids in Southwestern Germany. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent.*, 53/3a: 1187-1193.



- PENTH, M. 1952. Zur Ökologie des Heteropteren des Mainzer Sandes. Zool. Jahrb. Syst. 81: 91-121.
- PERICART, J. 1987. Hémiptères Nabidae d'Europe Occidentale et du Magreb. Faune de France et des Régions limitrophes, 71. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles. 185 pp. Paris.
- PIQUÉ, J.; EIZAGUIRRE, M.; PONS, X. 1998. Soil insecticide treatments against maize soil pests and corn borers in Catalonia under traditional crop conditions. Crop Protection. 17: 557-561.
- PLEWKA, T.; PANKANIN-FRANCZYK, M. 1989. Aphids and aphidophages on maize in Central Poland. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 24: 169-171.
- PLUMB, R.T. 1977. Aphids and virus control on cereals. Proceedings 1977 British Crop Protection Conference. Pests and Diseases. 3: 903-913.
- PLUMB, R.T. 1983. Barley yellow dwarf virus- a global problem. En Plumb, R.T. & Theresh, J.M., Plant Virus Epidemiology. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 185-198.
- POLGAR, L. 1982. The role of aphids parasites (Hym.: Aphidiidae) in the maize ecosystem. Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 17: 139-145.
- PONS, X. 1986. Biología de los vectores del enanismo amarillo de los cereales en las comarcas de Lleida. 223 pp. Tesis Doctoral. E.T.S. Ingenieros Agrónomos de Lleida. Univeridad Politécnica de Catalunya.
- PONS, X.; ALBAJES, R. 1986. Los pulgones como vectores de virosis en Maíz. IV Jornadas Técnicas sobre maíz. Ponencias y comunicaciones sobre: Plagas. Lérida, 9 al 11 de abril de 1986: 27-44.
- PONS, X.; ALBAJES, R. 1990. Efecto de la época de siembra sobre las poblaciones de pulgones de cereales en Lérida como vectores del BYDV. Invest. Agrar. 5: 157-166.
- PONS, X.; ALBAJES, R.; COMAS, J. 1992. Los pulgones de cereales: biología, daños y control. Phytoma España. 36: 17-23.
- PONS, X.; ASIN, L.; COMAS, J.; ALBAJES, R. 1994. Las especies de pulgones del maíz. Investigación Agrararia. Producción y Protección Vegetales. Fuera de Serie nº 2: 125-129.
- PONS, X.; COMAS, J.; ALBAJES, R. 1989. Maize aphids in the Northeast of Spain. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungaricae, 17: 173-176.

- PONS, X.; COMAS, J.; ALBAJES, R.; PLUMB, R.T. 1998. Control en condiciones mediterráneas del enanismo amarillo de los cereales (BYD) y de sus vectores en trigo duro. *Invest. Agr.: Prod. Veg.* 13 (3), 393-407.
- PUERTAS, G. 1986. Estudio de las causas de bajo rendimiento del maíz en la comarca de la Noguera en Lleida. Problemas producidos por virus. IV Jornadas Técnicas sobre maíz. *Enfermedades*: 3-26.
- PUIGGRÓS, J.M. 1986. Plagues i malalties del blat de moro o panís a Catalunya. En *blat de moro Sessions tècniques Fundació Caixa de Pensions*. Barcelona: 39-44.
- REID, C.D.; LAMPMAN, R.L., 1989. Olfactory responses of *Orius insidiosus* (Hem: Anthocoridae) to volatiles of corn silks. *Journal of Chemical Ecology*, 15: 4, 1109-1115.
- RODRÍGUEZ DEL BOSQUE, L.A.; LOERA GALLARDO, J. 1993. Influence of corn phenology and planting date on damage by the black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist*. 76 (4): 599-602.
- RUSTAMANI, M.A.; KANEHISA, K.; TSUMUKI, H. 1992. Aconitic acid content of some cereals and its effect on aphids. *Appl. Entomol. Zool.*, 27 (1): 79-87.
- SARASUA, M.J.; SOLA, N.; ARTIGUES, M.; AVILLA, J. 1994. The role of Anthocoridae in the dynamics of *Cacopsylla piri* populations in a commercial orchard without pesticides. *IOBC/WPRS Bull* 17: 138-141.
- SAS INSTITUTE INC. 1987. SAS user's guide: statistics. SAS Institute, Cary, N.C. USA.
- SCHEPERS, A. 1988. Chemical control. En Minks, A.K. & Harrewijin. *World Crop Pests. Aphids Their biology, natural enemies and control*. Vol. 2C: 93-107.
- SCHUSTER, W. 1990. Dynamik der wirtseignung des mais für getreideblattläuse. *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.* 7: 405-410.
- SCOOT, G.E.; DARRAH, L.L.; WALLIN, J.R.; WEST, D.R.; KNOLE, J.K.; LOUIE, R.; GUDAUSKAS, R.T.; BOCKHOLT, A.J.; DAMSTEEGT, V.D.; UYEMOTO, J.K. 1988. Yield losses caused by maize dwarf mosaic virus in maize. *Crop Sci.* 28: 691-694.
- SEGONCA, V.Ç.; HOFFMANN, A.; KLEINHENZ, B. 1994. Laboruntersuchungen zur entwicklung, lebensdauer und fruchtbarkeit der getreideblattlausarten *Sitobion avenae* (F.) und *Rhopalosiphum padi* (L.) (Hom., Aphididae) bei verschiedenen tieferen temperaturen. *J. Appl. Ent.* 117: 224-233.

- SEKULIC, R.; CAMPRAG, D.; KERESI, T.; TALOSI, B. 1989. A contribution to the knowledge of some species of coleoptera in corn fields in Yugoslavia. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*. 24: 189-193.
- SELMAN, M. 1980. Ways of increasing the yield of winter barley. *Arable Farming*. 7: 82-85.
- SIGNORET, P.A. 1974. Les maladies à virus des graminées dans le midi de la France. *Acta Biol. Ioguslav Ser B* 11: 115-120.
- SUNDERLAND, K.D. 1988. Carabidae and other invertebrates. A Aphids their biology, natural enemies and control. Vol 2B. A.K. Minks y P. Harrewijn (eds.). Elsevier. Amsterdam. pp: 293-310.
- STARÝ, P. 1967. Multilateral aphid control concept. *Annales de la Société Entomologique de France, N.S.*, 3: 221-225.
- SUNDERLAND, K.D.; CHAMBERS, R.J.; STACEY, D.L.; CROOK, N.E. 1985. Invertebrate polyphagous predators and cereal aphids. *WPRS Bulletin. Working group: Integrated control in cereal pests*: 3010-3017.
- TAMAKI, G.; MCGUIRE, J.U.; TURNER, J.E. 1974. Predator power and efficacy: a model to evaluate their impact. *Environ. Entomol.* 3: 625-630.
- TAYLOR, F. 1981. Ecology and evolution of physiological time in insects. *Am. Nat.* 117: 1-23.
- THACKRAY, D.J.; WRATTEN, S.D.; EDWARDS, P.J.; NIEMEYER, H.M. 1990. Resistance to the aphid *Sitobion avenae* in gramineae in relation to hydroxamic acid levels. *Proceedings. Aphid-Plant Interactions: Populations to Molecules*, Peters D.C.; Webster, J.A.; Chlouber, C.S. Eds., Stillwater (Oklahoma USA), pp 268.
- THOMAS, M.B.; SOTHERTON, D.S.; COOMBES, D.S.; WRATTEN, S.D. 1992. Habitat factors influencing the distribution of polyphagous predatory insects between field boundaries. *Ann. appl. Biol.* 120: 197-202.
- TOSIC, M.; BENETTI, M.P.; CONTI M. 1977. Studies on sugarcane mosaic virus (SCMV) isolates from northern and central Italy. *Ann. Phytopathol.* 9: 387-393.
- TUGUES, L. 1997. Contribució al coneixement dels enemics naturals de pugons en el cultiu de panís. Proyecto final de carrera. E.T.S. d'Enginyeria Agrària. Universitat de Lleida. 48 pp.
- VAN DEN BOSCH, R.; MESSENGUER, P.S.; GUTIÉRREZ, A.P. 1982. An introduction to Biological Control. Plenum Press, New York, London. 247 pp.

- VAN EMDEN, H.F. 1966. The effectiveness of aphidophagous insects in reducing aphid populations, pp. 227-235. In "Ecology of Aphidophaga" (I. Hodek ed.), Academia, Prague.
- VAN LENTEREN, J.C. 1990. Biological control in a tritrophic system approach. Proceedings Aphid-Plant interactions: Populations to molecules. (Peters D.C., Webster J.A., Chlouber C.S. eds.) 3-28.
- VAN RENSBURG, G.O.J.; MALAN, E.M. 1982. Control of sorghum pests and phytotoxic effect of carbofuran on five hybrids of grain sorghum. *Phytophylactica*. 14: 159-163.
- WALKER, J.T.; NEWMAN, G.G. 1976. Seasonal abundance diel periodicity and habitat preference of the striped Earwig *Labiduria riparia* in the coastal plain of South Carolina. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 69: 571-573.
- WILDE, G.; MIZE, T. 1984. Enhanced microbial degradation of systemic pesticides in soil and its effect on chinch bug, *Blissus leucopterus leucopterus* (Say) (Heteroptera: Lygaeidae), and greenbug, *Schizaphis graminum* Rondani (Homoptera: Aphididae), control in seedling sorghum. *Environ. Entomol.* 13: 1079-1082.
- WRIGHT, E.J.; LAING, J.E. 1980. Numerical response of coccinellids to aphids in corn of southern Ontario. *Can. Entomol.*, 112: 977-988.
- WYATT, I.J. 1983. Simple calculator models of predator-prey interactions: exponential population growth. *Protection Ecology*. 5: 235-244.
- WYATT, I.J.; WHITE, P.F. 1977. Simple estimation of intrinsic increase rates for aphids and Tetranychid mites. *J. appl. Ecol.* 14: 757-766.
- ZADOKS, J.C.; CHANG, T.T.; KONZAK, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed. Res.* 14: 415-421.



