

Departamento de Biología  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Chile

INTERACCIONES ENTRE LOS AFIDOS Y SUS ENEMIGOS BIOLÓGICOS EN  
UN CULTIVO DE TRIGO Y EN GRAMINEAS SILVESTRES DE LA  
PRECORDILLERA DE LA REGIÓN METROPOLITANA (CHILE).

Tesis presentada a la Universidad de Chile en  
cumplimiento parcial de los requisitos  
para optar al grado de  
Magister en Ciencias Biológicas.

MARIA ANTONIETA OEHRENS TOLEDO

Directores de Tesis : Dr. Luis Corcuera P.

Prof. Victor Argandoña C.

Julio, 1990



Facultad de Ciencias  
Universidad de Chile

I N F O R M E   D E   A P R O B A C I O N  
T E S I S   D E   M A G I S T E R

Se informa a la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ciencias que la Tesis de Magister presentada por la candidata

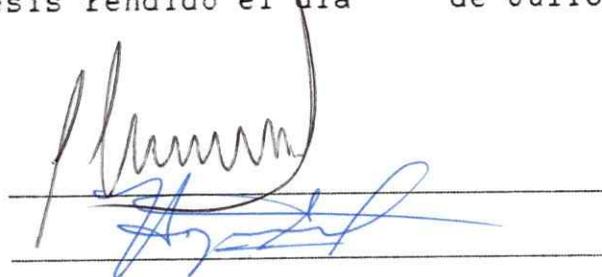
MARIA ANTONIETA OEHRENS TOLEDO

ha sido aprobada por la Comisión Informante de Tesis como requisito para el grado de Magister en Ciencias Biológicas, en el Examen de Defensa de Tesis rendido el día de Julio de 1990.

Directores de Tesis :

LUIS CORCUERA

VICTOR ARGANDONA



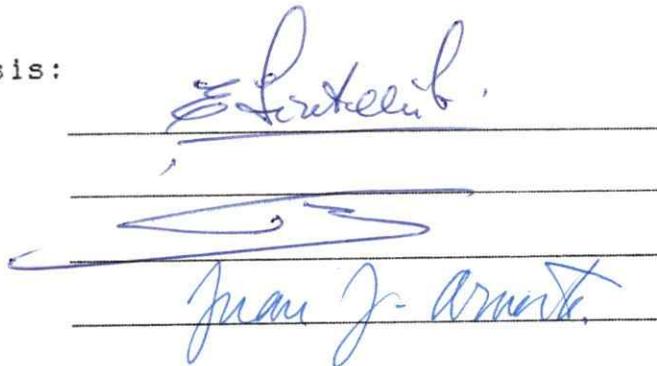
Comisión Informante de Tesis:

EDUARDO PIONTELLI

ROBERTO CARRILLO

EDUARDO AGOSIN

JUAN ARMESTO




a mi Madre



## A G R A D E C I M I E N T O S

Al Dr. Luis Corcuera y al Prof. Victor Argandoña por la constante dirección y estímulo.

Al Dr. Oscar Mathei por su valiosa colaboración en la identificación de las gramíneas silvestres.

A los Dres. Carlos Aruta y Roberto Carrillo por su cooperación en la identificación de los hongos entomopatógenos.

A Don Juan Herrera por su abnegada ayuda en las excursiones.

A todos mis compañeros de estudios y amigos del Laboratorio de Fisiología Vegetal.

A la C.O.N.A.F. por facilitarme los muestreos en la Reserva Nacional Río Clarillo.

A la Estación Experimental La Platina el permitirme el muestreo en parcelas experimentales de trigo.

A mis amigos y familiares que hicieron posible mi permanencia en el Programa de Postgrado.



## INDICE

	Pág.
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xv
1. INTRODUCCION	1
1.1. Los áfidos de los cereales.	1
1.2. Afidos en Chile.	2
1.3. Distribución y daño.	3
1.4. Enemigos biológicos de los áfidos.	4
1.4.1. Hongos patógenos de áfidos.	5
1.4.2. Insectos parásitos de áfidos.	9
1.4.3. Insectos predadores de áfidos.	10
1.5. Gramíneas silvestres hospedantes de áfidos.	10
1.6. Objetivos.	13
2. AREAS DE ESTUDIO	14
2.1. Criterios de selección de las áreas de muestreo.	14
2.2. Áreas silvestres.	14
2.3. Área cultivada.	18



	v
3. METODOS	19
3.1. Muestreo en areas silvestres.	19
3.1.1. Abundancia relativa de las especies de gramíneas silvestres hospedantes a lo largo del año.	21
3.1.2. Determinación de la hospitalidad de las especies de gramíneas silvestres a los áfidos.	22
3.1.3. Determinación de la diversidad y abundancia de especies de áfidos presentes en las gramíneas silvestres hospedantes a lo largo del año.	24
3.1.4. Dinámica de la interacción planta - áfido - enemigos biológicos durante la temporada de primavera.	25
3.1.5. Determinación de predadores y de parásitos de los áfidos de los cereales.	27
3.2. Muestreo en un área cultivada.	27
3.3. Mediciones climáticas.	29
3.4. Incubación de áfidos con síntomas de infección fúngica.	29
3.5. Preservación de las preparaciones de áfidos infectados.	30
3.6. Identificación de hongos entomopatógenos.	30
3.7. Identificación de los áfidos con síntomas de infección fúngica.	31
4. RESULTADOS	32
4.1. Gramíneas silvestres hospedantes y no hospedantes.	32
4.2. Distribución estacional de las gramíneas silvestres.	32
4.3. Abundancia relativa de las gramíneas silvestres hospedantes a lo largo del año.	38

4.4.	Distribución estacional de las especies de áfidos y hongos entomopatógenos sobre las gramíneas hospedantes.	40
4.5.	Nivel de infestación en las gramíneas silvestres de las parcelas de Río Clarillo.	46
4.6.	Infestación máxima e índice de hospitalidad de gramíneas silvestres.	48
4.7.	Abundancia relativa de las especies de áfidos.	51
4.8.	Identificación de áfidos parasitados por hongos.	51
4.9.	Identificación de hongos entomopatógenos.	56
	i). <u>Entomophthora planchoniana</u> Cornu	56
	ii) <u>Erynia neoaphidis</u> Remaudiere	60
4.10.	Distribución de los hongos sobre las diferentes especies de áfidos	66
4.11.	Porcentaje de áfidos infectados por hongos entomopatógenos en áreas precordilleranas.	68
4.12.	Relación entre densidad de áfidos por área y el porcentaje de áfidos infectados.	70
4.13.	Relación entre factores climáticos e infección por hongos entomopatógenos en gramíneas silvestres.	73
4.14.	Insectos parásitos y predadores de áfidos en áreas precordilleranas.	73
4.15.	Abundancia de áfidos en un cultivo de trigo.	77
4.16.	Porcentaje de áfidos parasitados en un cultivo de trigo.	80
4.17.	Porcentaje infección fúngica y factores climáticos.	72
4.18.	Presencia de predadores de áfidos en el cultivo.	83

5.	DISCUSION	85
6.	CONCLUSIONES	96
7.	REFERENCIAS	98

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
1. Gramíneas silvestres hospedantes y no hospedantes de áfidos en áreas precordilleranas de la Región Metropolitana.	33
2. Presencia estacional de gramíneas en Lagunillas.	34
3. Distribución estacional de las gramíneas hospedantes en áreas precordilleranas de la Región Metropolitana.	36
4. Distribución estacional de las gramíneas no hospedantes de áreas precordilleranas de la Región Metropolitana.	37
5. Abundancia relativa y ubicación de las gramíneas silvestres hospedantes de las áreas precordilleranas a lo largo del año (1986-1989).	39
6. Frecuencia de aparición y densidad de gramíneas hospedantes en primavera en la Reserva Nacional Río Clarillo (1987).	41
7. Presencia de gramíneas, áfidos y hongos entomopatógenos a lo largo del año en áreas precordilleranas de la Región Metropolitana.	42
8. Presencia estacional de especies de áfidos en gramíneas hospedantes en quebradas de áreas precordilleranas.	44
9. Número de especies de gramíneas hospedantes de las especies de áfidos encontradas durante las diferentes épocas del año en la Reserva Nacional Río Clarillo (1986-1989).	45
10. Infestación de las gramíneas silvestres hospedantes en la Reserva Nacional Río Clarillo (1987-1988).	49

11. Índice de hospitalidad de las gramíneas hospedantes más frecuentes en primavera en la quebrada El Almendral de la Reserva Nacional Río Clarillo (1987). 50
12. Abundancia relativa de las especies de áfidos en la Reserva Nacional Río Clarillo. 52
13. Tamaño de las conidias de los hongos entomopatógenos que parasitan a áfidos de los cereales en la Región Metropolitana. 61
14. Hongos patógenos detectados sobre diferentes especies de áfidos de los cereales. 67
15. Porcentaje de áfidos con síntomas de infección fúngica en áreas silvestres precordilleranas. 69

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Ciclo de vida de <u>Entomophthora</u> .	7
2. Areas de muestreo en la Región Metropolitana.	16
3. Mapa de la Reserva Nacional Río Clarillo.	17
4. Ejes de gramíneas infestados con áfidos en parcelas de <u>Avena barbata</u> , <u>Bromus rigidus</u> , <u>Bromus berterianus</u> y <u>Hordeum murinum</u> .	47
5. <u>Metopolophium dirhodum</u> parasitado por <u>Entomophthora planchoniana</u> .	53
6. <u>Rhopalosiphum padi</u> infectado por <u>Erynia neoaphidis</u> .	55
7. Rizoides de <u>Entomophthora planchoniana</u> .	57
8. Conidias de <u>Entomophthora planchoniana</u> .	57
9. Conidióforo de <u>Entomophthora planchoniana</u> .	59
10. Conidióforo de <u>Erynia neoaphidis</u> .	62
11. Esporulación de <u>E. neoaphidis</u> en abdomen de <u>S. graminum</u> .	62
12. Tipos de conidias de <u>Erynia neoaphidis</u> .	64
13. Conidias germinando de <u>E. neoaphidis</u> .	64
14. Densidad e infección fúngica en áfidos encontrados en parcelas pluriespecíficas de gramíneas.	71
15. Densidad e infección fúngica en áfidos encontrados en parcelas monoespecíficas de <u>Bromus rigidus</u> y <u>Hordeum murinum</u> .	72

16. Factores climáticos e infección de áfidos por hongos en gramíneas silvestres. 74
17. Áfidos con síntomas de parasitismo por hongos y por himenópteros en gramíneas silvestres a lo largo de un año en la Reserva Nacional Río Clarillo. 75
18. Densidad de las diferentes especies de áfidos en un cultivo de trigo. 78
19. Abundancia relativa de las especies de áfidos provenientes de infestación natural en un cultivo de trigo. 79
20. Densidad y porcentaje de parasitismo de los áfidos en cultivo experimental de trigo. 81
21. Factores climáticos e infección de áfidos por hongos en un cultivo de trigo. 82
22. Parasitismo y predación de áfidos en un cultivo experimental de trigo. 84

## RESUMEN

En la zona central de Chile se ha indicado que los áfidos de los cereales no sólo se encuentran en áreas de cultivo, sino también en áreas silvestres, donde las principales plantas que las hospedan son las gramíneas. En esta tesis se propone que las especies de áfidos y de hongos patógenos de los áfidos que se encuentran en gramíneas silvestres de la precordillera son las mismas que las encontradas en las poblaciones de áfidos de cultivos de trigo de la Región Metropolitana.

Se realizó muestreos a lo largo de dos años en dos sectores precordilleranos. En quebradas húmedas se detectó la presencia de gramíneas hospedantes y de áfidos en todas las épocas del año. Se determinó un total de 43 especies de gramíneas silvestres, de las cuales 21 especies fueron hospedantes de áfidos. En primavera se encontró la mayor diversidad y abundancia de áfidos y de gramíneas. Avena barbata y Polypoqon australis fueron las hospedantes más comunes, porque tuvieron índices de hospitalidad altos y se encontraron en las épocas en que la mayor parte de las gramíneas están secas. El índice de hospitalidad propuesto

en esta tesis demostró ser un parámetro útil para evaluar la importancia de las diversas especies de gramíneas como hospedantes de los áfidos en las distintas épocas del año.

En áreas precordilleranas y en el cultivo de trigo se encontró las mismas especies de áfidos (Rhopalosiphum padi, Schizaphis graminum, Sitobion avenae y Metopolophium dirhodum) y de hongos patógenos de áfidos (Entomophthora planchoniana y Erynia neoaphidis (O. Entomophthorales). El 89 % de los áfidos infectados estaban parasitados por el hongo E. planchoniana. Respecto a los otros enemigos de los áfidos, en ambas áreas se detectó áfidos parasitados por himenópteros (Aphidiidae) y predación por los coccinélidos Adalia bipunctata y Eriopsis connexa. Sin embargo, sírfidos se detectaron sólo en el cultivo de trigo.

Se encontró áfidos parasitados por hongos sólo en primavera. La presencia de los hongos estuvo restringida a la baja humedad relativa de la zona. El porcentaje máximo de áfidos parasitados por hongos fue de un 21 % en las áreas precordilleranas, y de un 16 % en el cultivo de trigo. En primavera el porcentaje de áfidos parasitados por himenópteros alcanzó un 14 % en áreas precordilleranas, mientras que en el cultivo de trigo alcanzó hasta el 78 % (5 veces mayor que el parasitismo por hongos).

Se concluye que la mayor proporción de gramíneas autóctonas y la presencia de áfidos introducidos y sus enemigos biológicos, indican el alto grado de intervención antrópica

en las áreas precordilleranas de la zona central de Chile. Las especies de áfidos, hongos entomopatógenos y coccinélidos registradas en el cultivo de trigo fueron las mismas a las encontradas en gramíneas silvestres de áreas precordilleranas de la Región Metropolitana.

## ABSTRACT

Cereal aphids exist in wild and cultivated areas in central Chile. The main hosts of these aphids are Gramineae. In this thesis, it is proposed that aphids and their pathogenic fungi species that parasite aphid populations that live on wild gramineae of the preandean mountains are the same species that have been found in a wheat crops of the Metropolitan Region.

Samples were taken during two years in preandean sectors. In gorges with high humidity the presence of host gramineae and aphids was detected in all the seasons of year. Out of a total of 43 species of wild grasses identified, 21 species were hosts for cereal aphids. The highest diversity and abundance of aphids and grasses was observed in spring. Avena barbata and Polypogon australis were the most common hosts of cereal aphids found in wild areas, because of their high hospitality index and their presence in those seasons where most of the grasses are dry. The hospitality index, proposed in this thesis demonstrate to be an usefull parameter to evaluate the importance of the different species of grasses as aphids host in the

different climate seasons. The aphids (Rhopalosiphum padi, Schizaphis graminum, Sitobion avenae and Metopolophium dirhodum) and their pathogenic fungi (Entomophthora planchoniana and Erynia neoaphidis (Entomophthorales)) found in the wheat crop and in the Andean foothills were the same. E. planchoniana was found in 89 % of the infected aphids. In relation to others aphid enemies, in both areas was detected aphids parasited by himenoptera and predation by the coccinelids Adalia bipunctata and Eriopsis connexa. Sirphids were detected only in the wheat crop.

Aphids parasitized with fungi were found in the preandean areas and in the wheat crop only in Spring. The presence of fungi was restricted by the low relative humidity of the zone. The highest infection of aphids by fungi was 21 % in wild areas and 16 % in the wheat crop. In spring the percent of aphids parasitized by hymenoptera reached 14 % in preandean areas and 78 % in the wheat field ( 5 times higher than aphids with fungi).

It is concluded that the highest proportion of introduce grasses and the presence of cereals aphids and their biological enemies, denote the high human intervention in the preandean areas of the Metropolitan Region. The aphids, pathogenic fungi and coccinelids species found in the wheat crop were the same that there found on wild grass of the preandean mountains of the Metropolitan Region.

## 1.

## INTRODUCCION

## 1.1. Los áfidos de los cereales.

Los áfidos de los cereales (Orden Homoptera, Familia Aphididae) pueden constituir una plaga para numerosos cultivos de importancia en la agricultura, como el trigo, la cebada, el centeno, el maíz y el sorgo (Leather y Dixon 1981). Los áfidos obtienen su alimento introduciendo sus estiletes en los tejidos floemáticos o parenquimatosos, succionando la savia vegetal (Auclair 1963). Al introducir sus estiletes, provocan una herida a la planta, la cual puede infectarse por bacterias y hongos fitopatógenos (Sepúlveda 1988, Olupomi y Dewar 1983). Además pueden inyectar saliva con toxinas (Miles 1982), y transmitir enfermedades virales como el virus del enanismo amarillo (VEAC o BYDV) (Tollenar y Hepp 1972, Cortázar 1980, Quiroz 1980, Herrera y Quiroz 1980).

Los áfidos son insectos típicamente polimórficos, lo que les permite adoptar diferentes estrategias de vida. Bajo condiciones ambientales óptimas (temperatura y disponibilidad de alimento) predominan las hembras partenogenéticas ápteras (sin alas). El aumento de la densidad poblacional induce la formación de individuos alados, permitiendo la

migración y dispersión de la plaga a otros cultivos (Dixon 1978). La infestación de los cultivos por áfidos comienza así con la llegada de áfidos alados, los cuales originan una sucesión de generaciones de hembras ápteras partenogenéticas. La eficacia de este tipo de reproducción es tal que un individuo puede generar al cabo de 150 días 1.000 millones de áfidos (si la descendencia es de 10 ninfas por áfido cada 15 días). Estas hembras partenogenéticas presentan un corto período de madurez, 4 a 15 días con 4 a 5 estadios entre mudas, pudiendo tener una descendencia de hasta 30 ninfas, dependiendo de la especie, de las condiciones de la planta y de la temperatura (Dixon op cit.).

### 1.2. Afidos en Chile.

En Chile se ha descrito la presencia de 8 especies de áfidos de los cereales: Metopolophium dirhodum (Walker), Sitobion avenae (Fabricius), Schizaphis graminum (Rondani), Rhopalosiphum padi (L.), Rhopalosiphum maidis (Fitch), Rhopalosiphum rufioabdominalis (Saraki), Geoica setulosa (Paso) y Diuraphis noxia Mordvilko (Zuñiga 1967, 1986, Lara y Zuñiga 1969, Campos 1976, Zerené y col. 1988). De las especies mencionadas anteriormente las cinco primeras son las más frecuentes en los trigales en Chile (Carrillo y col. 1974, Lamborot y Guerrero 1979).

Hasta antes de 1965 se habían descrito sólo tres especies en Chile: Rhopalosiphum padi (L.) (pulgón verde de

la avena), Rhopalosiphum maidis (Fitch) (pulgón del maíz) y Schizaphis graminum (Rondani) (pulgón verde de los cereales) que, de acuerdo a los autores, no ocasionaban disminuciones significativas en el rendimiento de los cultivos (Zuñiga 1967, Zuñiga 1986 a). En 1966 se detectó Metopolophium dirhodum (Walker) (Lara de Z. y Zuñiga 1969), el que en 1968 afectó fuertemente casi la totalidad del área cerealera del país (Caballero 1972, Carrillo y col. 1974). Posteriormente (1973-1974) se detectó Sitobion avenae, que al igual que M. dirhodum alcanzó el nivel de plaga en la zona sur (Carrillo y Mellado 1975). Sin embargo en las temporadas agrícolas de 1977, 1978 y 1979 se presentó una disminución de los niveles poblacionales de áfidos y una variación en la importancia relativa de las distintas especies de áfidos (Norambuena 1981, Lamborot y Guerrero 1979).

### 1.3. Distribución y daño.

La distribución de los áfidos de los cereales depende del tipo de cultivo y del estado de desarrollo de la planta. En Chile se encuentran frecuentemente S. avenae, S. graminum, M. dirhodum y R. padi en trigo, avena y centeno, mientras que R. maidis es poco común en trigo y frecuente en cereales de grano grande como el maíz (Lamborot y Guerrero op cit., Zuñiga 1967).

Los áfidos de los cereales muestran también una preferencia por determinados órganos y estados de desarrollo de

la planta. S. graminum se encuentra de preferencia en las hojas inferiores e intermedias, S. avenae en la hoja bandera y en la espiga, R. padi se ubica principalmente en la base del tallo y M. dirhodum se encuentra en hojas intermedias, bandera y espiga (Carrillo y col. 1974, Watt 1979, Leather y Dixon 1981). En los trigales los áfidos han causado daños por la disminución de la calidad del grano y del rendimiento (biomasa del grano) del orden de 30 % (Carrillo op cit., Carrillo y Mellado 1975a, Cortázar 1977, Lee y col. 1981).

#### 1.4. Enemigos biológicos de los áfidos.

Numerosos trabajos han descrito a enemigos biológicos de los áfidos de los cereales, encontrándose entre ellos predadores específicos de áfidos pertenecientes a las familias Coccinellidae y Staphilinidae (Orden Coleoptera), Sirphidae y Cecidomyiidae (Orden Diptera), Forficulidae (Orden Dermaptera) y Chrysopidae (Orden Neuroptera); predadores polípagos pertenecientes a la familia Araneae; insectos parásitos pertenecientes al Orden Hymenoptera, y hongos entomopatógenos (Orden Entomophthorales) (Sunderland y Vickerman 1980, Dean 1974, Rautapää 1976, Dean y Wilding 1971, 1973, Latteur 1973, Sparrow 1974, Jones 1979, Holmes 1984, Chiverton 1986).

En relación a los enemigos de los áfidos de los cereales presentes en Chile, se ha descrito el parasitismo

de áfidos por hongos del género Entomophthora y la predación de áfidos por sirfidos y coccinélidos (Caballero 1972, Carrillo y col. 1974, Aruta y col. 1974). Debe sumarse a la acción de estos organismos endémicos o nativos, la acción de microhimenópteros parásitos de áfidos, los cuales se introdujeron al país desde el año 1976 en la zona centro-norte, y desde 1977 en la zona centro-sur y sur (Lamborot y Guerrero 1979, Norambuena 1981).

#### 1.4.1. Hongos patógenos de áfidos.

Las especies de hongos que se han descrito como patógenos de los áfidos pertenecen al Orden Entomophthorales. Este Orden agrupa a aquellos hongos de micelio cenocítico, que parasitan a insectos y son saprófitos del suelo (Waterhouse 1973). Causan la muerte a diferentes tipos de insectos de importancia económica, entre los cuales se encuentran dípteros, lepidópteros y homópteros (MacLeod y col. 1979, Otvos y col. 1973, Smitley y col. 1986). Se han descrito como "una alternativa de control de áfidos de plantas cultivadas", como papas, arvejas y cereales (Hall y Dunn 1958, 1959, Rabasse y Robert 1975, Dedryver 1978, Wilding y Perry 1980, Wilding 1981, Boiteau 1984, Milner 1985), debido a que causan frecuentemente altas mortalidades en las poblaciones de insectos (Brobyn y col. 1985, Aruta y col. 1974).

El proceso de infección de los áfidos por hongos entomopatógenos requiere, de condiciones cercanas al 100 % de

humedad y una temperatura de 15 °C para que los conidios, que han caído sobre el áfido, germinen (Wilding 1969). Entonces el tubo germinativo atraviesa la epidermis del hospedero por presión mecánica y por la acción de quitinasas (Fig. 1). Las hifas que se desarrollan en el interior del áfido, en la mayoría de los casos se segmentan al corto tiempo de la infección, formando los así llamados cuerpos hifales. Estos son arrastrados por la hemolinfa y pueden expandirse por todo el cuerpo causándole la muerte. Algunas especies de hongos entomopatógenos fijan al insecto a la planta por una estructura hifal denominada rizoide. Después de la muerte del insecto, si las condiciones de temperatura y humedad son apropiadas, los cuerpos hifales originan conidióforos, que se observan en la superficie del áfido. Los conidios originados por los conidióforos son expulsados activamente infectando así a un nuevo hospedero. En algunas especies, en el caso de que las condiciones ambientales no sean las adecuadas, el hongo origina en el interior del insecto esporas de resistencia sexuales o asexuales, que se consideran el estadio invernante. Si los conidios no caen sobre un hospedero, puede originarse un conidio secundario (hijo), que también es expulsado activamente del conidio primario y esto se puede repetir varias veces. Si el conidio cae sobre un hospedero apropiado puede continuar el ciclo (Zimmermann 1978).

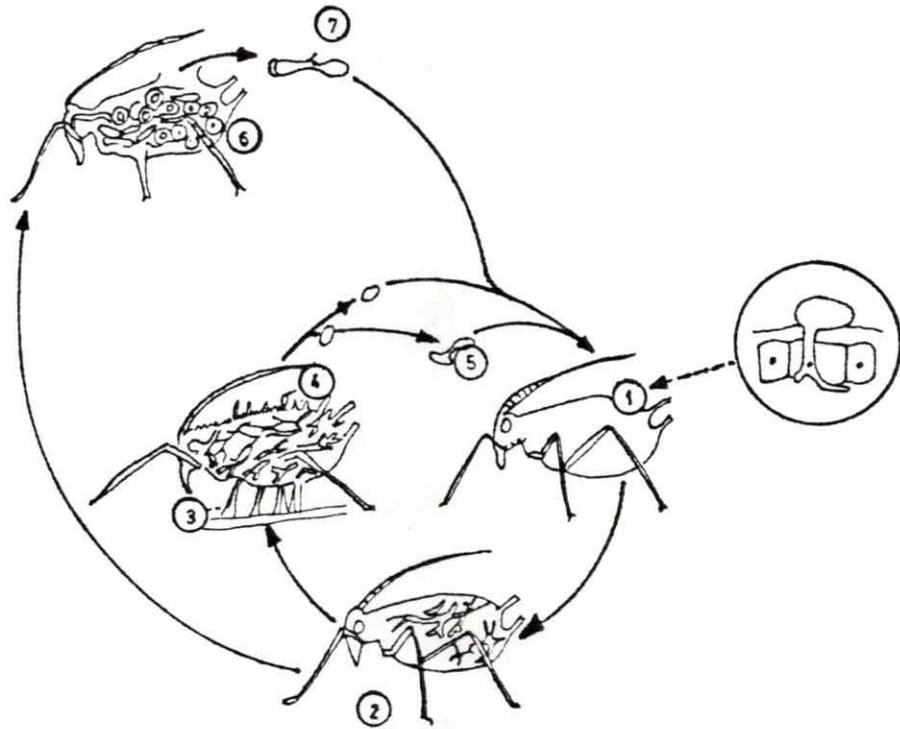


Fig. 1. Ciclo de vida de *Entomophthora*. 1). Hifa infectante atravesando el tegumento de un áfido; 2) micelio expandiéndose en el interior del áfido; 3) rizoides adhieren el áfido al sustrato; 4) conidióforos originando conidias primarias; 5) germinación de conidia primaria; 6) estado de latencia: esporas de resistencia; 7) germinación de esporas de resistencia (según Dixon 1978).

Las especies de hongos que infectan más frecuentemente a los áfidos de los cereales son: Erynia neoaphidis Remaudiere y Hennebert (Entomophthora aphidis), Entomophthora planchoniana, Conidiobolus obscurus (Hall y Dunn) Remaudiere y Keller (Entomophthora thaxteriana), Neozygites fresenii (Entomophthora fresenii) y Entomophthora exitialis (Aruta y col. 1974, Brobyn y col. 1985, Dean y Wilding 1973, Dedryver 1978, Rabasse y Robert 1975, Zimmermann 1978, Remaudiere 1980). Por otro lado, se ha observado que en el periodo de infección de los hongos entomopatógenos en los cultivos, los áfidos alados son frecuentemente infectados por los hongos, de manera que su migración es un importante medio de distribución del hongo (Wilding y Perry 1980).

Para el sur de Chile se ha descrito la presencia de tres especies de hongos entomopatógenos de los áfidos de los cereales: E. aphidis Hoffman, E. planchoniana (Cornu) y E. thaxteriana (Petch, Hall y Bell) (Aruta y col. 1974, Mellado y col. 1976). La especie E. aphidis se detectó sobre R. padi y S. avenae, E. planchoniana sobre M. dirhodum y S. avenae y E. thaxteriana sobre S. avenae (Aruta y col. 1974). Sin embargo para la zona central se ha descrito la presencia de una sola especie: E. aphidis (Olalquiaga 1963, Caballero 1972, Apablaza y Tiska 1973). Posterior a estos años se ha evaluado el porcentaje de áfidos muertos por hongos pertenecientes al género Entomophthora, sin llegar a identificar

las especies, por lo que sería necesario identificar las especies de hongos patógenos de los áfidos en la zona central (Campos y Charlin 1976, Lamborot y Guerrero 1979, Quiroz 1988).

Cuando ocurrió la gran plaga de M. dirhodum y S. avenae, el porcentaje de áfidos parasitados por hongos entomopatógenos tanto en el sur como en la zona central de Chile alcanzó valores de hasta un 90 a 100 % (Caballero 1972, Campos 1973, Carrillo y col. 1978). Esta mortalidad estuvo relacionada a densidades poblacionales altas (42 áfidos/eje) (Caballero 1972).

#### 1.4.2. Insectos parásitos de áfidos.

Con el objeto de disminuir la plaga de áfidos el gobierno de Chile y la F.A.O. suscribieron un proyecto en el cual se contemplaba, la introducción de microhimenópteros parasitoides de áfidos (Norambuena 1981). Diversas especies se comenzaron a introducir en los años 1976-1977-1978 (I.N.I.A. 1982).

Antes de la introducción de nuevas especies, R. padi era parasitado principalmente por Diaretiella rapae (M'Intosh) (Carrillo y Mellado, 1975) y R. maidis y S. graminum por Lysiphlebus testaceipes y Aphidius matricariae (Zúñiga 1977). Sin embargo, M. dirhodum y S. avenae no presentaban parasitoides que los controlasen efectivamente en Chile, lo cual se debería, según Van den Bosch (1977), a

que al invadir estos áfidos accidentalmente el país, escaparon de sus enemigos naturales presentes en la región paleártica y neártica. Posteriormente los parasitoides de estas especies que lograron establecerse y multiplicarse destacan los afididos: Aphidius ervi, complejo Aphidius rhopalosiphi-uzbekistanicus y Monoctonus nervosus (Norambuena op cit.).

#### 1.4.3. Insectos predadores de áfidos.

En Chile las especies de Coccinélidos, o vulgarmente denominadas "chinitas", depredadoras de áfidos son, de acuerdo a Zúñiga (1988), en su mayoría nativas o endémicas. Estas especies son Eriopsis connexa Germar, Adalia bipunctata, Adalia deficiens (Mulsant), Adalia anquilifera (Mulsant), y Coccinella sp. (Lara de Z. y Zúñiga 1969, Apablaza y Tiska 1973, Carrillo y Mellado 1975).

Las especies de sirfidos más comunes en el país son Allograpta pulchra Shanon, Sirphus octomaculatus Walk, Sirphus similis Blanch., Melanostroma chalconotum (Phil.) y Melanostroma fenestratum Macq. (von den Bosch 1977, Zúñiga 1967, Zúñiga 1974).

#### 1.5. Gramíneas silvestres hospedantes de áfidos.

Los áfidos de los cereales se han encontrado no sólo sobre gramíneas cultivadas, sino también sobre otras plantas de diversas familias (Coon 1959, Leather y Dixon 1982, Williams 1987), por lo que se consideran polífagos (Zuñi-

ga 1967). La casi totalidad de los trabajos acerca de áfidos y sus enemigos naturales, tanto en otros países como en Chile, se han realizado sobre cultivos. Sin embargo, en el verano, en la época en que la mayoría de los cereales se han secado, otras plantas se encuentran infestadas por áfidos de los cereales y posiblemente también por el virus del enanismo amarillo; de ahí que se consideran importantes en la mantención de la relación hospedero-vector-virus (Coon 1959).

Vargas (1981) determinó 35 plantas hospederas de los áfidos de los cereales de la V Región, de las cuales 32 pertenecen a la familia Gramineae y las otras tres a las familias Cyperaceae, Iridaceae y Juncaceae. Posteriormente, se sumó otras especies de gramíneas hospedantes de asociaciones de la cordillera de los Andes y de la costa de la V Región (Quiroz y col. 1986, Araya 1987). Quiroz (1986) muestreó entre enero y mayo (época en que la mayoría de los cultivos de cereales han alcanzado su madurez), en diversos lugares de la región metropolitana y encontró en lugares precordilleranos la mayor diversidad de gramíneas hospedantes. Considerando que la presencia de los áfidos y de sus enemigos biológicos en áreas silvestres puede influir en la población de áfidos de los cultivos en la temporada siguiente, sería necesario hacer un censo de las gramíneas silvestres hospedantes de los áfidos de los cereales y sus enemigos biológicos en áreas silvestres precordilleranas a

lo largo de todo el año.

La casi totalidad de los trabajos que determinan la presencia de enemigos biológicos de los áfidos de los cereales, tanto en otros países como en Chile, se han realizado sobre cultivos. Debido a que una gran parte del tiempo los áfidos se encuentran casi exclusivamente sobre gramíneas silvestres, el control que ejerzan los enemigos naturales en estas áreas puede determinar la futura población de áfidos en los cultivos.

En gramíneas silvestres, de diversas localidades de la zona central, se ha descrito la presencia de los himenópteros Aphidius ervi parasitando a M. dirhodum, R. maidis, R. padi, S. graminum y S. avenae; y Aphidius rhopalosiphium-uzbekistanicus parasitando a M. dirhodum, (Suzuki 1981) y Praon sp. sobre M. dirhodum, S. avenae y R. padi (Quiroz y col. 1986).

Sin embargo, no hay antecedentes en el país acerca de la presencia de hongos patógenos parasitando a áfidos en gramíneas silvestres. En la primavera de 1986 se detectó áfidos parasitados por hongos en gramíneas silvestres de diversas localidades de la región metropolitana, por lo que se pensó sería interesante determinar las especies de hongos patógenos y evaluar el porcentaje de áfidos parasitados en áfidos de gramíneas silvestres. Debido a que las esporas de hongos pueden transportarse ya sea por el aire o en las alas de los áfidos (Wilding y Perry 1980), se postula en esta

tesis que las especies de áfidos y de hongos patógenos de los áfidos que se encuentran en gramíneas silvestres de la precordillera, son las mismas que las encontradas en los cultivos de trigo de la zona central.

#### 1.6. Objetivos.

1. Determinar las especies de gramíneas silvestres hospedantes de los áfidos de los cereales en áreas precordilleranas de la zona central de Chile.

2. Identificar las especies de áfidos y de hongos patógenos de los áfidos de los cereales a lo largo del año en áreas silvestres precordilleranas y en un cultivo de trigo de Chile central.

3. Determinar la abundancia de áfidos en áreas silvestres precordilleranas y en un cultivo de trigo a lo largo del año en las áreas estudiadas.

4. Determinar el porcentaje de áfidos parasitados en áreas silvestres precordilleranas y en un cultivo de trigo a lo largo del año y discutir los factores que controlarían la variación anual.

## 2.

## AREAS DE ESTUDIO

## 2.1. Selección de las áreas de muestreo.

Las áreas seleccionadas debían cumplir con los siguientes requisitos:

a) Cercanía a Santiago. Para la identificación de hongos entomopatógenos en los áfidos se requiere incubar el material el mismo día de su recolección (Aruta y col. 1974). Por ello, la cercanía al laboratorio es indispensable.

b) Antecedentes previos de presencia de gramíneas silvestres y áfidos de los cereales en las áreas precordilleranas analizadas (Quiroz 1986, Araya 1987).

c) Condiciones ambientales que permitan la presencia de áfidos y hongos entomopatógenos, al menos en una época del año.

d) Áreas exentas de aplicaciones de insecticidas durante el período de estudio.

e) Presencia cercana de una estación meteorológica.

## 2.2. Áreas silvestres.

En la temporada primavera - verano (1986 - 87) se visitaron diversas áreas precordilleranas de la Región Metropolitana, de las cuales se tenía antecedentes de la presencia

de gramíneas con pulgones (Araya 1986, Quiroz 1986): la Quebrada El Yeso, El Alfalfal, la Reserva Nacional Río Clarillo y el fundo San Eugenio camino a Lagunillas (Fig.2). De estos lugares se eligió dos para realizar muestreos periódicos:

La Reserva Nacional Río Clarillo (área silvestre protegida a cargo de Conaf) se encuentra a 45 Km. al S.E. de Santiago, en el borde oriental del llano de Pirque. Presenta especies arbóreas pertenecientes a la formación vegetal tipo esclerófilo de los ambientes precordilleranos de la zona central: peumo (Cryptocarya alba (Mol.) Looser), quillay (Quillaja saponaria Mol.), litre (Lithraea caustica (Mol.) H. et Arn.), canelo (Drimys winteri Forst.) y lingue (Persea lingue Nees). Hay una estación meteorológica, lo que junto a las ventajas de ser una área silvestre protegida facilita la investigación en este lugar. Se prefirió muestrear intensivamente dos sectores de la Reserva Nacional Río Clarillo: la quebrada El Almendral y La Aguita de la Tinaja (Fig. 3). Estos son sectores húmedos, atravesados por arroyos, lo que favorecería la presencia de gramíneas, áfidos y hongos entomopatógenos.

El otro sector precordillerano escogido fue un sector del fundo San Eugenio, ubicado en el Km. 7 del camino a Lagunillas. El estrato arbóreo está dominado por Quillaja saponaria, en laderas de cerros. Este sector no presenta la humedad de las quebradas de Río Clarillo.

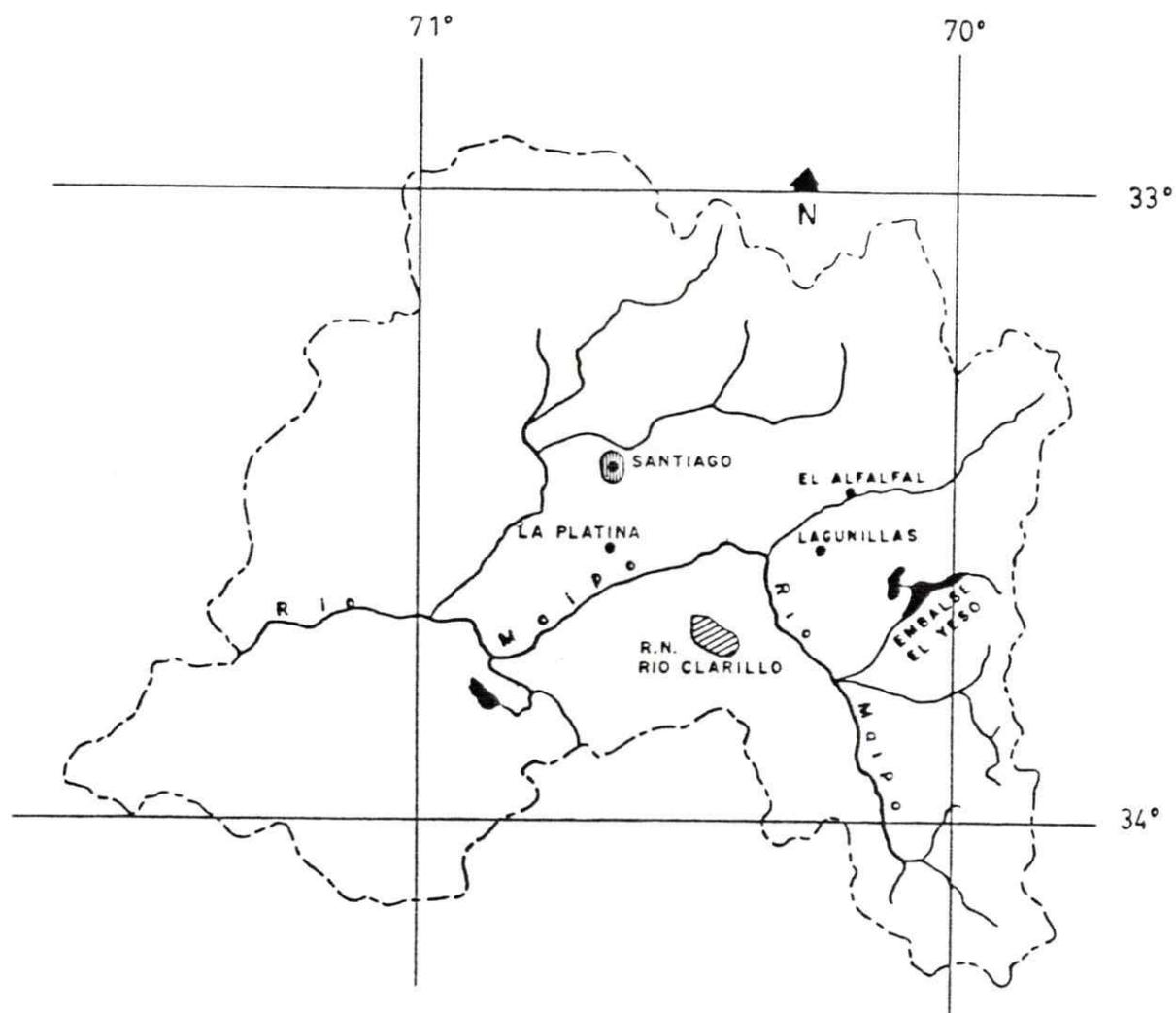


Fig.2. Areas de muestreo en la Región Metropolitana.  
Escala: 1 cm = 12,6 km.

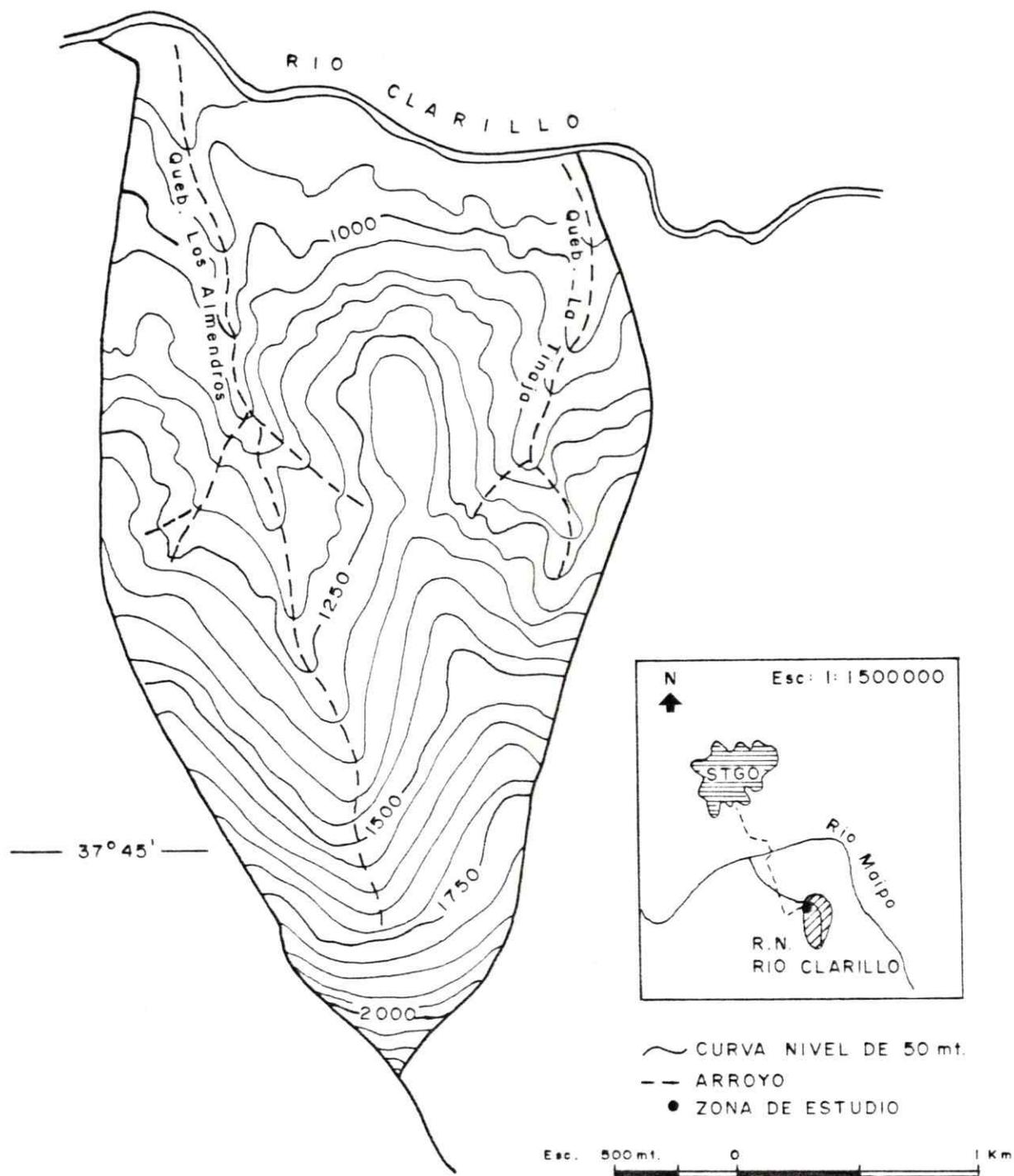


Fig. 3. Mapa topográfico de zonas de muestreo intensivo en la Reserva Nacional Río Clarillo.

La Reserva Nacional Río Clarillo y Lagunillas presentan un clima de carácter mediterráneo cordillerano con inviernos fríos y lluviosos en oposición a veranos cálidos y secos. En relación al valle, el sector andino donde se ubica la reserva, muestra un incremento en las precipitaciones con una media anual de 750 mm.

### 2.3. Area cultivada.

El requisito principal que debe cumplir un cultivo en el cual se estudiará a las poblaciones de áfidos y sus enemigos biológicos, es el de no ser sometido a insecticidas. Esta condición, junto a la cercanía del lugar a Santiago y la presencia de una Estación Meteorológica se encontró en un cultivo de trigo en la Estación Experimental La Platina, durante la temporada primavera-verano 1987. En este lugar, se efectúan diversos estudios de las poblaciones de áfidos de los cereales y su control desde hace más de 15 años. Está ubicado en la comuna La Pintana al S.E. de Santiago (Fig. 1).

El trigo se sembró en 7 pares de parcelas rectangulares de 2 m. de ancho, dispuestas una frente a la otra. Los pares de parcelas estaban separados por un camino de 4 m. y las parcelas contiguas por un camino de 2 m. de ancho. Las parcelas de un lado tenían 40 filas de trigo, y las otras 54 filas. Las filas estaban sembradas a una distancia de 30 cm. entre sí, de manera que el área total sembrada fue de 420 m<sup>2</sup>.

## 3.

## METODOS

## 3.1. Muestreo en áreas silvestres.

Con el objeto de determinar las gramíneas silvestres hospedantes y no hospedantes, las especies de áfidos y sus enemigos biológicos a lo largo del año, se hicieron muestreos en la Reserva Nacional Río Clarillo (octubre 1986-abril 1989), en el sector de Lagunillas (octubre 1986-agosto 1988) y en la Quebrada El Yeso (Enero y Agosto 1987).

En los muestreos realizados en las áreas recién mencionadas, se recorrió los sectores recolectando al menos tres ejemplares de todas las especies de gramíneas encontradas, en una prensa de herbario. En un transecto de 250 m. (desde el camino hasta un arroyo ubicado al fondo de una ladera en el sector de Lagunillas; y a 5 m a ambos lados del arroyo a lo largo de la Quebrada El Almendral en la Reserva Nacional Río Clarillo), se recolectaron las especies de gramíneas examinándolas cuidadosamente con una lupa en terreno para determinar la presencia de áfidos en la raíz, tallo, hoja o espiga. Los áfidos se identificaron en terreno con la ayuda de una lupa y una clave de campo (Campos y col. 1979). Para determinar cuáles eran las gramíneas que hospedaban a los áfidos a fines de invierno, se marcaron las plántulas (sin espiga) que presentaban pulgones con

etiquetas para su posterior identificación en estado de espigadura. El estado de desarrollo de las gramíneas se determinó de acuerdo a las escalas de Feekes o Zadocks (Large 1954, Zadocks y col. 1974).

Las gramíneas se clasificaron en dos grupos: hospedantes y no hospedantes. Como hospedante se definió a la especie de planta que presentara en alguna época del año pulgones ápteros. Las plantas recolectadas fueron herborizadas anotando el número correlativo de recolección, fecha de colección, localidad y la presencia o ausencia de áfidos en la especie y depositadas en el herbario del Departamento de Botánica de la Universidad de Concepción.

Los ejemplares tipo del primer año de muestreo se llevaron al Departamento de Botánica de la Facultad de Ciencias Naturales y Recursos Renovables de la Universidad de Concepción, donde, con la colaboración del Dr. Oscar Matthei se identificaron las especies. Posteriormente se identificó el material con la ayuda de claves de identificación y literatura relacionada (Matthei 1965, Navas 1973, Thommen 1967, Klapp 1965, Parodi 1944, Nicora 1978, Muñoz 1984, Matthei 1986).

En Lagunillas el muestreo se realizó mensualmente en los meses de primavera, y cada dos meses en verano, otoño e invierno, ya que por la sequedad del lugar no se encontraban gramíneas en estas fechas. Además en invierno de 1987 se cubrió de nieve el sector.

En la Reserva Nacional Río Clarillo se realizaron muestreos mensuales a lo largo de todo el año, que se intensificaron en primavera por el aumento de las gramíneas y de los áfidos. En septiembre y octubre se muestreó quincenalmente, en noviembre cada siete días y en diciembre nuevamente se comenzó a muestrear una vez al mes.

### 3.1.1. Abundancia relativa de las especies de gramíneas silvestres hospedantes a lo largo del año.

La importancia de las diferentes especies de gramíneas silvestres como hospedantes de los áfidos de los cereales, dependerá, entre otros factores, de la abundancia de las especies ya que a mayor número de plantas hospedantes, mayor podrá ser la abundancia de los áfidos. Se estimó la abundancia de las gramíneas en primavera de 1987 en la quebrada El Almendral de la Reserva Nacional Río Clarillo, usando los parámetros de frecuencia y densidad. Estos se evaluaron en gramíneas que presentaban el estado de desarrollo entre floración y grano lechoso. Se determinó la frecuencia de aparición de las distintas especies de gramíneas, colocando un cuadrante de 1 m<sup>2</sup> sobre el estrato herbáceo cada 10 m. a lo largo de un transecto de 200 m. junto al arrollo de la quebrada El Almendral. La frecuencia se expresó como porcentaje de estaciones en que se detecta la especie de gramínea. La densidad de las especies que presentaban una frecuencia superior a un 10 % se estimó en 5

parcelas monoespecíficas de 1 m<sup>2</sup> ubicadas a lo largo de la quebrada El Almendral y marcadas con estacas de madera. Al interior de estas parcelas se contó el número de ejes en 12 subparcelas de 10 x 10 cm<sup>2</sup> elegidas al azar. La densidad quedó expresada como número de ejes / 100 cm<sup>2</sup> de un promedio de 12 submuestras. En las otras épocas del año se estimó visualmente la abundancia de las gramíneas hospedantes, en relación a la gramínea hospedante más abundante en primavera (Avena barbata). La abundancia relativa se expresó dando un valor relativo : 1 = escasa, 2 = frecuente y 3 = abundante.

### 3.1.2. Determinación de la hospitalidad de las especies de gramíneas silvestres a los áfidos.

Para determinar la hospitalidad de las distintas especies de gramíneas a los áfidos de los cereales, se evaluó en terreno la infestación de las especies de gramíneas encontradas. En primavera y verano se determinó la proporción de ejes infestados en plantas con espigas (debido a la facilidad de identificar la especie de gramínea). El número de ejes examinados dependía de la abundancia de cada especie de gramínea: de aquellas abundantes se revisaban 35 a 50 ejes por muestreo en las parcelas mencionadas, de las escasas se revisaban sólo los ejes que se encontraban. El nivel de infestación de los ejes se estimó contando el número de pulgones por eje infestado.

Para estimar la hospitalidad máxima de las especies de gramíneas en cada época del año en la Reserva Nacional Río Clarillo, se definió el siguiente índice de infestación:

$$I = (Ei / Et) \text{ máx. } \times Xp$$

donde, I = grado de infestación máxima de la especie de gramínea en una determinada época del año;

$(Ei / Et) \text{ máx}$  = proporción máxima de ejes infestados, cuando la mayoría de las plantas está en estado de cariopsis; número de ejes infestados (Ei), número de ejes totales (Et).

$Xp$  = promedio de pulgones correspondiente a la proporción máxima de ejes infestados. Se contó el número de pulgones de una fracción de los ejes infestados contados en cada muestreo.

Para determinar la importancia de cada especie de gramínea como hospedante de áfidos en un determinado lugar y tiempo, se definió el siguiente índice, que considera la abundancia de las gramíneas:

$$I.H. = I \times F \times D$$

donde I.H. = índice de hospitalidad;

I = grado de infestación máxima de la especie;

F = frecuencia de aparición de la gramínea expresado como proporción;

D = Densidad promedio de los ejes de la gramínea.

**3.1.3. Determinación de la diversidad y abundancia de especies de áfidos presentes en las gramíneas silvestres hospedantes a lo largo del año.**

En cada fecha de muestreo se identificaron en terreno las especies de áfidos observando sus características macroscópicas con una lupa manual, según la clave de campo (Campos y col. 1979); y se mantuvo el registro de las distintas especies de áfidos por cada especie de gramínea hospedante.

Se colectaron muestras de áfidos para corroborar su identificación observándolos bajo el microscopio en el laboratorio. Los áfidos se colectaron en frascos de vidrio estériles, con tapa enroscada, sobre un trozo de hoja o espiga de la planta hospedera. Los frascos se marcaron con la fecha y el número de herbario de la planta hospedera o directamente las iniciales del nombre de la planta. El número de áfidos recolectados varió según la abundancia de áfidos y de gramíneas hospedantes. Los áfidos que presentaban síntomas de infección fúngica se colectaron aparte, cada uno separado. Todas estas muestras se transportaron al laboratorio (en verano en cajas de cartón dentro de una caja termoaislada, con hielo para evitar la muerte por disecación de los áfidos).

### 3.1.5. Dinámica de la interacción planta - áfido - enemigos biológicos durante la temporada de primavera.

Con el fin de cuantificar la densidad de los áfidos en el periodo de presencia de áfidos infectados con hongos entomopatógenos se establecieron, en un transecto de 200 metros en la quebrada húmeda El Almendral, 7 parcelas de muestreo de 1 m<sup>2</sup> durante agosto y septiembre de 1987. Las parcelas se ubicaron bajo la sombra de árboles, debido a que en el año anterior se había observado una mayor presencia de áfidos infectados con hongos entomopatógenos en gramíneas ubicadas en sectores sombríos. Las parcelas se marcaron con una estaca de madera en cada esquina. La composición de especies de gramíneas en las distintas parcelas se determinó cuando las gramíneas espigaron. Para evaluar la infestación de estas parcelas, y medir la abundancia de las gramíneas se confeccionó un cuadrante de 1 m<sup>2</sup>, dividido por 10 cordones equidistantes que atravesaban ambos lados, obteniendo un total de 100 cuadrados de 10 x 10 cm. Las parcelas se muestrearon semanalmente a partir del 15 de septiembre, colocando sobre ellas el cuadrante. Se eligieron al azar 12 cuadrados donde se contó el número de ejes, el número de ejes infestados, el número de individuos de cada especie de pulgón en cada eje, el número de áfidos con síntomas de infección fúngica.

La sintomatología que presenta un áfido infectado por hongos entomopatógenos es visualmente distinguible de la de

un áfido parasitado por un himenóptero. El áfido infectado por un hongo entomopatógeno queda adherido a la planta por el abdómen o por la proboscis del insecto (según sea la especie fúngica) a través de una estructura hifal especializada denominada rizoide. En condiciones de alta humedad el cuerpo del áfido se observa aterciopelado, de color blanco a beige. En estas condiciones las hifas conidióforas pueden esporular y, el hongo lanza sus esporas alrededor del cuerpo del áfido, de manera que frecuentemente se observan los áfidos infectados rodeados por un halo circular blanco. Si la humedad ambiental decrece los áfidos infectados presentan una coloración rojiza. El áfido parasitado por himenóptero también permanece adherido a la planta, pero cuando el áfido ha alcanzado el estado de prepupa, el cuerpo del áfido presenta una forma esférica, de color plateado-dorado, semejante a una perla.

Se estimó la proporción de la población de pulgones afectada por hongos para compararlo posteriormente con lo que ocurre en las áreas cultivadas en la misma temporada. Esto se realizó directamente en terreno contando el número de pulgones con síntomas de infección fúngica y el número de áfidos aparentemente sanos a lo largo de la temporada. Debido a que éstos áfidos (sin síntomas de infección fúngica) podían estar en la etapa inicial del proceso de infección, se los colocó sobre hojas de cebada en el interior de cámaras húmedas. Las condiciones a 100 % de

humedad relativa de la cámara húmeda permiten la germinación e infección de la espora fúngica que pudiera haberse encontrado sobre el áfido en el momento de su recolección (Wilding 1969). Al cabo de 5 días se observó si estaban con síntomas de infección o si permanecían sanos. Estos áfidos se disectaron y observaron bajo el microscopio buscando estructuras fúngicas, determinando así el porcentaje de áfidos potencialmente infectados en el campo en la fecha del muestreo.

### 3.1.5. Determinación de predadores y de parásitos de los áfidos de los cereales.

Durante los meses de muestreo se anotaron también la presencia de otros organismos que interactúan con los áfidos. Estos se contabilizaron junto con los áfidos y se identificaron hasta el nivel de familia. Los coccinélidos presentes se contaron y se recolectaron algunos ejemplares tipo para su posterior identificación (Zuñiga 1967, 1974). Los microhimenópteros se contaron en terreno, pero no se identificaron.

### 3.2. Muestreo en un área cultivada.

En un cultivo experimental de trigo, libre de insecticidas, en la Estación Experimental La Platina, se comenzó a muestrear al día siguiente de una infestación artificial de R. padi, cuando las plantas estaban en estado de macollaje (29 de septiembre de 1987). En cada una de

las 14 parcelas se escogieron al azar dos filas, que se marcaron y se continuaron muestreando semanalmente a lo largo de la temporada. En cada fila se eligió al azar una unidad muestral del centro o de la orilla de la fila. La unidad muestral, del 29 de septiembre al 26 de octubre, correspondió a una macolla. El 5 de octubre se muestreó una fila por parcela, debido al gran número de áfidos presentes y la disponibilidad de tiempo. A partir del 2 de noviembre, debido al entrecruzamiento de los ejes provenientes de una macolla con los de macollas vecinas, a la poca cantidad de áfidos, y para estandarizar el muestreo, se tomó como unidad muestral a un conjunto de 10 ejes contiguos (corresponde aproximadamente a una macolla). A partir del 16 de noviembre se aumentó el número de unidades muestrales a dos por fila (2 x 10 ejes), ya que el número de pulgones disminuyó y se disponía así de mayor tiempo para el conteo.

Se caracterizó el estado de desarrollo del trigo de acuerdo a la escala de Zadocks (Zadocks y col. 1974). No se cortó ejes ni espigas para alterar lo menos posible el cultivo experimental. La identificación de los áfidos en terreno se realizó observando los áfidos con una lupa manual y utilizando la clave de Campos y col. (1979). En cada unidad muestral y para cada especie de áfido presente se registró en cada fecha de muestreo el número de áfidos sanos, infectados y parasitados, y el número de predadores de áfidos. Además se colectaron, en frascos estériles, áfidos

sanos y con síntomas de parasitismo de filas distantes a las marcadas. En los frascos se colocaron los áfidos sanos con un trozo de hoja (para su sobrevivencia hasta el laboratorio), y los áfidos con síntomas de infección fúngica se colectaron junto con el trozo de hoja al cual estaban adheridos. En el laboratorio los áfidos colectados se colocaron en una cámara húmeda para la identificación de los hongos.

### 3.3. Mediciones climáticas.

Se utilizaron las fichas meteorológicas de los meses de trabajo de la Reserva Nacional Río Clarillo y de la Estación Experimental La Platina.

### 3.4. Incubación de áfidos con síntomas de infección fúngica.

Para identificar los hongos entomopatógenos es necesario conocer sus conidias y demás estructuras vegetativas. Para esto, se debe inducir la esporulación del hongo colocando el áfido infectado en el interior de una cámara húmeda. Esta mantiene una humedad relativa del aire cercana al 100 %. Se colocó en el interior de una placa Petri un papel filtro, una " V " de vidrio, y sobre ésta un cubreobjetos. Este material se esterilizó en un autoclave. En el laboratorio, se colocó los áfidos infectados recolectados en posición abdominal sobre el cubreobjetos en el interior de la placa humedecida con agua estéril. Los áfidos colectados se dejaron en el interior de cámaras húmedas a

22°C durante 8, 16, 24, 48 y 72 horas, con el objeto de seguir el proceso de infección (Aruta y col. 1974).

### 3.5. Preservación de las preparaciones de áfidos infectados.

Las preparaciones obtenidas de los áfidos sanos y de los áfidos infectados en distintas etapas de infección, se fijaron con lactofenol (Fernandez, 1979) y los bordes del cubreobjetos se sellaron con esmalte de uñas (Delfino 1979, Aruta y col. 1974). Para la identificación de los hongos entomopatógenos se tificaron las esporas primarias y secundarias con azul de algodón con el objeto de distinguir sus núcleos (Aruta y col. 1974).

### 3.6. Identificación de hongos entomopatógenos.

Para la identificación de los hongos entomopatógenos se consideraron características macroscópicas como la sintomatología que presentaba el áfido infectado, color, presencia o ausencia de rizoide; y características microscópicas obtenidas en distintos estados de desarrollo del hongo: forma y tamaño de los cuerpos hifales, tipo de hifas conidióforas, forma y tamaño de las conidias primarias, secundarias y terciarias (si es el caso), número de núcleos en las esporas o conidias; y presencia y características de esporas de resistencia. Las mediciones se realizaron en un ocular graduado Zeiss. Para la identificación se consideró la literatura pertinente y fue corroborada por los Dres. C. Aruta y R. Carrillo de la Facultad de Agronomía de la Universidad

Austral (Aruta y col. 1973, Remaudiere 1980, Zimmermann 1978, Waterhouse 1973).

### 3.7. Identificación de los áfidos con síntomas de infección fúngica.

La mayor parte de las claves se basan en el supuesto de contar con ejemplares vivos, que presentan una coloración que permite distinguir más fácilmente en el campo una especie de otra (Campos y col. 1979). Sin embargo, la identificación de un áfido parasitado por un hongo entomopatógeno suele ser difícil, debido a que el insecto pierde su color, forma e incluso estructuras persistentes (antenas, cornículos y patas) se pierden en avanzado estado de infección. Por esta razón, con el objeto de saber cuales especies de áfidos eran parasitadas por las diferentes especies de hongos, se identificaron los áfidos infectados en base a la clave de Delfino (1983), que se basa en características microscópicas y estructurales de los áfidos (tamaño, forma y escamas de los cornículos; número de pelos de la cauda, tamaño y número de receptores sensoriales de las antenas, tipo de venación en áfidos alados, forma de la cabeza).

## 4.

## RESULTADOS

## 4.1. Gramíneas silvestres hospedantes y no hospedantes.

En las localidades de Lagunillas, Quebrada El Yeso y Reserva Nacional Río Clarillo se identificó un total de 43 especies de gramíneas silvestres a lo largo de los 25 meses de muestreo (Sep.1986 - Abr. 1989) (Tabla 1). En 22 de estas especies no se detectó áfidos de los cereales ápteros, por lo que se clasificaron como no hospedantes, y en 21 especies se detectó áfidos a lo menos en uno de los muestreos.

## 4.2. Distribución estacional de las gramíneas silvestres.

En la Quebrada El Yeso se encontraron cinco especies de gramíneas en pleno verano (Enero), dos de ellas infestadas con pulgones (Elymus sp. y Bromus catharticus). En las restantes (Hordeum murinum, Polypogon semiverticillata y Stipa speciosa) no se detectaron pulgones. En agosto se encontró plántulas (sin espiga), ninguna de ellas infestada.

En Lagunillas se registraron 11 especies de gramíneas silvestres durante los meses de primavera (1986 y 1987). Nueve especies se detectaron con pulgones (Tabla 2). A fines de noviembre la mayor parte de las especies se secaron, situación que perduró hasta la aparición de plántulas infes-

Tabla 1. Gramíneas silvestres hospedantes y no hospedantes de áfidos en áreas precordilleranas de la Región Metropolitana.

NO HOSPEDANTES	HOSPEDANTES
<u>Aira caryophyllea</u> **	<u>Avena barbata</u> **
<u>Agrostis sp.</u> (?)	<u>Bromus berterianus</u>
<u>Briza maxima</u> **	<u>Bromus catharticus</u>
<u>Briza minor</u> **	<u>Bromus hordeaceus</u> **
<u>Briza stricta</u> **	<u>Bromus rigidus</u> **
<u>Chascolytrum subaristatum</u>	<u>Bromus scoparius</u> **
<u>Dactylis glomerata</u> **	<u>Bromus setifolius</u>
<u>Digitaria sanguinalis</u> **	<u>Cynosurus echinatus</u> **
<u>Echinochloa sp.</u> *	<u>Elymus sp.</u>
<u>Eragrostis sp.</u>	<u>Hordeum chilense</u>
<u>Eragrostis virescens</u>	<u>Hordeum murinum</u> **
<u>Hordeum marinum</u> **	<u>Lolium multiflorum</u> **
<u>Imperata condensata</u>	<u>Lophocloa cristata</u> **
<u>Lolium perenne</u> **	<u>Melica laxiflora</u>
<u>Poa annua</u> * **	<u>Phalaris amethystina</u>
<u>Piptochaetium montevidense</u>	<u>Polygono australis</u>
<u>Rhombolytrum sp.</u>	<u>Polygono elongatus</u>
<u>Setaria lutescens</u> **	<u>Polygono semiverticillata</u>
<u>Stipa neesiana</u>	<u>Trisetum sp.</u>
<u>Stipa speciosa</u>	<u>Vulpia megalura</u>
<u>Vulpia bromoides</u> **	<u>Vulpia myuros</u> **
<u>Eleusine tristachya</u> **	

\* Consideradas hospedantes por Araya (1987). \*\* Introducidas.

Tabla 2. Presencia estacional de gramíneas en Lagunillas.

Especies de gramíneas	Meses (1987 - 1988)				
	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic. - Jul.
<u>Avena barbata</u>	o	o*	*	-	-
<u>Bromus berterianus</u>	o	o	*	+	-
<u>Bromus catharticus</u>	o	o	+	+	-
<u>Bromus hordeaceus</u>	o	o	*	*	-
<u>Bromus rigidus</u>	o	o	+	*	-
<u>Bromus scopiarus</u>	o	o	*	+	-
<u>Hordeum chilense</u>	o	o	*	*	-
<u>Hordeum marinum</u>	o	o	+	+	-
<u>Hordeum murinum</u>	o	o	*	*	-
<u>Phalaris amethystina</u>	o	o	+	*	-
<u>Vulpia megalura</u>	o	o	*	+	-

- (+), ausencia (presencia) de gramínea; o, gramínea en estado de plántula sin áfidos; \*, gramínea con espiga y con áfidos; o\*, gramínea con áfidos en estado de plántula.

tadas con M. dirhodum alados. 50 de estas plántulas marcadas fueron identificadas posteriormente como Avena barbata. Posteriormente se registró la presencia de R. padi, S. graminum, y a fines de primavera S. avenae.

En la Reserva Nacional Rio Clarillo se registró un total de 40 especies de gramíneas desde 1986 a 1989. 20 especies se consideraron hospedantes de áfidos (Tabla 3). Algunas especies se encontraron sólo en un año ( Bromus scoparius y Bromus setifolius). Otras especies se detectaron a lo largo de casi todo el año (Avena barbata y Polygono australis), aunque su abundancia y distribución varió en las distintas estaciones. Numerosas gramíneas anuales se detectaron sólo en primavera (Bromus spp., Melica laxiflora, Hordeum murinum, Hordeum chilense, Trisetum sp. y Phalaris amethystina). Vulpia megalura se encontró en primavera y en otoño.

Las gramíneas de las quebradas precordilleranas de la Región Metropolitana mostraron una clara distribución estacional (Tablas 3 y 4). Un número importante de gramíneas anuales se registraron sólo en primavera (11 no hospedantes y 10 hospedantes). Algunas de estas especies alcanzaron el estado de espigadura a principios de primavera y otras a fines de primavera. En esta estación se registró la mayor diversidad de gramíneas (35), de las cuales 17 estaban infestadas. En verano se detectó un menor número de

Tabla 3. Distribución estacional de las gramíneas hospedantes en áreas precordilleranas de la Región Metropolitana.

Especie de Gramínea	Primavera		Verano		Otoño		Invierno	
	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
<u>Avena barbata</u>	*	*	*	-	*	*	+	*
<u>Bromus berterianus</u>	*	*	-	-	-	-	o	+
<u>Bromus catharticus</u>	*	*	o	o	*	+	o	o
<u>Bromus hordeaceus</u>	*	*	-	-	-	-	o*	*
<u>Bromus rigidus</u>	*	*	-	-	-	-	o	o
<u>Bromus scoparius</u>	*	*	-	-	-	-	o	o
<u>Bromus setifolius</u>	*	-	-	-	-	-	o	o
<u>Cynosurus echinatus</u>	o	*	*	-	-	-	-	-
<u>Elymus sp.</u>	-	o	*	-	-	-	-	-
<u>Hordeum chilense</u>	o	*	-	-	-	-	-	o
<u>Hordeum murinum</u>	*	*	-	-	-	-	o	o
<u>Lolium multiflorum</u>	*	*	+	-	*	*	-	o
<u>Lophocloa cristata</u>	o	*	-	-	-	-	-	-
<u>Melica laxiflora</u>	*	*	-	-	-	-	o	o
<u>Phalaris amethystina</u>	*	*	-	-	-	-	-	o
<u>Polygono australis</u>	*	*	*	*	*	*	*	*
<u>Polygono elongatus</u>	o	*	*	-	-	*	*	o
<u>Polygono semiverticillata</u>	-	-	o	+	-	*	-	-
<u>Trisetum sp.</u>	*	*	-	-	-	-	-	o
<u>Vulpia megalura</u>	+	-	-	-	+	*	*	*
<u>Vulpia myuros</u>	+	-	-	-	-	-	*	*

1., primera mitad de la estación; 2. segunda mitad de la estación.  
 - (+), ausencia (presencia) de gramínea sin áfidos; o, gramínea en estado de plántula; \*, gramínea con espiga y áfidos.

Tabla 4. Distribución estacional de gramíneas no hospedantes en áreas precordilleranas de la Región Metropolitana.

Especie de Gramínea	Primavera		Verano		Otoño		Invierno	
	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
<u>Aira cariophyllea</u>	+	+	-	-	-	-	-	-
<u>Agrostis sp.</u>	-	+	-	-	+	-	-	-
<u>Briza maxima</u>	+	-	-	-	-	-	-	-
<u>Briza minor</u>	+	-	-	-	-	-	-	-
<u>Briza stricta</u>	+	-	-	-	-	-	-	-
<u>Chascolytrum subaristatum</u>	+	+	-	-	-	-	-	-
<u>Dactylis glomerata</u>	-	+	+	-	+	-	-	-
<u>Digitaria sanguinalis</u>	-	+	-	-	+	+	-	-
<u>Echinochloa sp.</u>	-	-	-	-	+	+	+	-
<u>Eleusine tristachya</u>	-	-	-	-	+	+	-	-
<u>Eragrostis sp.</u>	-	-	-	-	+	-	-	-
<u>Eragrostis virescens</u>	-	-	+	-	+	-	-	-
<u>Hordeum marinum</u>	+	+	-	-	-	-	-	-
<u>Imperata condensata</u>	-	+	+	-	-	-	-	-
<u>Lolium perenne</u>	+	+	-	-	-	-	+	+
<u>Poa annua</u>	+	+	-	-	-	-	-	-
<u>Piptochaetium montevidense</u>	-	-	-	-	-	+	+	-
<u>Rhomboethyna sp.</u>	-	+	-	-	-	-	-	-
<u>Setaria lutescens aff.</u>	-	-	-	-	+	+	+	-
<u>Stipa neesiana</u>	-	+	-	-	-	-	-	-
<u>Vulpia bromoides</u>	+	-	-	-	-	-	-	-

1., primera mitad de la estación; 2., segunda mitad de la estación.  
+, presencia de gramínea; -, ausencia de gramínea.

gramíneas (10), con sólo 5 especies hospedantes. En invierno se registraron pocas gramíneas en estado adulto.

#### 4.3. Abundancia de las gramíneas silvestres hospedantes a lo largo del año.

Con respecto a la abundancia de las gramíneas silvestres hospedantes presentes en la quebrada, esta se estimó visualmente a lo largo del año en comparación a la abundancia de A. barbata en primavera (Tabla 5). A. barbata, que se encontró distribuida en una gran diversidad de ambientes, fue una especie muy abundante en esta estación. En general, en primavera la abundancia de las gramíneas alcanzó su máximo, ya que es en esta estación donde crecen, florecen y dan semilla la mayoría de las gramíneas silvestres. En esta estación se encontraron especies que habitaban una gran diversidad de ambientes (A. barbata, Bromus spp., Vulpia spp., Lolium spp., Trisetum sp., Phalaris amethystina y H. murinum). Otras gramíneas, como por ejemplo, Melica laxiflora y H. chilensis se encontraban usualmente debajo de Acacia caven u otros arbustos. En verano, la presencia de gramíneas estuvo restringida a las quebradas húmedas (Cynosurus echinatus, Elymus sp., Polypogon spp.). Polypogon australis (planta perenne que se encontró a lo largo de todo el año, y que en verano presenta la mayor proporción de áfidos de la quebrada) se encontró siempre cercana o sumergida en los arroyos de las

Tabla 5. Abundancia relativa y ubicación de las gramíneas silvestres hospedantes en las áreas precordilleranas a lo largo del año (1986 - 1989).

Especies de gramíneas	Abundancia				Distribución
	P	V	O	I	local
<u>Avena barbata</u>	3	1	1	1	A
<u>Bromus berterianus</u>	3	-	-	-	A
<u>Bromus catharticus</u>	2	-	-	-	A
<u>Bromus hordeaceus</u>	3	-	-	-	A
<u>Bromus rigidus</u>	3	-	-	-	A
<u>Bromus scoparius</u>	1	-	-	-	A
<u>Bromus setifolius</u>	1	-	-	-	A
<u>Cynosurus echinatus</u>	-	2	-	-	Q
<u>Elymus sp.</u>	-	2	-	-	Q
<u>Hordeum chilense</u>	2	-	-	-	J
<u>Hordeum murinum</u>	3	-	-	-	A
<u>Lolium multiflorum</u>	2	1	1	1	A
<u>Lophocloa cristata</u>	1	-	-	-	Q
<u>Melica laxiflora</u>	2	-	-	-	J
<u>Phalaris amethystina</u>	1	-	-	-	A
<u>Polypogon spp.</u>	2	3	1	-	Q
<u>Trisetum sp.</u>	1	-	-	-	A
<u>Vulpia megalura</u>	3	-	1	-	A

P, primavera; V, verano; O, otoño; I, invierno. Abundancia relativa respecto a la frecuencia y densidad de A. barbata medida en primavera (Tabla 13 y 14): 1, escasa; 2, frecuente; 3, abundante. Distribución local: A, amplia; J, debajo de arbustos; Q, en quebradas húmedas.

quebradas de Río Clarillo. La mayor parte de los ejemplares recolectados corresponden a P. australis, que en terreno no son distinguibles de plantas de P. elongatus y/o P. semiverticillata. En verano la planta más abundante fue P. australis y se encontró sólo unos pocos ejes de A. barbata a lo largo de la quebrada el Almendral. En otoño e invierno las gramíneas fueron escasas en los sectores estudiados (Tabla 5).

En primavera de 1987 se midió la abundancia de las gramíneas usando los parámetros de frecuencia y densidad. Las gramíneas que se registraron como más frecuentes en la quebrada El Almendral H. murinum, B. berterianus ( $\approx 50\%$ ), B. hordeaceus, A. barbata ( $\approx 30\%$ ) y B. rigidus y V. megalura ( $\approx 15\%$ ) (Tabla 6). Sin embargo la especie que se estimó con una densidad promedio mayor fue V. megalura, seguida por H. murinum, B. rigidus, B. berterianus y A. barbata (Tabla 6).

#### 4.4. Distribución estacional de las especies de áfidos y hongos entomopatógenos sobre las gramíneas hospedantes.

La distribución de las gramíneas, áfidos y hongos entomopatógenos de los áfidos en Lagunillas y en la Reserva Nacional Río Clarillo varió a lo largo de las cuatro estaciones del año (Tabla 7). En Lagunillas se encontró sólo en primavera gramíneas con espiga (a fines de invierno se encontraban plántulas), áfidos y hongos entomopatógenos. En

Tabla 6. Frecuencia de aparición y densidad de gramíneas hospedantes en primavera en la Reserva Nacional Río Clarillo (1987).

Espece de Gramínea	F ± D.E. (%)	D ± D.E. (ejes/100cm <sup>2</sup> )
<u>Hordeum murinum</u>	60 ± 11	11,1 ± 5,4
<u>Bromus berterianus</u>	50 ± 11	4,7 ± 3,4
<u>Bromus hordeaceus</u>	30 ± 10	0,5 ± 0,3
<u>Avena barbata</u>	30 ± 10	2,1 ± 1,4
<u>Bromus rigidus</u>	15 ± 8	7,8 ± 4,7
<u>Vulpia megalura</u>	15 ± 8	78,0 ± 44,6
Otras especies (c/u)	≤5 ± 5	

D.E.: desviación estándar.

Tabla 7. Presencia de gramíneas, áfidos y hongos entomopatógenos a lo largo del año en áreas precordilleranas de la Región Metropolitana.

	PRIMAVERA 1986-87-88	VERANO 86-87-88	OTONO 87-88-89	INVIERNO 87-88
Lagunillas:				
GRAMINEAS	+	ND	ND	+
PULGONES	+	ND	ND	ND
HONGOS ENT	+	ND	ND	ND
Rio Clarillo:				
GRAMINEAS	+	+	+	+
PULGONES	+	+	+	+
HONGOS ENT.	+	ND	ND	ND
ND, no detectado; + , presente				

contraposición, en la Reserva Nacional Río Clarillo, se detectó gramíneas y pulgones a lo largo de todo el año. Sin embargo la presencia de hongos entomopatógenos de los áfidos estuvo restringida a primavera.

Con respecto a la distribución de los áfidos en gramíneas de las quebradas, el áfido M. dirhodum fue detectado en plántulas de A. barbata a fines de invierno, y en un total de 6 especies de gramíneas en primavera (Tablas 8 y 9). S. graminum y R. padi presentaron una mayor diversidad de hospederos en primavera; S. avenae no se detectó en invierno. En primavera se registraron las 4 especies de áfidos, pero sólo en 5 especies de gramíneas se detectaron las 4 especies de áfidos (A. barbata, B. berterianus, B. hordeaceus, B. rigidus y H. murinum). En P. australis y en H. chilensis se detectaron 3 especies de áfidos, y en las otras plantas 2 ó 1. En 6 de las 16 especies de gramíneas encontradas en primavera se detectó M. dirhodum, en 11 R. padi, en 7 S. avenae y en 14 S. graminum.

En verano se encontraron 5 especies de gramíneas hospedantes, no se detectó M. dirhodum (Tabla 8). En A. barbata y P. australis se detectaron las 3 especies, en cambio en las otras 2 o una especie de áfido. S. avenae se detectó en todas las gramíneas silvestres hospedantes de verano. En otoño se detectaron las mismas especies de áfidos encontradas en verano (Tabla 9). En invierno se detectaron 6 especies de gramíneas hospedantes con 1 ó 2 especies de áfidos.

Tabla 8. Presencia estacional de especies de áfidos en gramíneas hospedantes de quebradas de áreas precordilleranas.

Especies de gramíneas	Especies de áfidos			
	M.d.	S.g.	R.p.	S.a.
<u>Avena barbata</u>	P - O I	P V O I	P V O -	P V O -
<u>Bromus berterianus</u>	P - - -	P - - -	P - - -	P - - -
<u>Bromus hordeaceus</u>	P - - -	P - - I	P - - -	P - - -
<u>Bromus rigidus</u>	P - - -	P - - -	P - - -	P - - -
<u>Hordeum murinum</u>	P - - -	P - - -	P - - -	P - - -
<u>Lolium multiflorum</u>	P - - -	P - O -	- - - -	- - - -
<u>Bromus catharticus</u>	- - - -	P - - -	P - - -	- - - -
<u>Bromus scoparius</u>	- - - -	P - - I	P - - I	- - - -
<u>Bromus setifolius</u>	- - - -	P - - -	- - - -	- - - -
<u>Hordeum chilense</u>	- - - -	P - - -	P - - -	P - - -
<u>Lophocloa cristata</u>	- - - -	P - - -	- - - -	- - - -
<u>Melica laxiflora</u>	- - - -	- - - -	P - - -	- - - -
<u>Phalaris amethystina</u>	- - - -	P - - -	- - - -	- - - -
<u>Polypogon australis</u>	- - - -	P V O -	P V O I	P V O -
<u>Polypogon elongatus</u>	- - - -	- V O -	- - - -	- V - -
<u>Trisetum sp.</u>	- - - -	P - - -	P - - -	- - - -
<u>Cynosurus echinatus</u>	- - - -	- - - -	- - - -	- V - -
<u>Elymus sp.</u>	- - - -	- - - -	- - - -	- V - -
<u>Vulpia megalura</u>	- - - I	- - O I	- - O -	- - - -
<u>Vulpia myuros</u>	- - - I	- - - -	- - - I	- - - -

M.d., M. dirhodum; S.g., S. graminum; R.p., R. padi y S.a., S. avenae. -, ausencia de áfido; P, primavera; V, verano; O, otoño y I, invierno.

Tabla 9. Número de especies de gramíneas hospedantes de las especies de áfidos encontradas durante las diferentes épocas del año en la Reserva Nacional Río Clarillo (1986 - 1989).

Afidos	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
<u>Metopolophium dirhodum</u>	6	ND	1	3
<u>Rhopalosiphum padi</u>	11	2	3	3
<u>Sitobion avenae</u>	7	5	2	ND
<u>Schizaphis graminum</u>	14	3	5	4

ND, no se detectó gramíneas con la especie de áfido.

#### 4.5. Nivel de infestación en las gramíneas silvestres de las parcelas de Río Clarillo.

En dos de las 7 parcelas marcadas en primavera de 1987 en Río Clarillo crecieron las especies Avena barbata, Bromus berterianus, Bromus hordeaceus, Bromus rigidus y Vulpia megalura. Las cinco parcelas restantes estaban compuestas por una sola especie de gramínea cada una (H. murinum, A. barbata, B. rigidus, B. berterianus y V. megalura).

En todas las parcelas en que se registró la presencia de pulgones, se registró un incremento y luego una disminución en el porcentaje de ejes infestados (Fig. 4). Sin embargo, estas variaciones no fueron iguales para cada una de las especies a lo largo del tiempo. En la parcela de B. rigidus se alcanzó un máximo cercano al 70 %, a principios de noviembre, cuando las plantas estaban en estado de cariopsis. Estos valores decrecieron cuando las plantas comenzaron a madurar. En las parcelas de H. murinum y B. berterianus se alcanzó un bajo porcentaje de ejes infestados (hasta un 7 y 15 %, respectivamente). La parcela que presentó el mayor porcentaje de ejes infestados fué la de A. barbata, que a mediados de Noviembre, cuando la mayor parte de las gramíneas estaban secándose, alcanzó un 100 % de ejes infestados.

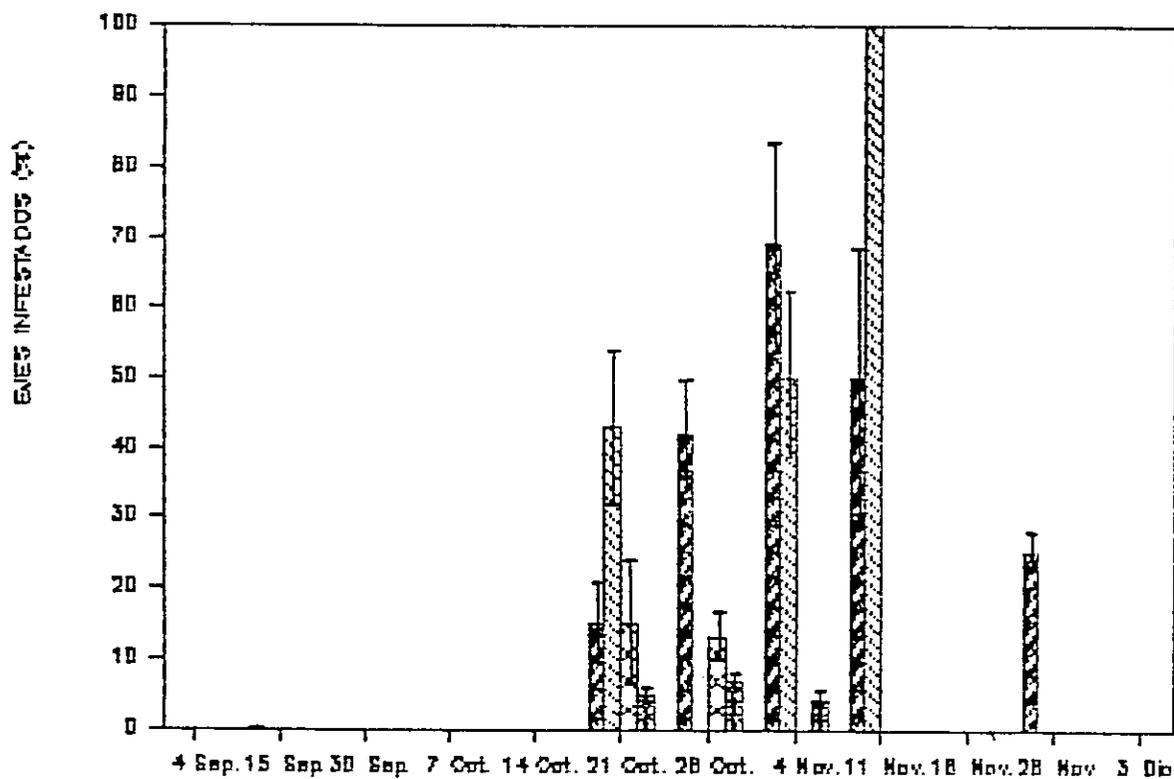


Fig. 4. Ejes de gramíneas infestados con áfidos en parcelas monoespecíficas de *Avena barbata* (▨), *Bromus rigidus* (▩), *Bromus berterianus* (▧) y *Hordeum murinum* (▦) ± error estándar (Quebrada El Almendral, Reserva Nacional Río Clarillo, primavera 1987).

#### 4.6. Infestación máxima e índice de hospitalidad de gramíneas silvestres.

En primavera las especies que presentaron un mayor nivel de infestación fueron A. barbata, B. rigidus y Trisetum sp. (Tabla 10). Valores intermedios presentaron B. berterianus, P. australis, H. chilensis, L. multiflorum, B. hordeaceus, y un nivel de infestación inferior presentaron H. murinum y B. catharticus.

Durante verano, otoño e invierno se encontró en las quebradas de la Reserva Nacional Río Clarillo las siguientes gramíneas constantemente infestadas: A. barbata y P. australis (Tabla 10). En general, en estas estaciones se registró una mayor proporción de ejes infestados que en primavera (a pesar del bajo número de ejes verdes en crecimiento), debido a que los pocos ejes encontrados tenían áfidos. En junio, por ejemplo, se registró en un muestreo un sólo eje de A. barbata, con un pulgón, de manera que la infestación máxima de invierno (I) alcanzó un valor igual a 1 (= 1x1). Por el contrario, en primavera se contabilizaron hasta un total de 90 ejes de A. barbata en un sólo muestreo (una fecha), de los cuales el 25 % estaba infestado.

Las especies que presentaron los mayores índices de hospitalidad fueron A. barbata, B. berterianus, y B. hordeaceus; un valor intermedio presentó H. murinum, y valores bajos presentaron las especies B. hordeaceus, L. multiflorum y B. catharticus (Tabla 11).

Tabla 10. Infestación de las gramíneas silvestres hospedantes en la Reserva Nacional Río Clarillo (1987- 1988).

Gramíneas	(Ei/Et)máx.	Xp	I
PRIMAVERA 1987			
<u>Avena barbata</u>	0,57	4,8	2,74
<u>Trisetum sp.</u>	1,0	2,0	2,0
<u>Bromus rigidus</u>	0,63	3,0	1,89
<u>Bromus berterianus</u>	0,21	4,2	0,88
<u>Polygono australis</u>	0,52	1,6	0,83
<u>Hordeum chilense</u>	0,27	2,7	0,73
<u>Lolium multiflorum</u>	0,25	3,0	0,75
<u>Bromus hordeaceus</u>	0,23	2,5	0,58
<u>Hordeum murinum</u>	0,06	1,3	0,08
<u>Bromus catharticus</u>	0,03	2,0	0,06
VERANO 1987 - 1988			
<u>Avena barbata</u>	1,0	7,3	7,3
<u>Polygono australis</u>	0,25	2,0	0,5
OTOÑO 1988			
<u>Avena barbata</u>	1,0	1,0	1,0
<u>Polygono australis</u>	0,7	10,3	7,21
<u>Vulpia megalura</u>	0,16	3,0	0,48
INVIERNO 1988			
<u>Avena barbata</u>	0,7	2,2	1,54
<u>Polygono australis</u>	1,0	3,0	4,0
<u>Vulpia megalura</u>	2,5	3,3	8,25

(1)(Ei/Et)máx=proporción máxima de ejes infestados durante la temporada; (2) Xp = promedio áfidos/eje infestado; I=1x2.

Tabla 11. Frecuencia, Densidad e Índice de hospitalidad de las gramíneas hospedantes más frecuentes en primavera en la Quebrada El Almendral de la Reserva Nacional Río Clarillo (1987).

Especie de Gramínea	F ± D.E.	D ± D.E.	I.H.
<u>Bromus rigidus</u>	0,15 ± 0,08	7,80 ± 4,7	2,20
<u>Bromus berterianus</u>	0,50 ± 0,1	4,70 ± 3,4	2,14
<u>Avena barbata</u>	0,30 ± 0,1	2,10 ± 1,4	1,72
<u>Hordeum murinum</u>	0,60 ± 0,1	11,10 ± 5,4	0,52
<u>Bromus hordeaceus</u>	0,30 ± 0,1	0,50 ± 0,3	0,08
<u>Lolium multiflorum</u>	0,03 ± 0,0	0,05 ± 0,0	0,01
<u>Bromus catharticus</u>	0,05 ± 0,05	0,50 ± 0,5	0,002

F, frecuencia de aparición de la gramínea; D, densidad de la gramínea (nº ejes/ 100 cm²); I.H., índice de hospitalidad = F x D x I; I, máximo nivel de infestación de la temporada; D.E.: desviación estándar.

#### 4.7. Abundancia relativa de las especies de áfidos.

El número de pulgones totales contados e identificados en las gramíneas silvestres de la Reserva Nacional Río Clarillo varió en las distintas épocas (Tabla 12). En primavera se contó e identificó la mayor cantidad de áfidos. Durante el año 1987, cuando las condiciones climáticas permitieron una mayor abundancia de gramíneas, se encontró la mayor cantidad de áfidos pertenecientes a las especies M. dirhodum y S. graminum. Esta especie presentó una relativamente importante abundancia en invierno, primavera y verano. Sin embargo, en estas dos últimas estaciones era frecuente encontrar S. avenae en gramíneas que estaban espigando. R. padi fue una especie poco frecuente en primavera y verano, sin embargo en invierno los pocos áfidos encontrados en los muestreos correspondieron a esta especie.

#### 4.8. Identificación de áfidos parasitados por hongos.

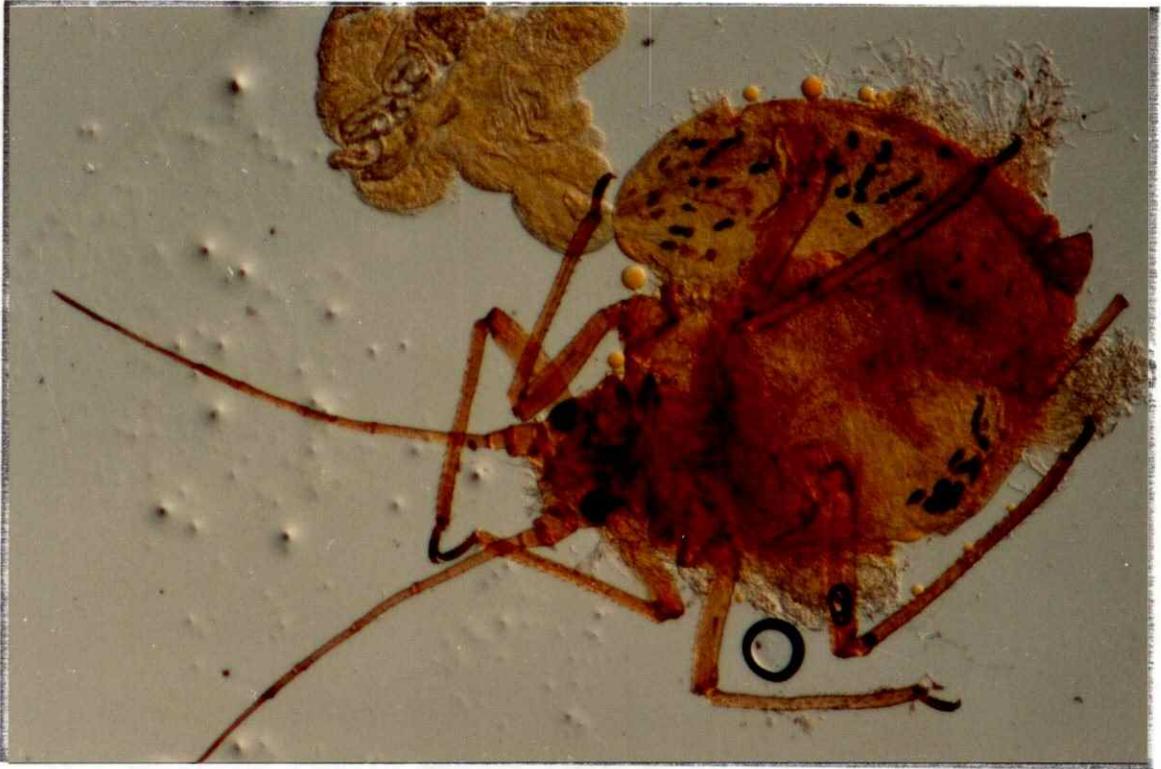
Las cuatro especies de áfidos encontradas (S. graminum, M. dirhodum, R. padi y S. avenae) fueron parasitadas por hongos. En las figuras se puede visualizar el daño que produjeron los hongos (Figs. 5 y 6). Los áfidos parasitados por hongos entomopatógenos pierden su color, forma e incluso algunas estructuras persistentes se pueden perder. Los ejemplares recolectados se identificaron en base a sus estructuras persistentes (Delfino 1986).

Tabla 12. Abundancia relativa de las especies de áfidos en la Reserva Nacional Río Clarillo.

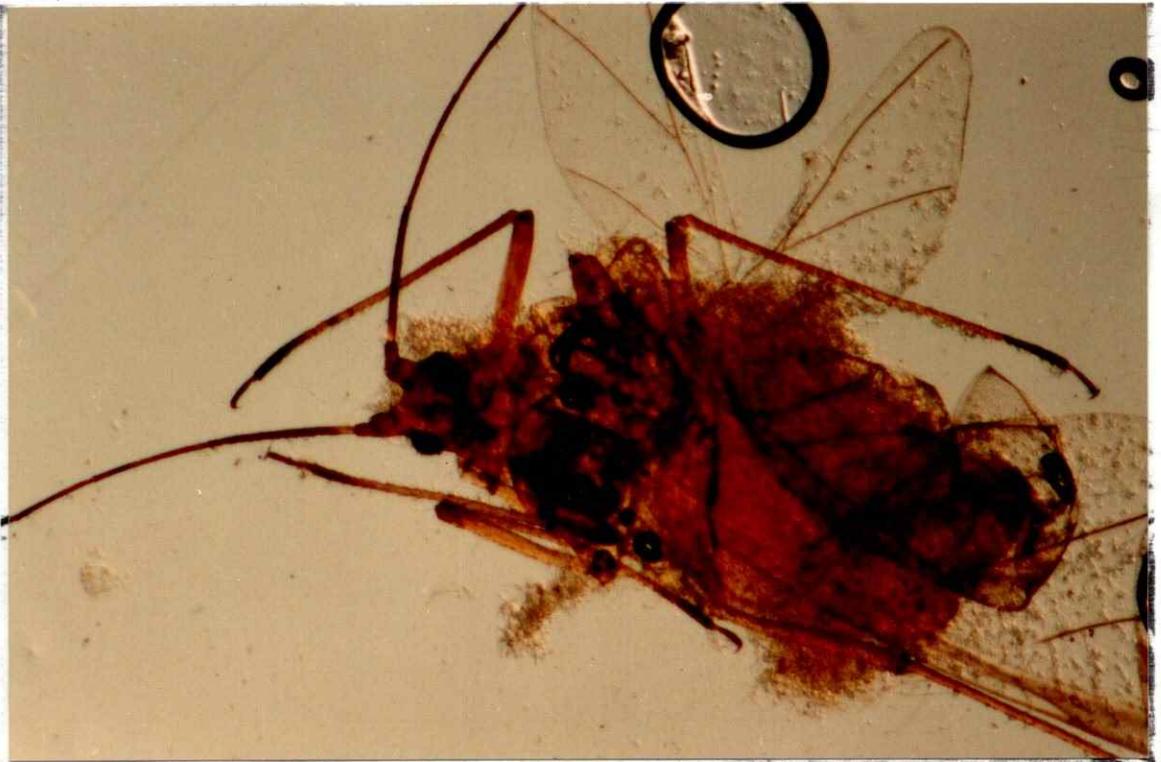
Fecha	A F I D O S (%)				Nº total de áfidos
	<u>S.graminum</u>	<u>R.padi</u>	<u>S.avenae</u>	<u>M.dirhodum</u>	
1987					
Sep.	93,5	2,6	10,0	2,6	78
Oct.	51,4	3,2	2,2	45,4	403
Nov.	45,9	18,5	33,9	1,7	410
Dic.	56,8	5,4	37,8	0,0	37
1988					
Ene.	0,0	0,0	100,0	0,0	3
Mar.	0,0	5,1	94,9	0,0	157
Abr.	0,0	100,0	0,0	0,0	3
Jun.	84,6	13,8	0,0	1,6	123
Ago.	4,4	6,7	6,7	82,2	45
Nov.	92,1	0,0	0,8	7,7	560
Dic.	0,0	0,4	99,6	0,0	275
1989					
Ene.	50,0	20,0	30,0	0,0	20
Abr.	50,0	50,0	0,0	0,0	2

Fig. 5. Metopolophium dirhodum parasitado por Entomophthora planchoniana. a) Adulto áptero: el rizoide se encuentra en la parte posterior del abdómen (x 40); b) adulto alado: la gran cantidad de partículas en las alas son esporas (x 40).

a)



b)



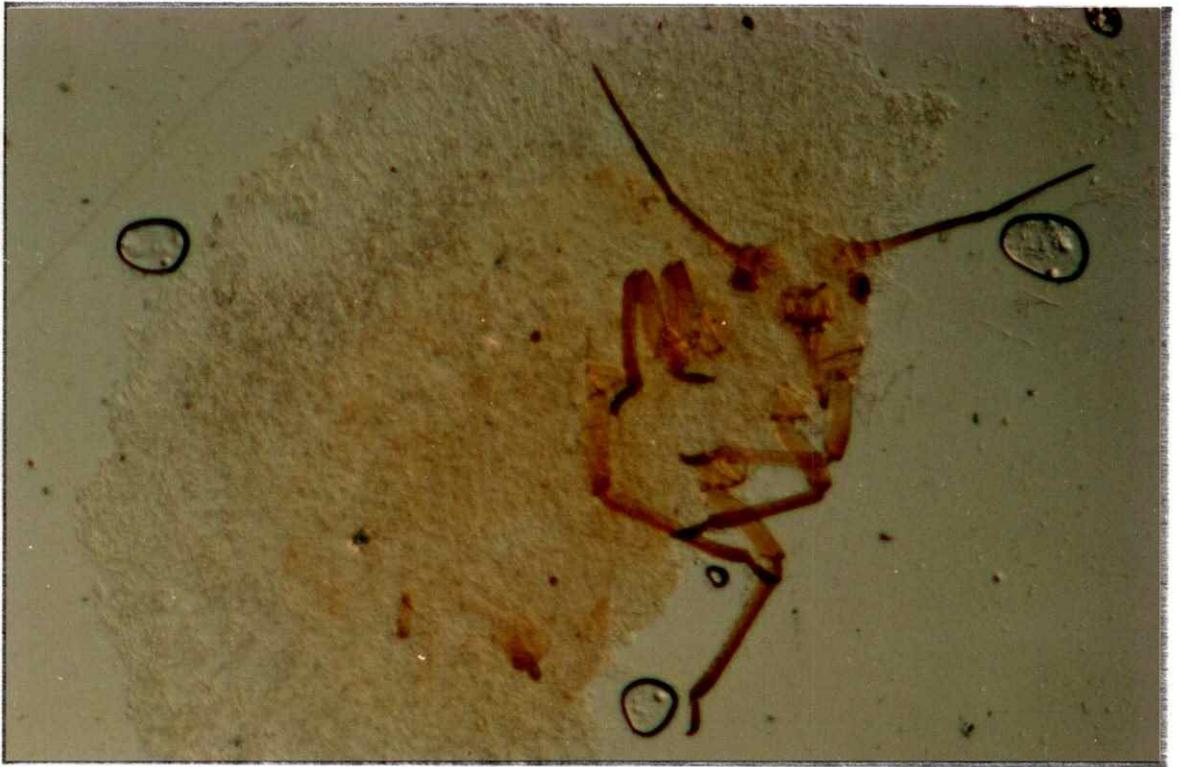


Fig. 6. Rhopalosiphum padi infectado por Erynia neoaphidis. Ninfa áptera (x 40).

#### 4.9. Identificación de hongos entomopatógenos.

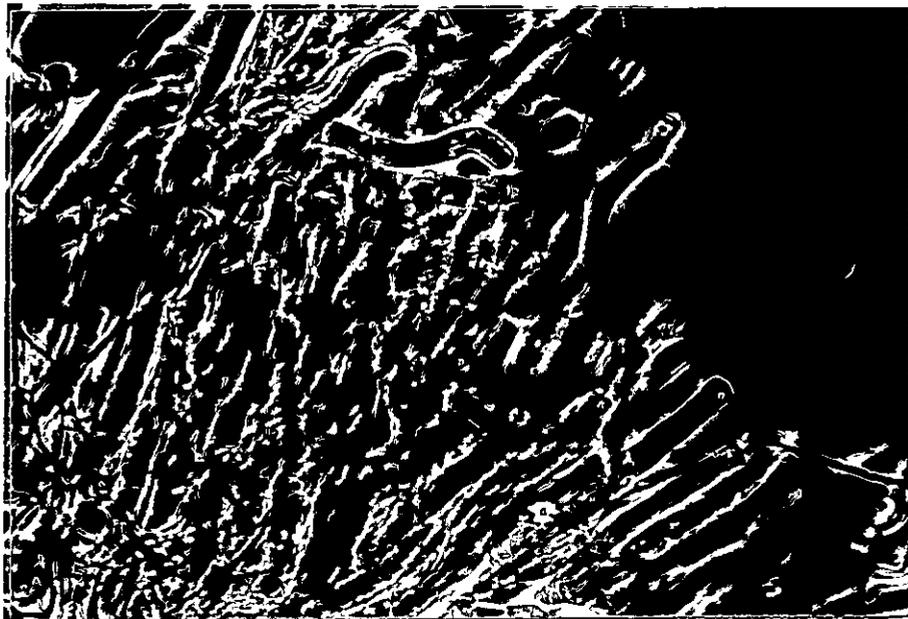
Dos especies de hongos entomopatógenos pertenecientes al Orden Entomophthorales fueron recolectadas en áfidos encontrados en las áreas silvestres precordilleranas y en el cultivo de trigo de la Región Metropolitana. Estas especies se identificaron como Entomophthora planchoniana y Erynia neoaphidis. También se identificó tentativamente una especie de hongo encontrada en áfidos presentes en un invernadero.

##### i). Entomophthora planchoniana Cornu.

Los áfidos infectados por esta especie permanecían adheridos a la hoja a través de un haz de hifas que salía de la parte ventral del abdomen, denominada rizoide (Fig. 7). Los áfidos muertos por estos hongos presentaron una apariencia aterciopelada de color blanco invierno, que correspondía al estado de emergencia de los conidióforos o áfidos secos de color café rojizo. En el interior de los áfidos infectados se observó una gran cantidad de cuerpos hifales. Esta especie presentó conidias en forma de campana, hialinas, con una pequeña papila en su parte apical y una parte basal roma (Fig. 8). Algunas conidias primarias, que germinaban originando conidias secundarias, estaban rodeadas por una capa protoplasmática de alrededor de  $7 \mu$  (Fig. 8). Las conidias primarias (de mayor tamaño), se originaron de conidióforos simples, que emergían de la superficie del áfido infectado (Fig. 9). No se detectó esporas de resistencia en más de 100

Fig. 7. Rizoides de Entomophthora planchoniana. Obsérvese la segmentación de las hifas (x 350).

Fig. 8. Conidias de Entomophthora planchoniana. Conidia primaria (cp) rodeada por un exosporio (e), originando a conidia secundaria (cs) (x 760).



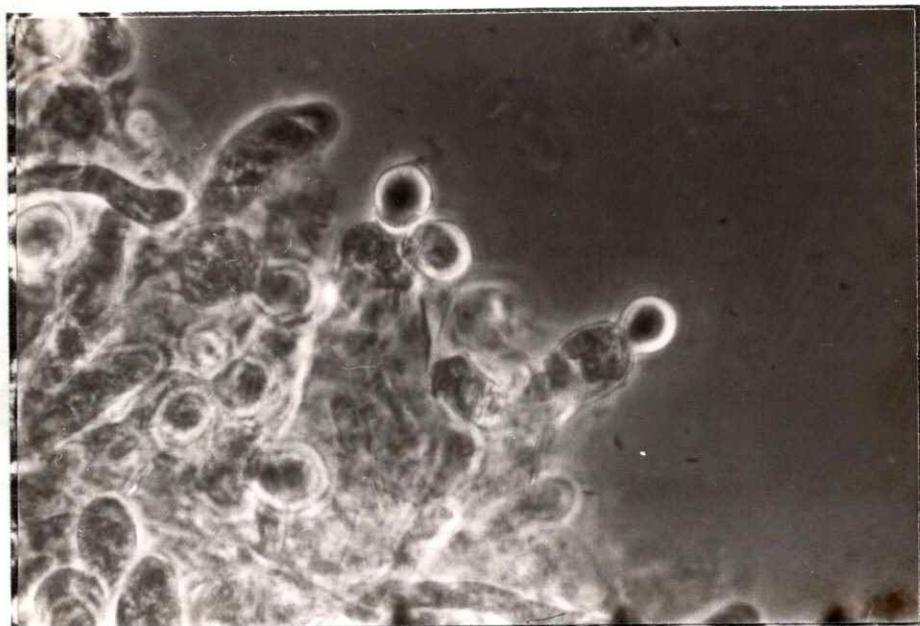


Fig. 9. Conidióforo de Entomophthora planchoniana.  
Conidióforo (c), (x 800).

ejemplares infectados examinados. Se midió el largo y ancho de las conidias primarias y secundarias, obteniéndose los tamaños promedios, máximos y mínimos de 50 conidias de cada tipo (Tabla 13). Estas características nos permitieron identificar a la especie como E. planchoniana (Aruta y col. 1973, MacLeod y col. 1976).

11). Erynia neoaphidis Remaudiere.

Sinonimia :Entomophthora aphidis Hoffman.

La sintomatología del áfido infectado por E. aphidis no fue distinguible en terreno de la de E. planchoniana. Esta especie de hongo fijó al áfido infectado también por un rizoide abdominal. En esta especie se observó conidióforos simples (Fig. 10), que liberaban una gran cantidad de conidias primarias elípticas, uninucleadas, lisas (Fig. 11). Las conidias primarias originaron a conidias secundarias (Fig. 12) y éstas a su vez a conidias terciarias. Estas conidias eran de menor tamaño y más ovoides que sus antecesoras. Algunas conidias secundarias presentaron una hifa germinativa muy larga, a la manera de un capilliconidio (Fig. 13). No se detectó esporas de resistencia. Se midió el largo y el ancho de 50 conidias primarias, secundarias y terciarias (Tabla 13). El tamaño de las conidias y su proporción largo/ancho = 1,72, junto con las características anteriormente mencionadas permiten identificar a este hongo como Erynia neoaphidis (Remaudiere 1985).

Tabla 13. Tamaño de las conidias de los hongos entomopatógenos que parasitan a áfidos de lo cereales en la Región Metropolitana.

Hongos	LARGO ( $\mu$ )			ANCHO ( $\mu$ )		
	$x \pm e.e.$	min.	máx.	$x \pm e.e.$	min.	máx.
<u>Entomophthora planchoniana:</u>						
Conidia 1°	17,4 $\pm$ 1,1	15,6	19,5	14,1 $\pm$ 0,9	13,0	16,1
Conidia 2°	13,0 $\pm$ 1,1	11,7	14,3	10,0 $\pm$ 1,0	7,8	11,7
<u>Erynia neoaphidis:</u>						
Conidia 1°	24,3 $\pm$ 3,0	20,8	31,5	14,1 $\pm$ 0,9	10,4	15,3
Conidia 2°	19,0 $\pm$ 3,1	14,7	22,1	11,0 $\pm$ 0,9	9,2	12,9
Conidia 3°	12,2 $\pm$ 1,2	11,0	12,9	10,7 $\pm$ 1,3	7,4	12,0

Promedios obtenidos de las mediciones de 50 conidias de cada tipo; 1°, conidia primaria; 2° y 3°, conidias secundarias.

Fig. 10. Conidióforo de Erynia neoaphidis. (x 800).

Fig. 11. Esporulación de E. neoaphidis en abdómen de S.graminum. Conidias primarias (cp) (x 70).

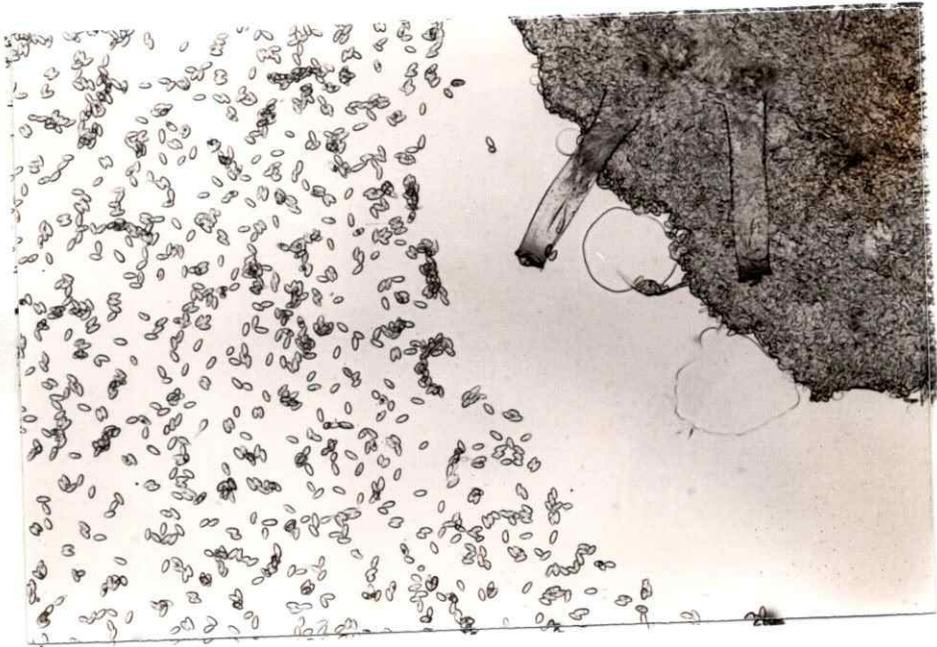
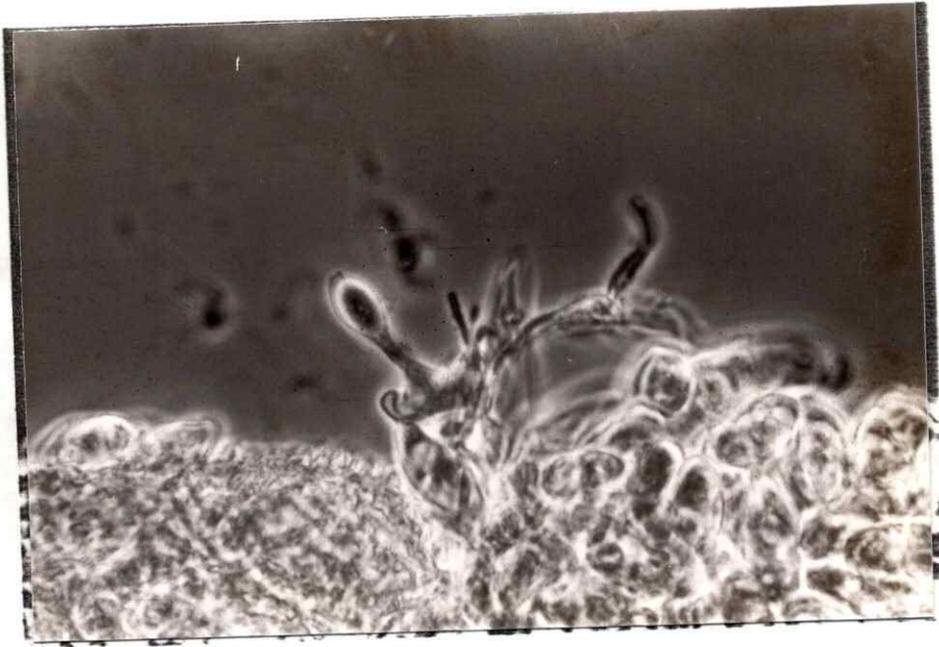
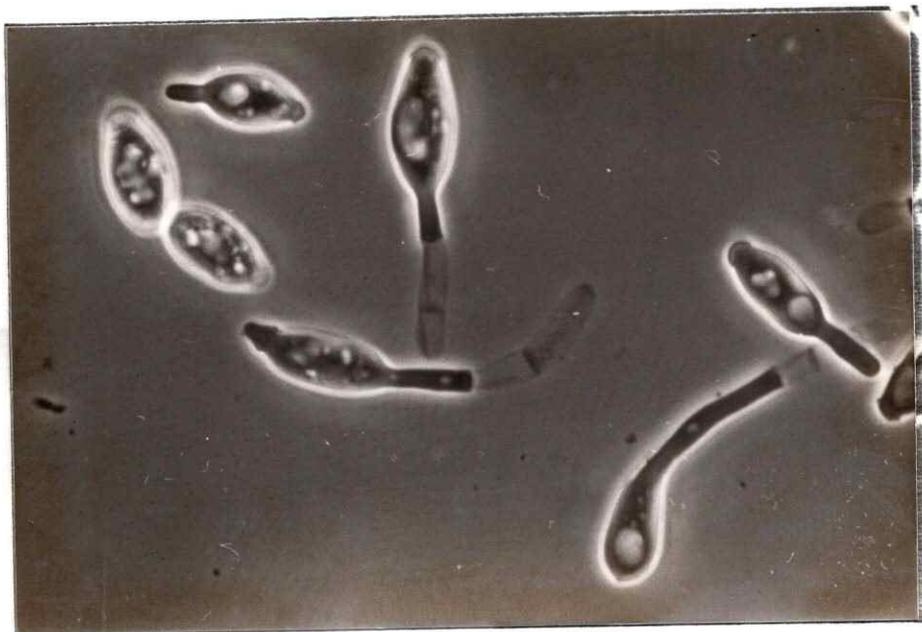
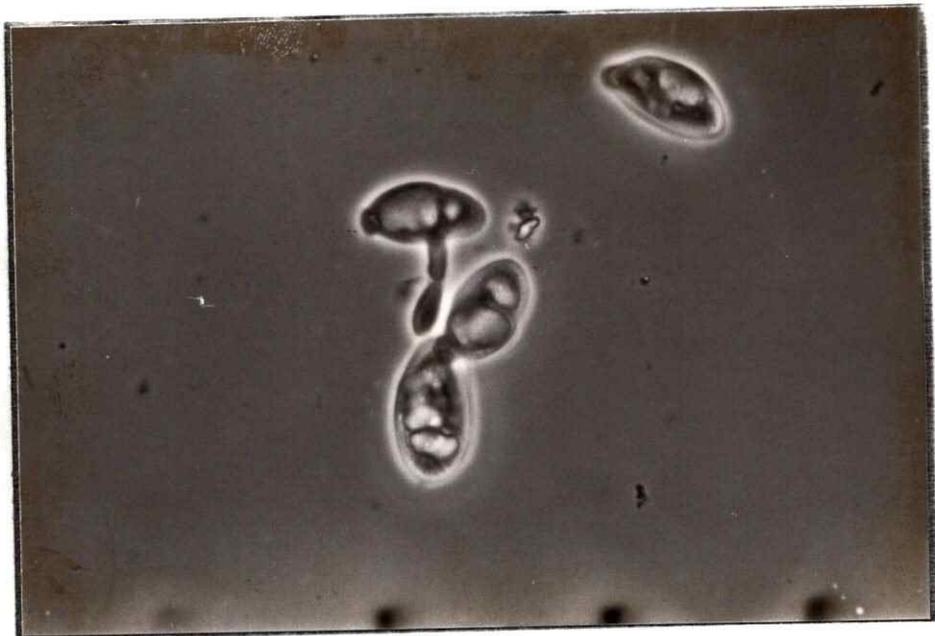


Fig. 12. Tipos de conidias de Erynia neoaphidis. Conidia primaria (cp) originando a conidia secundaria (cs) (x 700).

Fig. 13. Conidias germinando de E. neoaphidis. Conidias primarias (cp) y secundarias (cs) (x 670).



#### 4.10. Distribución de hongos entomopatógenos sobre las diferentes especies de áfidos.

Se hicieron más de 300 preparaciones microscópicas, con los áfidos infectados por hongos, recolectados a lo largo de los muestreos en las primaveras 1986, 1987, 1988 en las áreas precordilleranas. Para determinar cual especie fúngica afecta a una mayor proporción de áfidos, se eligieron 94 preparaciones en las que se distinguía claramente la especie de áfido y de hongo. En cerca del 90 % de los áfidos infectados se observó el hongo Entomophthora planchoniana, y sólo en el 10 % de las muestras se detectó Erynia neoaphidis (Tabla 14). El áfido S. avenae se encontró pocas veces en el periodo de infección fúngica, y se detectó infectado por E. neoaphidis. Cabe destacar que en las áreas precordilleranas se detectó, a principios de la primavera 1986 y 1987, una alta proporción de áfidos alados que portaban en sus alas una gran cantidad de esporas. Estos áfidos eran en su mayoría M.dirhodum infectados por E. planchoniana. Posteriormente, en primavera no se encontró este áfidos, y los infectados encontrados eran en su mayoría S. graminum. En la estación La Platina, debido al escaso número de áfidos infectados recolectados, y por el número aún menor que logró esporular en las cámaras húmedas, no se tabularon estos datos. Sin embargo se estimó la misma tendencia: estaban mayoritariamente infectados por E. planchoniana (aprox. 90 %).

Tabla 14. Afidos parasitados por hongos en La Reserva Nacional Río Clarillo y Lagunillas (1986 - 1988).

-----				
Afidos parasitados por hongos				
Hongos	<u>M. dirhodum</u>	<u>S. graminum</u>	<u>R. padi</u>	%
-----				
<u>E. planchoniana</u>	38	35	11	89,4
<u>E. neoaphidis</u>	2	6	2	10,6
-----				
%	42,6	43,6	13,8	100,0

#### 4.11. Porcentaje de áfidos infectados por hongos entomopatógenos en áreas precordilleranas.

En las quebradas de la Reserva Nacional Río Clarillo se encontraron áfidos con síntomas de infección fúngica entre fines de septiembre y mediados de noviembre (Tabla 15). El porcentaje de áfidos infectados fue aumentando a medida que aumentó la población de áfidos. Hasta fines de Octubre todos los áfidos que presentaron síntomas de infección fúngica, tenían una apariencia húmeda aterciopelada, y en algunos casos se pudo observar un halo de esporas alrededor del áfido infectado adherido a la hoja. La sintomatología del insecto afectado evidenció un proceso de infección de la enfermedad. Posteriormente, cuando se registró el máximo de infección (a mediados de noviembre), los áfidos muertos por hongos permanecían adheridos y no se visualizaba esporulación. A mediados de noviembre se alcanzó el porcentaje máximo de áfidos infectados en la Reserva Nacional Río Clarillo ( $17,9 \pm 3,6 \%$ ). En Lagunillas el porcentaje de áfidos infectados por hongos entomopatógenos se midió a fines de octubre y correspondió al  $21,0 \pm 4,5 \%$ . En este lugar los áfidos parasitados por hongos entomopatógenos se encontraron en las gramíneas que crecían bajo los árboles (Quillaja saponaria), donde las condiciones de humedad y temperatura son más favorables para la infección fúngica.

Tabla 15. Porcentaje de áfidos con síntomas de infección fúngica en áreas silvestres precordilleranas.

FECHA	AFIDOS CON SINTOMAS DE INFECCION FUNGICA (% ± e.e.)	NUMERO TOTAL DE AFIDOS CONTADOS
Río Clarillo:		
4 Sep. 1987	0	25
15 Sep.	0	6
30 Sep.	2,1 ± 2,1	48
14 Oct.	1,9 ± 0,2	53
21 Oct.	5,4 ± 1,6	204
28 Oct.	11,2 ± 2,2	205
4 Nov.	12,9 ± 1,8	333
11 Nov.	17,9 ± 3,6	112
26 Nov.	0	83
3 Dic.	0	37
Lagunillas		
28 Oct. 1987	21,0 ± 4,5	81

e.e.: error estándar

#### 4.12. Relación entre densidad de áfidos por area y el porcentaje de áfidos infectados.

Con el objeto de determinar si el proceso de infección fúngica de los áfidos en la precordillera es dependiente de la densidad de la población de áfidos, se graficó el porcentaje de áfidos parasitados por hongos entomopatógenos y la densidad de los áfidos ( $n^{\circ}$  áfidos/ 100  $cm^2$ ) versus el tiempo en 2 parcelas pluriespecíficas y en 2 monoespecíficas (Figs. 14 y 15). En todas las parcelas se registró el mayor porcentaje de parasitismo en fechas posteriores a la mayor densidad de áfidos. Al comparar las parcelas entre sí, se observó que en las parcelas que presentaban una densidad mayor a 2 áfidos/ 100  $cm^2$  el porcentaje de áfidos infectados aumentó junto con la densidad de los áfidos (Figs. 14 y 15). En la parcela de H. murinum el porcentaje de áfidos infectados aumentó aunque la densidad se mantuvo (Fig. 15). Esto se debería a que como esta parcela tuvo una densidad de áfidos muy baja (1 áfido/ 100  $cm^2$ ), es poco probable que una espora de un áfido infectado caiga sobre un áfido vecino. Además una gran proporción de los áfidos infectados encontrados en el interior de esta parcela eran alados, es decir individuos inmigrantes que posiblemente llegaron infectados.

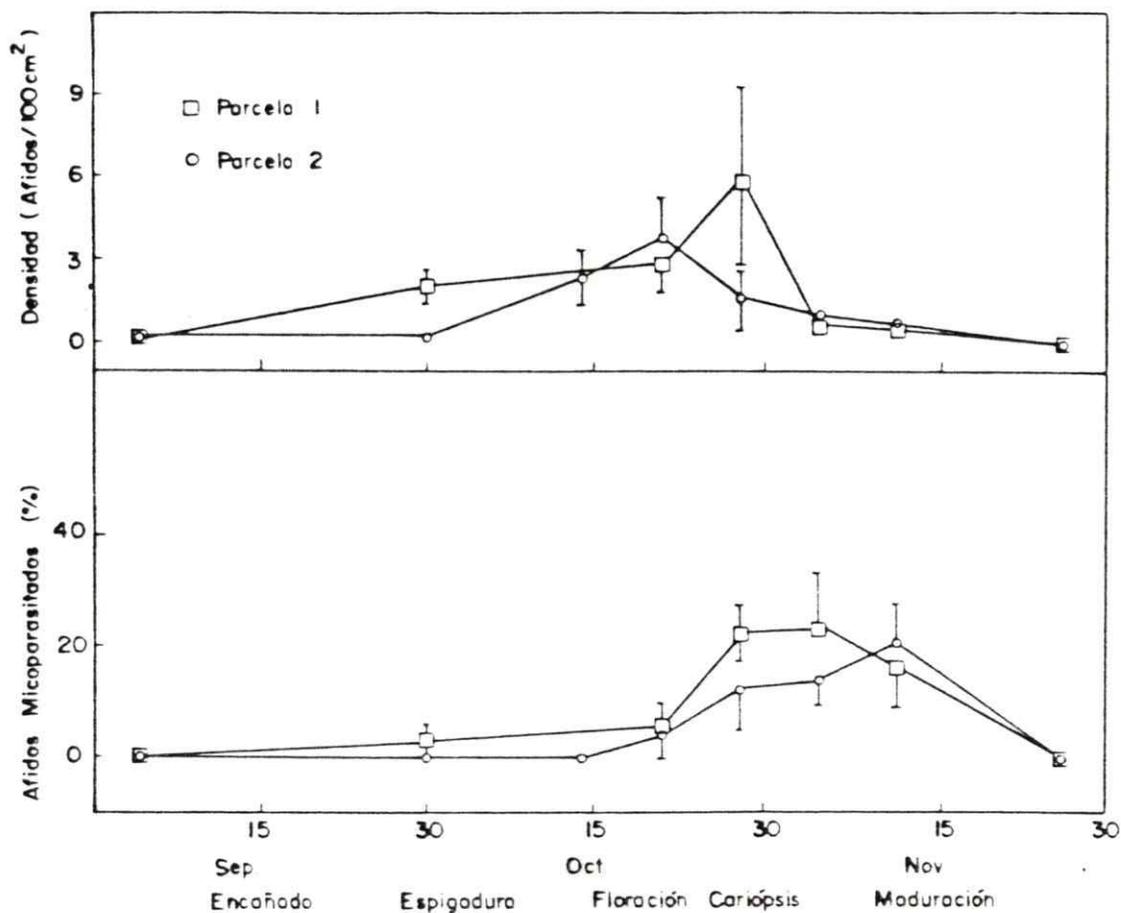


Fig. 14. Densidad e infección fúngica en áfidos encontrados en parcelas pluriespecíficas de gramíneas (gráfico superior e inferior, respectivamente)  $\pm$  error estándar.

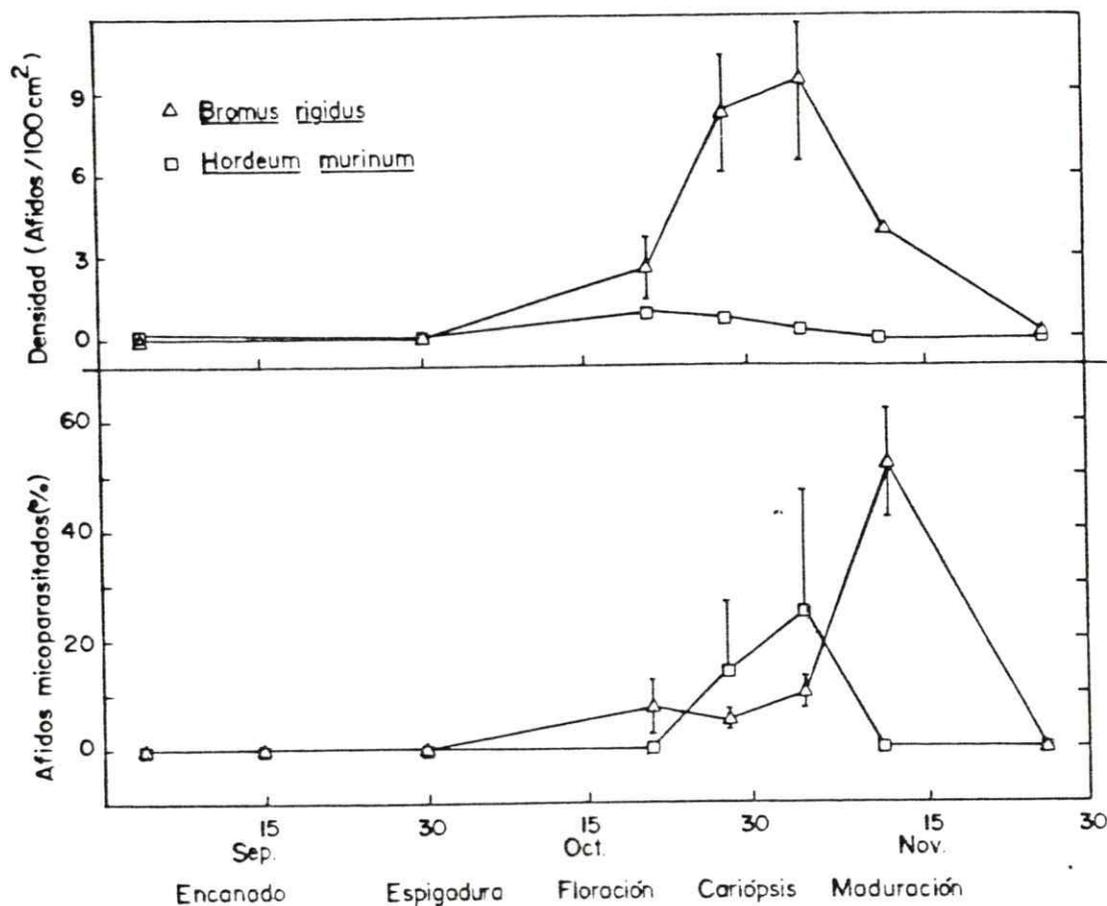


Fig. 15. Densidad e infección fúngica en áfidos encontrados en parcelas monoespecíficas de *B. rigidus* y *H. murinum* (gráfico superior e inferior, respectivamente)  $\pm$  error estándar.

#### 4.13. Relación entre factores climáticos e infección por hongos entomopatógenos en gramíneas silvestres.

Al graficar el porcentaje de áfidos con síntomas de infección fúngica y parámetros climáticos que podrían influir en la infección, se observó que ésta comenzó a fines de Septiembre, cuando las temperaturas comenzaron a aumentar y la humedad relativa del aire fue superior al 90 % (Fig. 16). Desde fines de Octubre a mediados de Noviembre se observó un marcado aumento del porcentaje de áfidos infectados, que coincidió con un aumento gradual de la temperatura. A partir de mediados de Noviembre, se detuvo el proceso de dispersión de las esporas de hongos (en los áfidos infectados por hongos no se visualizaba esporulación el 11 de noviembre), lo que ocurrió aproximadamente una semana después de la disminución de la humedad relativa del aire (< 80 %) y registrándose temperaturas máximas superiores a los 20 °C.

#### 4.14. Insectos parásitos y predadores de áfidos en áreas precordilleranas.

Cuando se analizaba los áfidos con síntomas de parasitismo fúngico se distinguía fácilmente del parasitismo causado por la ovoposición y desarrollo de himenópteros. A lo largo de los muestreos se contabilizó también el parasitismo causado por himenópteros en la Reserva Nacional Río Clarillo (Fig. 17). En primavera el porcentaje de

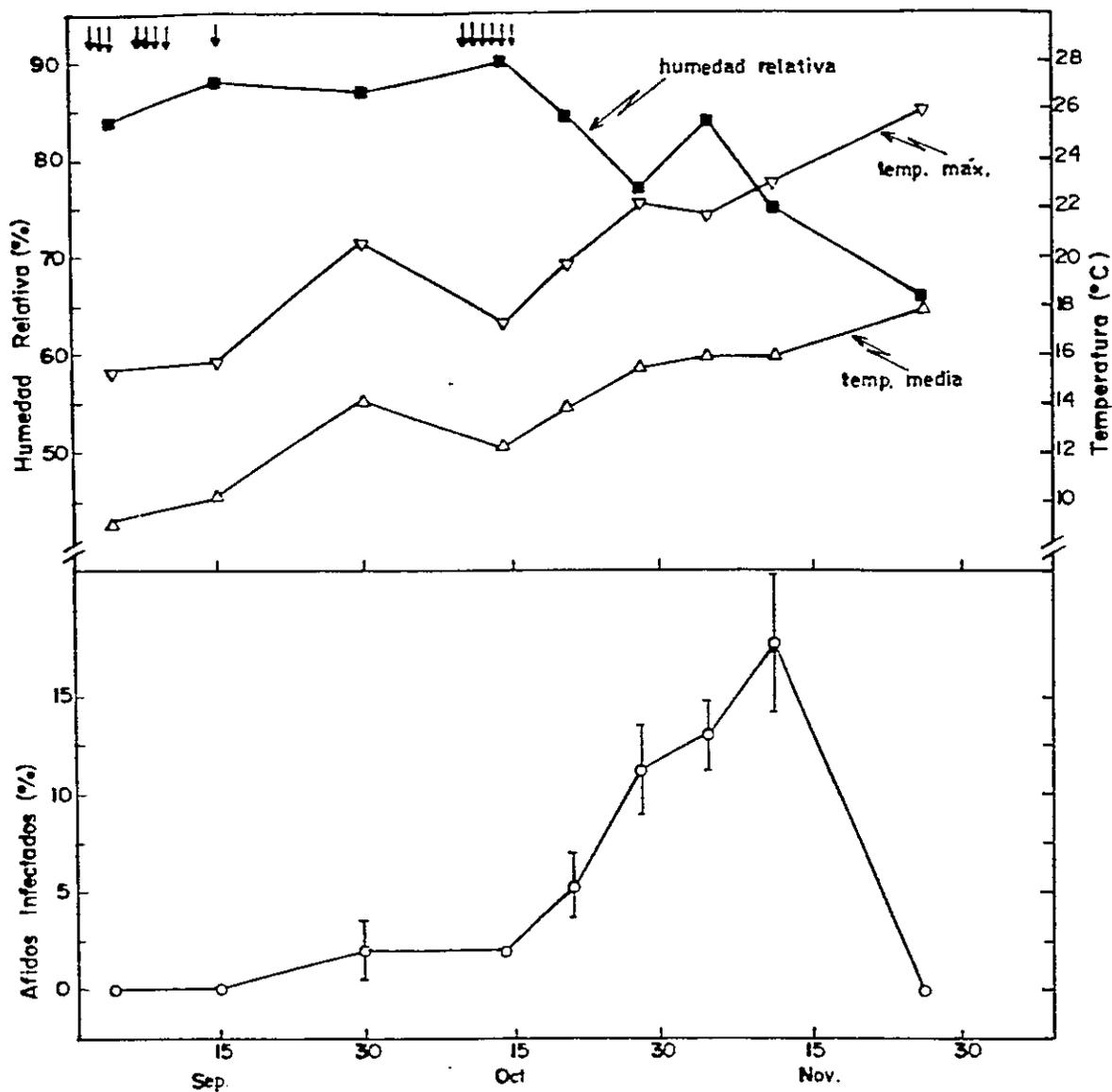


Fig. 16. Factores climáticos e infección de áfidos por hongos en gramíneas silvestres (Reserva Nacional Río Clarillo, primavera 1987). Los valores climáticos son los promedios de los datos de los 7 días anteriores al del muestreo. Los valores de infección fúngica son los promedios  $\pm$  error estándar.

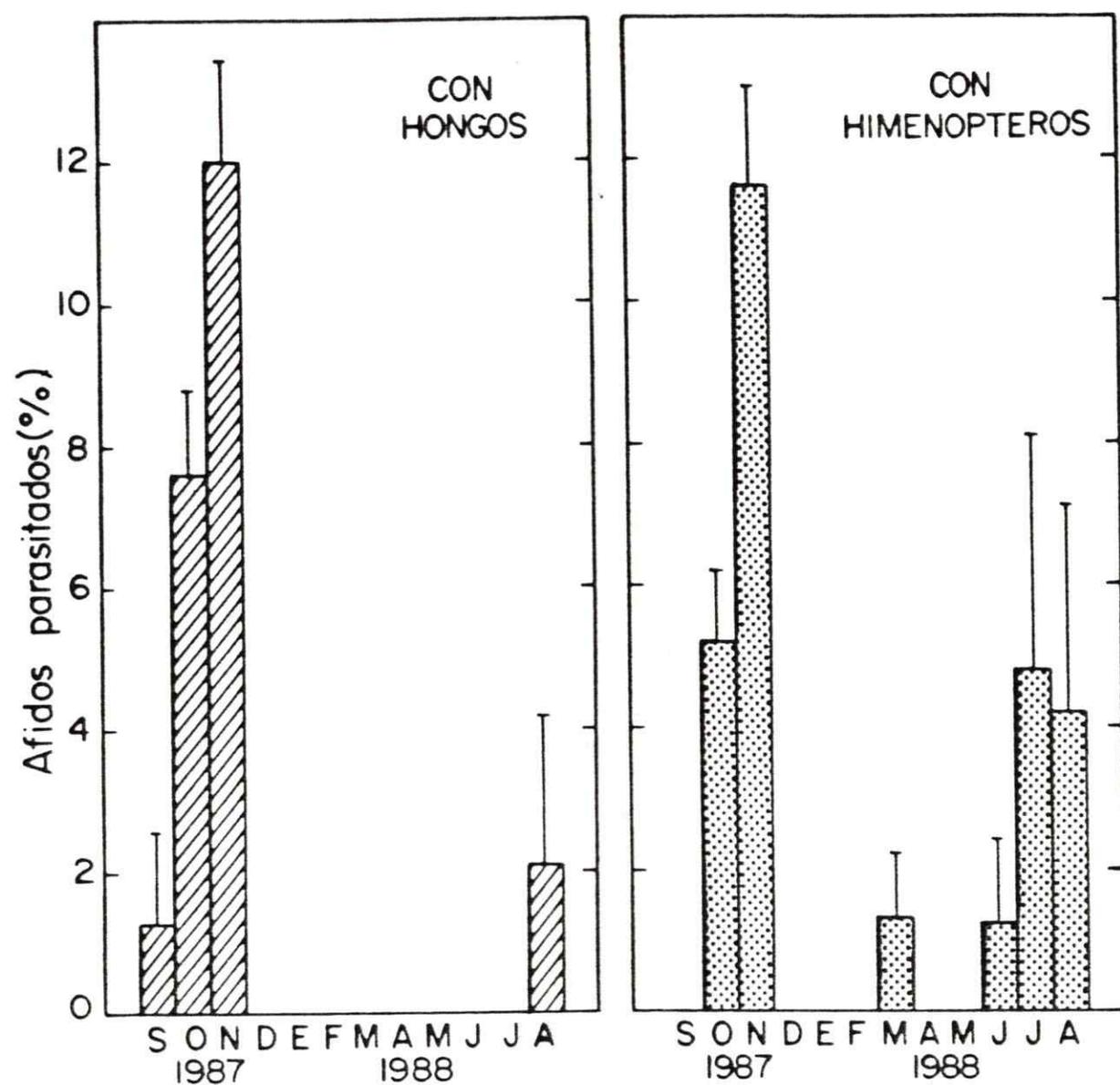


Fig. 17. Afidos con síntomas de parasitismo por hongos y por himenópteros en gramíneas silvestres a lo largo de un año en la Reserva Nacional Río Clarillo. Los valores son porcentaje  $\pm$  error estándar.

parasitismo producido por los himenópteros alcanzó un 12 % de los áfidos, semejante al producido por hongos (18 %). Es decir, en primavera las poblaciones de áfidos tuvieron un parasitismo total cercano a un 25 %. Áfidos parasitados por himenópteros se detectaron también invierno, aunque en los meses de primavera mostraron el mayor porcentaje de parasitismo (Fig. 17).

En Río Clarillo se detectó también la presencia de coccinélidos pertenecientes a las especies Eriopsis connexa y Adalia bipunctata en primavera (Olalquiaga 1963).

Algunas especies de arácnidos son citados en la literatura como predadores de áfidos (Jones 1979). En verano se detectó la presencia de arácnidos sobre espigas de Polygono australis. El 27 de diciembre de 1988 se registró en la Quebrada El Almendral de la Reserva Nacional Río Clarillo, ocho arácnidos en seis espigas, de un total de 59 ejes de P. australis examinados. Sin embargo, cuando se dejó algunos individuos recolectados en terreno, durante varios días en placas Petri con pulgones, no se registró ingestión.

#### 4.15. Abundancia de áfidos en un cultivo de trigo.

Los áfidos alcanzaron una densidad de hasta 50 individuos/ unidad muestral al comienzo de la infestación artificial de R. padi. Al analizar lo que sucede con las diferentes especies de áfidos identificadas directamente en terreno, se observó que al principio de la temporada, la mayor densidad de pulgones correspondió a R. padi (Fig. 18.a). Sin embargo, esta población desapareció totalmente después de varios días de lluvia. R. padi volvió a aparecer por infestación natural a mediados de noviembre. Sin embargo para las mismas fechas habían otras especies de pulgones (Fig. 18.b). M. dirhodum, que tenía al menos una población 10 veces inferior en la época de infestación artificial (4 áfidos / unidad muestral), no fue afectado por las lluvias. Esto probablemente se debió, a que este pulgón se ubica preferentemente en el lado inferior de las hojas cuando llueve. En cambio, R. padi se ubica preferentemente en el tallo y en las hojas inferiores, por lo que cuando llueve cae fácilmente al suelo. La secuencia de máximos de densidad (Fig. 18.b) y de abundancia relativa de las especies de pulgones por infestación natural (Fig. 19) fue la siguiente: M. dirhodum, S. avenae, R. padi y S. graminum. Esta última especie mantuvo una densidad baja.

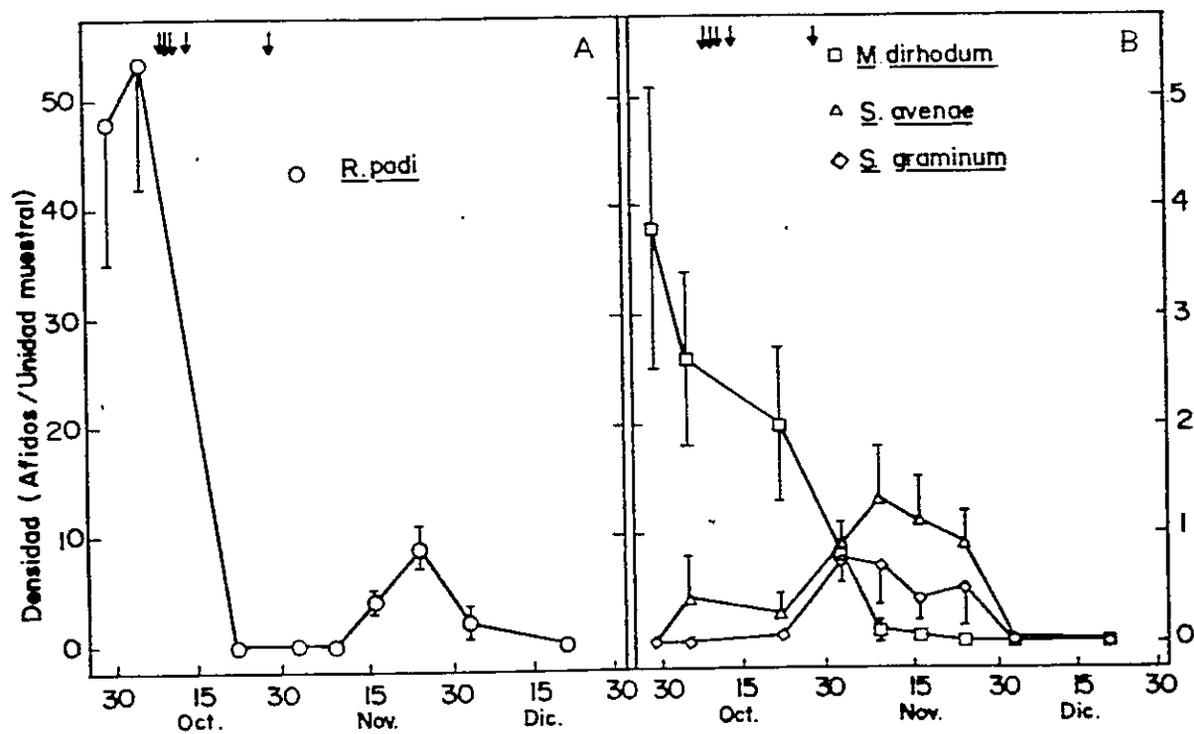


Fig. 18. Densidad de las diferentes especies de áfidos en un cultivo de trigo (Estación Experimental La Platina, 1987)  $\pm$  error estándar. Las flechas indican días de lluvia.

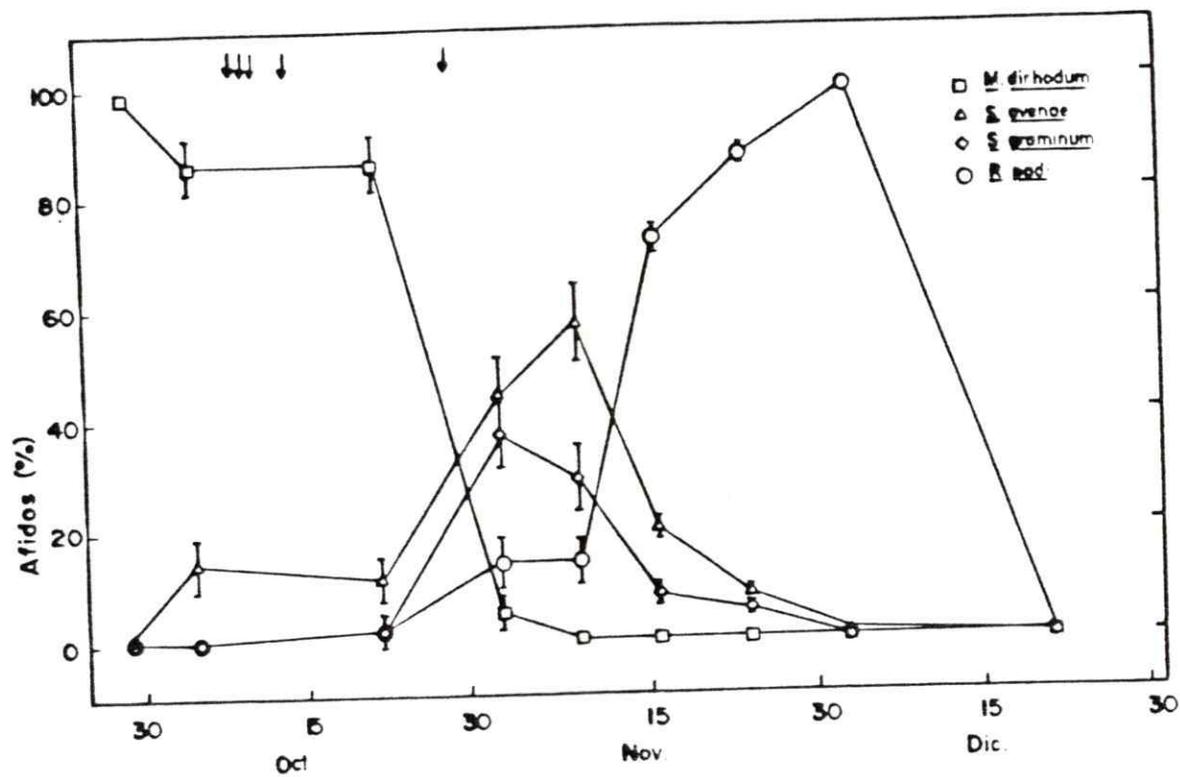


Fig. 19. Abundancia relativa de las especies de áfidos provenientes de infestación natural en un cultivo de trigo (Estación Experimental La Platina en 1987)  $\pm$  error estándar. Las flechas indican los días de lluvia.

#### 4.16. Porcentaje de áfidos parasitados en cultivo de trigo.

En los primeros muestreos no se detectó áfidos parasitados y la densidad causada por infestacion artificial de afidos alcanzó a 50 pulgones/ unidad muestral (Fig. 20). Al cabo de tres semanas, despues de una lluvia prolongada que causó la mortalidad de los áfidos ( 5 pulgones/ unidad muestral), se registró un 15 % de parasitismo fúngico y un 40 % de parasitismo por himenópteros. A fines de octubre el parasitismo causado por hongos entomopatógenos y por himenópteros alcanzó un máximo de áfidos parasitados de un 10,2 y un 77,6 % respectivamente (total 87,6 %). A partir de noviembre, a pesar que se registró un aumento en la densidad poblacional de pulgones, el parasitismo disminuyó hasta desaparecer. Esto se debió probablemente a las altas temperaturas del verano.

#### 4.17. Porcentaje de infección fúngica y factores climáticos.

Se detectó áfidos infectados por hongos a principios de Octubre, cuando la temperatura media ascendió sobre los 12 °C, manteniéndose la humedad relativa del aire cercana al 70 % (Fig. 21). A mediados de Octubre llovió, registrándose a la semana siguiente el mayor porcentaje de áfidos con síntomas de infección fúngica de la temporada ( $15,6 \pm 3,1$  %). A partir de esta fecha el porcentaje de pulgones infectados disminuyó gradualmente junto con una disminución de la humedad relativa y un aumento de la temperatura del aire. A

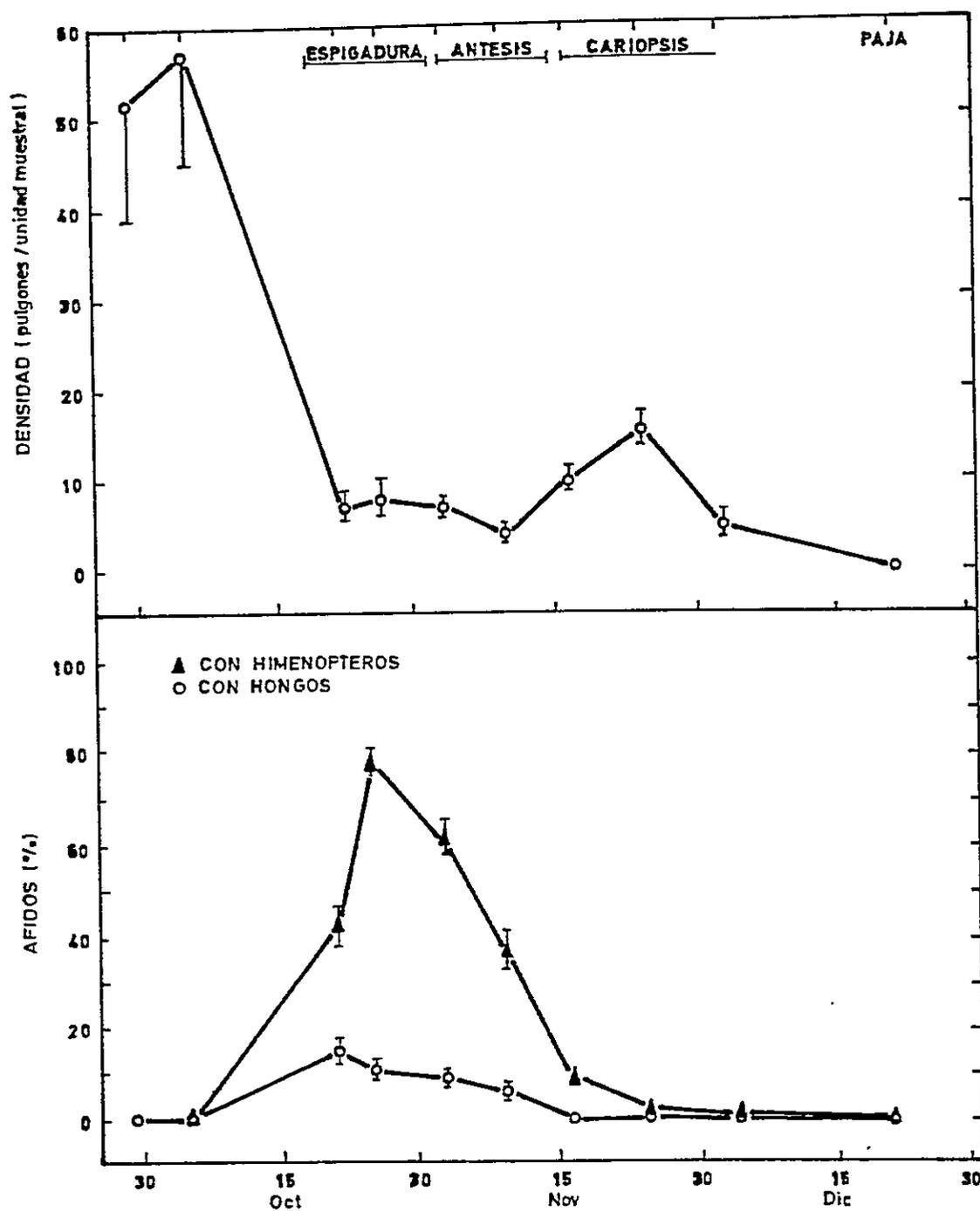


Fig. 20. Densidad y porcentaje de parasitismo de los áfidos en un cultivo experimental de trigo (Estación Experimental La Platina, 1987)  $\pm$  error estándar.

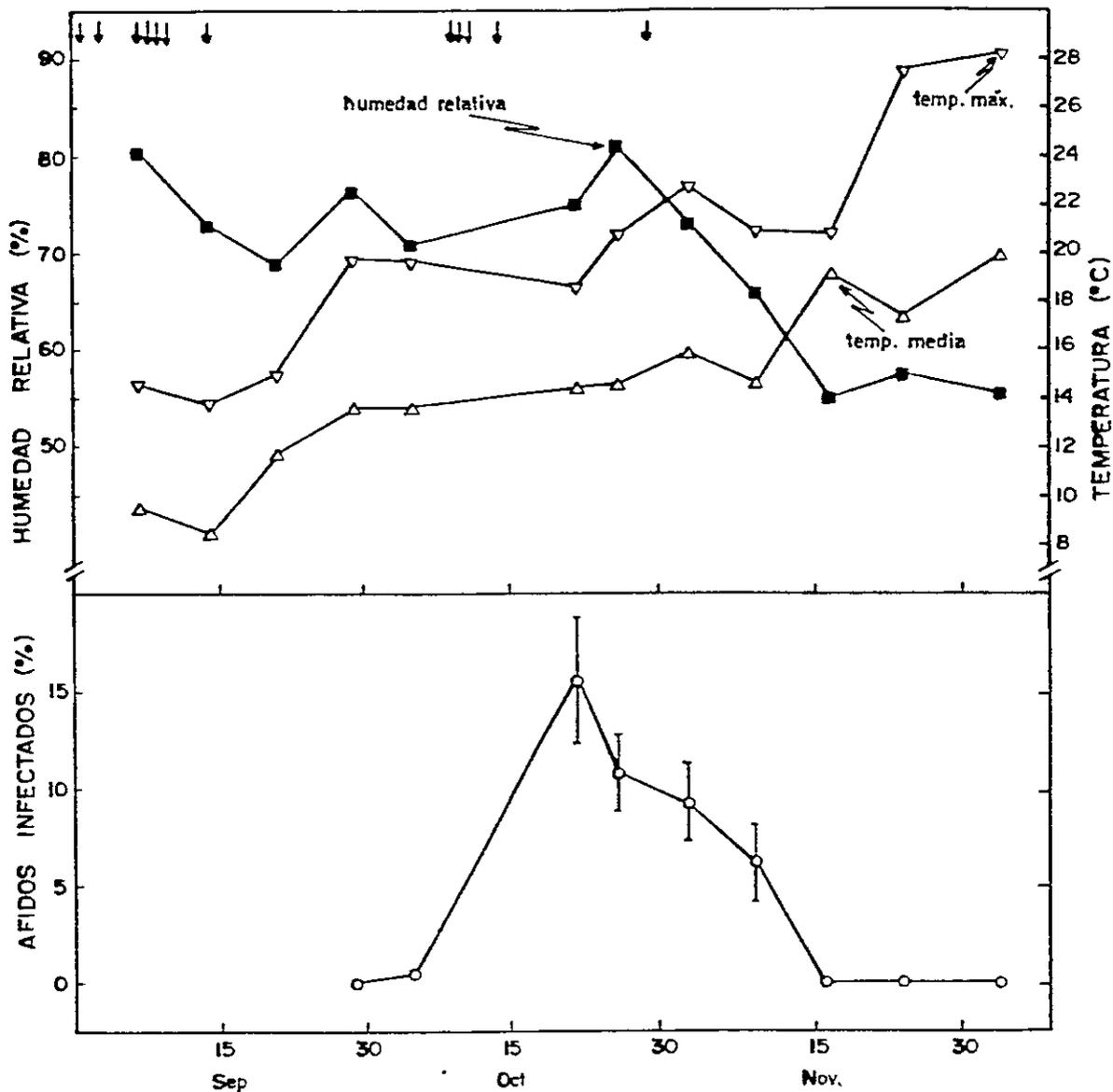


Fig. 21. Factores climáticos e infección de áfidos por hongos en un cultivo de trigo (Estación Experimental La Platina, primavera 1987). Los valores climáticos son los promedios de los datos de los 7 días anteriores al del muestreo. Las flechas indican días de lluvia. Los valores de infección fúngica son los promedios  $\pm$  error estándar.

partir de mediados de noviembre, cuando la humedad relativa del aire disminuyó hasta cerca de un 55 %, no se detectaron áfidos infectados.

#### 4.18. Presencia de predadores de áfidos en el cultivo.

A lo largo del muestreo se detectó en las unidades muestrales la presencia de otros organismos predadores de los áfidos de los cereales. La presencia de éstos junto con la de los parásitos se evaluó expresándolo como individuo/por unidad muestral (Fig. 22). Los coccinélidos se contaron en estado de pupa y adulto, y en el periodo de maduración del trigo, se obtuvo un máximo de 4 individuos por cada 10 unidades muestrales (100 ejes). Es decir, había una proporción de 39 pulgones por cada coccinélido. También se detectó la presencia de sirfidos en estado de pupa y larva, pero en muy baja cantidad. Se observa que, en general, en el periodo de formación del grano, los parásitos fueron los principales enemigos naturales de los áfidos de los cereales; sin embargo, para la maduración del trigo, cuando las condiciones climáticas eran más drásticas, no se detectó parásitos pero sí depredadores. Se encontraron coccinélidos, durante la madurez del trigo, cuando ya no se detectaban áfidos vivos. Los coccinélidos encontrados pertenecían a las especies Eriopsis connexa y Adalia bipunctata.

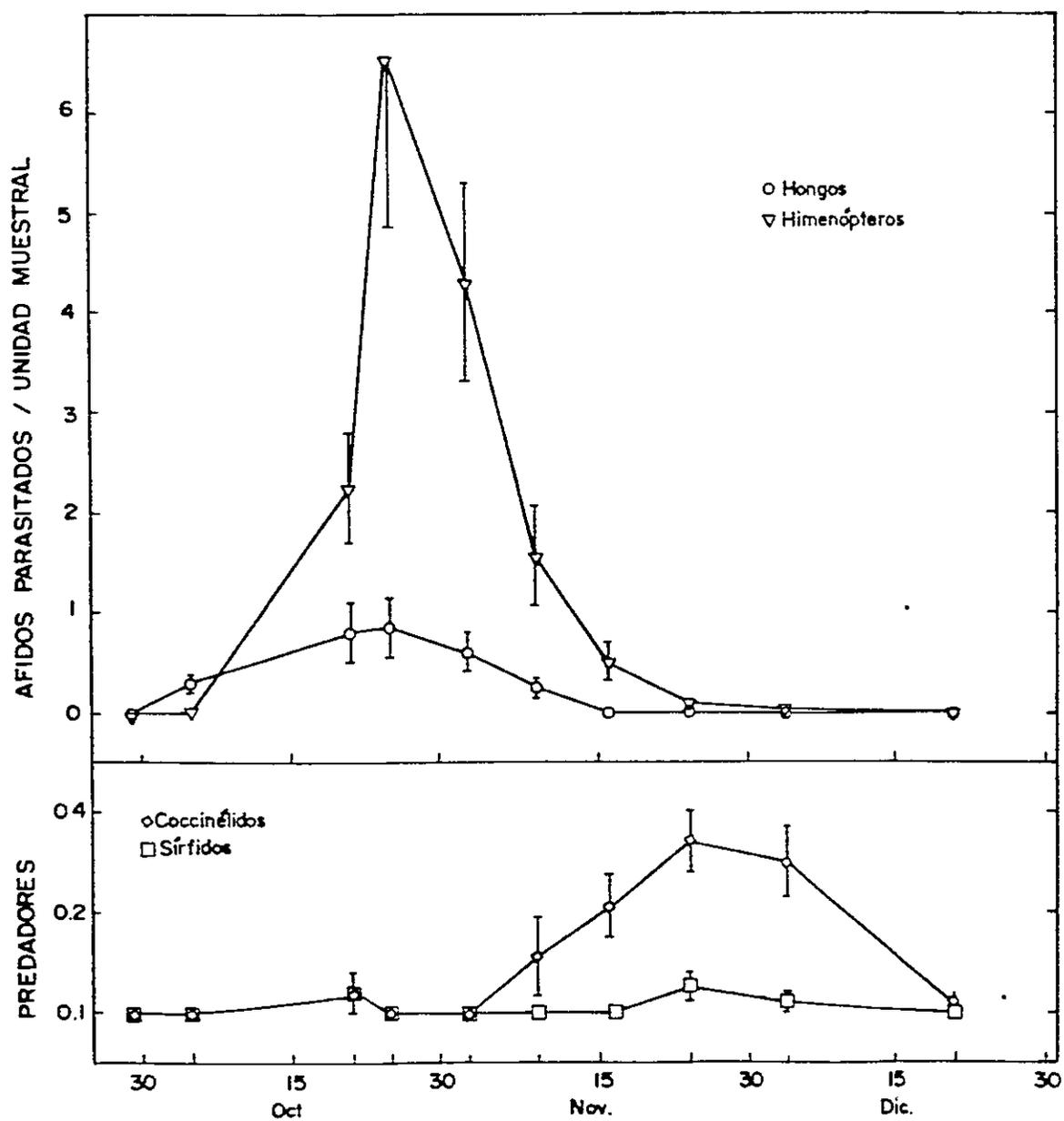


Fig. 22. Parasitismo y predación de áfidos en un cultivo experimental de trigo ( Estación Experimental La Platina, 1987)  $\pm$  error estándar.

## 5.

## DISCUSION

En quebradas húmedas de áreas precordilleranas de la Región Metropolitana las gramíneas silvestres hospedaron a áfidos a lo largo de todo el año. Cerca del 50 % de las especies de gramíneas silvestres encontradas fueron hospederas de áfidos de los cereales en los sitios de estudio (Tabla 1). En la mayor parte de los sectores precordilleranos las gramíneas se secan en verano, volviendo aparecer a fines de invierno (Tablas 2, 3 y 7). En las otras épocas del año las gramíneas están restringidas a las quebradas húmedas (Tabla 7). Estas quebradas serían importantes para la mantención de las poblaciones de áfidos durante la época seca.

Las gramíneas que se detectaron a lo largo de todo el año infestadas fueron A. barbata y Polypogon spp. (Tabla 3). Estas plantas serían las principales responsables de la mantención de las poblaciones de áfidos en los meses de verano, otoño e invierno. Primavera fue la época en donde se encontró la mayor diversidad y abundancia tanto de gramíneas y como de áfidos (Tablas 5, 7 y 8). En primavera las especies que se encontraron más infestadas fueron: A. barbata, Trisetum sp. y E. rigidus, en verano fueron:

A. barbata y Polypogon spp.; y en otoño e invierno: A. barbata, Polypogon spp. y V. megalura (Tabla 15). En verano Polypogon australis fue la gramínea más abundante y más infestada en las quebradas.

Un caso singular es el de Vulpia megalura. Esta especie es muy abundante en primavera, y se encontró asociada a otras gramíneas hospedantes. Sin embargo, en esta estación no se encontró infestada con pulgones, mientras que en otoño e invierno, cuando hay pocas gramíneas en las quebradas, se encontró infestada.

En las áreas precordilleranas casi la mitad de las gramíneas eran especies introducidas ( 21/ 43) (Tabla 1). Entre las 21 gramíneas hospedantes descritas en las áreas precordilleranas estudiadas, 9 son especies introducidas, entre ellas Avena barbata, Bromus rigidus, Bromus hordeaceus, Hordeum murinum y Lolium multiflorum (Navas 1973). Estos resultados indican que los áfidos de los cereales constituyen una plaga introducida, que no sólo afecta a las gramíneas introducidas, sean estas cultivadas o silvestres, sino que también a las gramíneas silvestres nativas de áreas preandinas de la Región Metropolitana.

El índice de hospitalidad propuesto en este trabajo, para evaluar la importancia de las diferentes especies de gramíneas como hospedantes de los áfidos en una época y área dada, demostró ser un buen indicador. De acuerdo a

este índice de hospitalidad las poblaciones de gramíneas que hospedaron al mayor número de áfidos en primavera fueron B. rigidus, B. berterianus y A. barbata, alcanzando valores de 1,7. Estas especies tuvieron una alta infestación, frecuencia y densidad (Tablas 10 y 6). Sin embargo, H. murinum, aunque tenía una alta frecuencia y densidad, presentó un índice de hospitalidad bajo (IH = 0,52), porque presentaba una infestación baja de sus ejes (I = 0,08) (Tablas 10 y 11). Las otras especies de gramíneas hospedantes (Trisetum sp., Polypogon australis, y Hordeum chilense) fueron especies relativamente poco importantes como hospedantes (IH  $\approx$  0), ya que aunque presentaron un alto grado de infestación (I = 2,0, 0,8 y 0,7 respectivamente), fueron especies poco abundantes. Su distribución estuvo restringida sólo a determinados sectores (Tabla 5). Sin embargo, el conjunto de estas poblaciones de gramíneas pudieran tener una importancia mayor en el albergue de poblaciones de áfidos. En las otras épocas del año las pocas especies de gramíneas hospedantes presentes son importantes como reservorios de áfidos.

Las especies de áfidos encontradas en áreas silvestres fueron: S. graminum, R. padi, S. avenae y M. dirhodum, que son también las especies más frecuentes en los cultivos de trigo de la zona central (Lambrot y Guerrero 1983). Se observó que la presencia de las diversas especies de áfidos durante el transcurso del año es variable, coincidiendo con

lo informado por Vargas (1981), Quiroz (1986) y Araya (1987). Al comparar los periodos de actividad de las diferentes especies de áfidos y la diversidad de hospederos en áreas precordilleranas, se encontró que la especie más común fue S. graminum (Tabla 9). En primavera se la encontró sobre la mayor parte de las gramíneas (Tabla 8). R. padi, aunque fue menos frecuente que S. graminum, también se detectó a lo largo de todo el año. M. dirhodum se restringió desde fines de invierno hasta mediados de primavera. S. avenae, se encontró desde fines de primavera hasta verano, cuando las plantas presentan espiga, demostrando su preferencia, también en gramíneas silvestres, por esta estructura vegetal (Carrillo y col. 1974).

Al comparar la abundancia relativa de las mismas especies de áfidos en las gramíneas precordilleranas y en el cultivo de trigo durante la primavera 1987, se observan diferencias. En el trigal la especie más abundante fue R. padi, y se observó incluso cuando el trigo estaba en el último periodo de cariopsis (Fig. 19).

Los factores climáticos influyen en la abundancia relativa de las especies de áfidos. Se ha demostrado que las temperaturas óptimas para la tasa de reproducción y el desarrollo de las especies de áfidos son diferentes (Dean 1974). Variaciones en la temperatura ambiental pueden afectar el movimiento de los áfidos alados (Sparow 1970, Wiktelius 1982), lo que podría explicar la inmigración de

áfidos alados a principios de la primavera en las áreas precordilleranas (Figura 16). A principios de Octubre llovió lo que disminuyó las poblaciones de áfidos de las parcelas de la Reserva Nacional Río Clarillo y de la Estación Experimental La Platina. Experimentos realizados por Jones (1979) indican una alta mortalidad de los áfidos en los periodos de lluvias.

Las especies de hongos patógenos de los áfidos de los cereales detectadas en los sectores precordilleranos y en el cultivo experimental de trigo fueron las mismas: Entomophthora planchoniana Cornu y Erynia neoaphidis Remaudiere y Hennebert (= Entomophthora aphidis). E. planchoniana se cita por primera vez para la zona central de Chile, lo que amplía su rango de distribución en el país. Erynia neoaphidis fue descrita anteriormente en Chile como Entomophthora aphidis (Aruta y col. 1973).

Las especies de hongos que se encontraron parasitando a las diferentes especies de áfidos de los cereales (Tabla 14) no son específicas de ellos. E. neoaphidis se ha encontrado sobre los áfidos de la arveja Acyrtosiphon pisum, Acyrtosiphon kondoi y Acyrtosiphon fabae, y E. planchoniana sobre A. fabae (Rockwood 1950 cit. Wilding 1969, Milner y Bourne 1983, Wilding y Perry 1980, Wilding 1981, 1982, Dedryver 1978, 1981, Rabasse y Robert 1975). Estas especies de áfidos también se encuentran en Chile, y es probable que sean micoparasitados.

La especie de hongo que más afectó a las poblaciones de áfidos fue E. planchoniana (89,4 %) (Tabla 14). Esto podría deberse a dos razones fundamentalmente: a) que los áfidos sean más susceptibles a la infección por E. planchoniana que a E. neoaphidis y/o b) que las condiciones ambientales de la zona sean más favorables para E. planchoniana.

Cabe destacar que en años anteriores se había responsabilizado sólo a E. aphidis del parasitismo fúngico en la zona central (Apablaza y Tiska 1973, Caballero 1972). En Bélgica y en Alemania se ha considerado a E. aphidis como principal patógeno de los áfidos de los cereales, especialmente de la especie M. dirhodum (Latteur 1977, Bode 1977, Keller y Sutter 1980 citados por Dedryver 1981). Sin embargo en Francia el principal enemigo de M. dirhodum es E. planchoniana y de R. padi Conidiobolus obscurus (Dedryver 1981). En Londres, C. obscurus predomina sobre S. avenae y E. planchoniana sobre M. dirhodum (Dean y Wilding 1971, 1973).

Comparando los resultados anteriores, con nuestros muestreos, en éstos la mayor parte de los áfidos infectados por hongos correspondían indistintamente a M. dirhodum y a S. graminum, ambos parasitados en un 89,7 % por E. planchoniana. De acuerdo a Dedryver (1981), es probable que E. neoaphidis se restrinja a zonas más lluviosas, por lo cual es posible que ésta sea la especie más patogénica en el sur de Chile.

En las áreas muestreadas la humedad relativa del aire medida fue cercana al 70 % durante el periodo de presencia de áfidos infectados por hongos (Figs. 16 y 21). Se sabe que las conidias requieren una humedad cercana al 100 % para su germinación. A pesar que los porcentajes de humedad registrados no alcanzan este valor, se detectan áfidos infectados. Esto puede explicarse, porque en las hojas donde se encuentran los áfidos la humedad sería mayor debido a procesos fisiológicos de la planta como la transpiración y respiración, y el rocío (Brobyn y col. 1985).

A fines del periodo de infección fúngica aumentó la temperatura ambiental (por efecto de la mayor radiación solar en primavera). Se ha demostrado que cuando las esporas de los hongos entomopatógenos son expuestas muchas horas a la radiación solar, se afecta su infectividad (Ignoffo y col. 1977 cit. Brobyn y col. 1985). Las lluvias, que pudieran lavar el inóculo de la superficie de la hoja (Brobyn y col. 1985), no detuvieron el proceso de infección en los lugares muestreados debido probablemente a que el inóculo se mantuvo en los áfidos alados inmigrantes.

Con respecto a la relación entre la densidad de áfidos y el porcentaje de áfidos con síntomas de infección fúngica, el mayor porcentaje de áfidos infectados ocurrió en las fechas posteriores a la mayor densidad de áfidos en las áreas silvestres (Figs. 14 y 15), lo que podría indicar una densodependencia. En la fecha de la máxima densidad de

áfidos no se registra el valor real de áfidos infectados, ya que los síntomas de infección se manifiestan después de varios días.

Durante los muestreos en áreas silvestres y en áreas cultivadas se encontró, al principio de la infestación (en primavera), una gran proporción de áfidos alados parasitados por hongos entomopatógenos, especialmente al principio de la infestación. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Dean y Wilding (1973) y Wilding y Perry (1980), quienes postulan que las migraciones de áfidos alados serían un medio importante de la distribución de las esporas de hongos entomopatógenos. La gran cantidad de conidias, especialmente de E. planchoniana, atrapadas en las alas de los áfidos tanto en áreas precordilleranas como en el cultivo de trigo, corroboran la proposición que las especies de hongos patógenos de áfidos que se encuentran en ambas áreas son las mismas, especialmente si se considera la alta capacidad de migración de los áfidos alados (Dixon 1978).

Es probable que la germinación y penetración del hongo en los individuos alados inmigrantes portadores de esporas, ocurra en la noche o madrugada, cuando cae el rocío. En terreno se encontró a áfidos alados parasitados por hongos, rodeados de sus ninfas, las cuales también estaban parasitadas. Considerando que el proceso de infección y muerte del áfido dura, a 20 °C, 3 días y a otras temperaturas hasta 7 días (Wilding 1981), si las esporas caen sobre las ninfas,

éstas no alcanzarán el estado adulto para reproducirse. De modo que, si la infección fúngica afecta la tasa de crecimiento poblacional de los áfidos, los hongos podrían considerarse efectivos controladores de las poblaciones de áfidos. Esto lo demuestra la mortalidad que han causado en plagas de numerosos países. En Chile se obtuvo hasta un 90 % de áfidos parasitados por hongos en años anteriores (Zuñiga 1967, Mellado y col. 1976).

Los muestreos realizados en la estación experimental La Platina, durante la temporada primavera - verano de 1987, indicaron una muy baja densidad poblacional de los áfidos provenientes de infestación natural (máx. 10 áfidos / unidad muestral  $\approx$  1 áfido/ eje) (Fig. 18). La baja densidad de las poblaciones de áfidos en los cultivos puede deberse al parasitismo por microhimenópteros, los cuales durante 1987 parasitaron hasta un 78 % de la población (Fig. 20). Los himenópteros parasitaron el 14,7 y 11,8 % de los áfidos en cultivos de la zona central en la temporada 1979 y 1980, respectivamente (Norambuena 1981). Es decir en 7 años el parasitismo parece haber aumentado más de 5 veces, lo que indica que los himenópteros han llegado a controlar las poblaciones de áfidos de los cultivos en la zona central de Chile. Los muestreos realizados en las áreas precordilleranas indicaron que en primavera, el porcentaje de áfidos con síntomas de parasitismo por himenópteros alcanzó un 11,7 % (Fig. 17).

Sólo en las áreas cultivadas se detectaron sirfidos, y más frecuentemente coccinélidos (Fig 22). En los cultivos de la zona central de Chile, los mecanismos de control integrado de pulgones incluyen la propagación y dispersión de himenópteros y coccinélidos durante los meses de cultivo de trigo (Zuñiga 1986 b, c). Sin embargo, en las áreas precordilleranas esta presencia es espontánea, lo que se refleja en la menor densidad de parásitos en primavera (himenópteros alcanzaron un 12 % en la precordillera y un 78 % en el cultivo de trigo). Además en las áreas precordilleranas las condiciones climáticas son más extremas, lo que podría afectar a estos insectos.

De acuerdo a lo expuesto en esta tesis:

1. Las especies de hongos entomopatógenos de los áfidos se encuentran ampliamente distribuidas en la Región Metropolitana, sin embargo no serían actualmente controladores importantes de las poblaciones de áfidos en las áreas precordilleranas y en los cultivos de esta Región, debido a que la humedad relativa de la zona no favorece el desarrollo de los hongos a lo largo de todo el año. En cambio, los insectos parásitos son los enemigos biológicos más frecuentes de los áfidos presentes en cultivos y en gramíneas silvestres.

2. Se detectó una elevada influencia del hombre en áreas silvestres preandinas de la Región Metropolitana, ya que:

1º. Una gran proporción de las gramíneas silvestres son introducidas.

2º. Los áfidos de los cereales, siendo una plaga introducida en el país, no sólo afectan a las gramíneas silvestres introducidas, sino también a las nativas.

3º. Los enemigos biológicos de los áfidos utilizados en el control integrado de plagas (hongos entomopatógenos, insectos parásitos y predadores, introducidos), también se encuentran en sectores precordilleranos.

## 6.

## CONCLUSIONES

1. El índice de hospitalidad propuesto en esta tesis es un parámetro útil para evaluar la importancia de las distintas especies de gramíneas como hospedantes de los áfidos en áreas silvestres.

2. Avena barbata y Polypogon australis son las gramíneas hospedantes más comunes de quebradas preandinas de la Región Metropolitana, porque tienen índices de hospitalidad altos, y se encuentran en las épocas en que la mayor parte de las gramíneas están secas.

3. Las especies de hongos entomopatógenos de los áfidos de los cereales se encuentran ampliamente distribuidas en la Región Metropolitana; sin embargo no serían actualmente controladores importantes de las poblaciones de áfidos de esta Región, debido a que la humedad relativa de la zona no favorece el desarrollo de los hongos a lo largo de todo el año. El hongo entomopatógeno que más afecta a las poblaciones de áfidos es Entomophthora planchoniana (89 %).

4. Los insectos (parásitos y predadores) son los enemigos biológicos más frecuentes de los áfidos presentes en cultivos y en gramíneas silvestres de áreas preandinas.

5. La elevada proporción de gramíneas alóctonas, la presencia de áfidos introducidos y sus enemigos biológicos, y la susceptibilidad de gramíneas nativas a los áfidos de los cereales, indican el alto grado de intervención antrópica en las áreas precordilleranas de la zona central de Chile.

8.

## REFERENCIAS

1. A'Brook, J. 1981. Some observations in west Wales on the relationships between numbers of alate aphids and weather. *Ann. appl. Biol.* 97, 11-15.
2. Ajayi, O. y Dewar, A.M. 1983. The effect of barley yellow dwarf virus, aphids and honeydew on Cladosporium infection of winter wheat and barley. *Ann. appl. Biol.* 102, 57-65.
3. Apablaza, J. y Tiska, W. 1973. Poblaciones de áfidos (Homóptera, Aphididae) en trigo de la zona central chilena. *Revista Chilena de Entomología* 7, 173-181.
4. Araya, F. 1987. Salinidad y resistencia de gramíneas cultivadas y silvestres al ataque de áfidos. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. 94 pp.
5. Argandoña, V.H., Luxa, J.C., Niemeyer, H.M. y Corcuera, L.J. 1980. Role of hydroxamic acids in the resistance of cereal to aphids. *Phytochemistry* 19, 1665-1668.
6. Aruta, C., Carrillo, R. y Gonzales, S. 1974. Determinación para Chile de hongos entomopatógenos del género Entomophthora. *Agro Sur* 2, 62-70.
7. Auclair, J.L. 1963. Aphid feeding and nutrition. *Ann. Rev. Entomol.* 8, 439 - 490.
8. Boiteau, G. 1984. Effect of planting date, plant spacing, and weed cover on populations of insects, arachnids, and entomophthoran fungi in potato fields. *Environmental Entomology* 13, 751-756.
9. Brobyn, P.J., Wilding, N. y Clark, S.J. 1985. The persistence of infectivity of conidia of the aphid

- pathogen E. neoaphidis on leaves on the field. Ann. appl. Biol. 107, 365-376.
10. Caballero, C. 1972. Incidencia del ataque del pulgón de los cereales Metopolophium dirhodum en los rendimientos de trigo. Revista Peruana de Entomología. 15, 195-200.
  11. Campos, L. 1976. Los pulgones de los cereales. El Campesino 107, 38-41.
  12. Campos, L., Guerrero, M.A. y Lamborot, L. 1979. Clave de campo para identificar cinco especies de áfidos (Homoptera; Aphididae) de los cereales. Investigación Agrícola 5, 33-37.
  13. Carrillo, R., Mellado, M., y Pino, A. 1974. Los áfidos Sitobion avenae (Fabricius) y Metopolophium dirhodum (Walker), su influencia en el rendimiento, ubicación en la planta y sus enemigos naturales. Agro Sur 2, 71-85.
  14. Carrillo, R. y Mellado, M. 1975. Efecto de la época de siembra y del áfido Metopolophium dirhodum (Walker) en el rendimiento de cultivares de trigo de primavera (Triticum aestivum L.). Agricultura Técnica 35, 190-204.
  15. Carrillo, R. y Mellado, M. 1975. Efecto de los áfidos M. dirhodum y S. avenae, y del nitrógeno y potasio sobre el rendimiento, componentes de rendimiento y de algunas características morfológicas de un cultivar de trigo (Triticum aestivum L.). Agro Sur (Chile) 3, 109-116.
  16. Carter, N., McLean, I.F.G., Watt, A.D. y Dixon, A.F.G. 1980. Cereal aphids: a case study and review. In Coaker, T.H. Ed. Applied Biology Vol.5, 272-349.
  17. Carter, N., Gardner, S., Fraser, A.M. y Adams, T.H.L. 1982. The role of natural enemies in cereal aphid population dynamics. Ann. appl. Biol. 101, 190-195.
  18. Coon, B.F. 1959. Grass Hosts of cereal aphids. Journal of Economic Entomology 52, 994-996.
  19. Corcuera, L.J. 1984. Effects of indole alkaloids from Graminae on Aphids. Phytochemistry 23, 539-541.

20. Cortázar, S.R. 1980. Virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) y áfidos en trigo en la región centro - norte de Chile. Agricultura Técnica 40, 53-57.
21. Cortázar, S.R. 1977. Influencia de los áfidos en la disminución del rendimiento del trigo en Chile. Investigación y Progreso Agrícola 9, 25-28.
22. Chiverton, P.A. 1986. Predator density manipulation and its effects on populations of Rhopalosiphum padi (Hom.: Aphididae) in spring barley. Ann. appl. Biol. 109, 49-60.
23. Dean, G.J. 1973. Distribution of aphids in spring cereals. J. appl. Ecol. 10, 447-462.
24. Dean, G.J. 1973. Bionomics of aphids reared on cereals and some gramineae. Ann. appl. Biol. 73, 127-135.
25. Dean, G.J. 1974. Effect of parasites and predators on the cereal aphids Metopolophium dirhodum (Walk.) and Macrosiphum avenae (F.) (Hem., Aphididae). Bulletin of Entomological Research 63, 411-422.
26. Dean, G.J. y Wilding, N. 1971. Entomophthora infecting the cereal aphids Metopolophium dirhodum and Sitobion avenae. Journal of Invertebrate Pathology 18, 169-176.
27. Dean, G.J. y Wilding, N. 1973. Infection of cereal aphids by the fungus Entomophthora. Ann. appl. Biol. 74, 133-138.
28. Dedryver, C.A. 1978. Facteurs de limitation des populations de Aphis fabae dans l'Ouest de la France. 3. Répartition et incidence des différentes espèces d'Entomophthora dans les populations. Entomophaga 23, 137-151.
29. Dedryver, C.A. 1981. Biologie des pucerons des céréales dans l'ouest de la France. II. Répartition spatio-temporelle et action limitative de trois espèces d'Entomophthoraceae. Entomophaga 26, 381-393.
30. Delfino, M.A. 1983. Identificación de áfidos (Homóptera; Aphidoidea) encontrados en cereales de la República Argentina, Cirpon. Revista de Investigación 1, 15-30.

31. Dixon A.F. 1978. Biology of aphids. Studies in Biology nº 44. Ed. Edward Arnold. 55 pp.
32. Fernández, M. 1979. Introducción a la Fitopatología. Vol. IV, Hongos y Mycoplasmas. 3º edición. Editorial de Relaciones Públicas del I.N.T.A., Buenos Aires, Argentina. 613 pp.
33. George, K.S. 1974. Damage assesment aspects of cereal aphid attack in autumn and spring soon cereals. Ann. appl. Biol. 77, 67-74.
34. Gerding, M.P., Norambuena, H., y Quiroz, C.E. 1987. Estudios sobre pérdidas causadas por el complejo áfidos-virus de cereales en Chile (1976-1885). Agricultura Técnica 47, 225-234.
35. Hall, I.M. y Dunn, P.H. 1958. Artificial dissemination of entomophthorous fungi pathogenic to the spotted alfalfa aphid in California. Journal of Economic Entomology 51, 341-346.
36. Hall, I.M. y Dunn, P.H. 1959. The effect of certain insecticides and fungicides on fungi pathogenic to the spotted alfalfa aphid. Journal of Economic Entomology 52, 28-29.
37. Herrera, G. y Quiroz, C. 1980. Efecto del virus del enanismo amarillo de la cebada y del áfido Metopolophium dirhodum en trigo (Triticum aestivum). Agricultura Técnica 40, 12-17.
38. Hill, A.R. 1971. The reproductive behaviour of Metopolophium festucae (Theobald) at different temperatures on different host plants. Ann. appl. Biol. 67, 289-295.
39. Holmes, P.R. 1984. A field study of the predators of the grain aphid, Sitobion avenae (F.) (Hemiptera: Aphididae), in winter wheat in Britain. Bull. ent. Res. 74, 623-631.
40. I.N.I.A. 1971. Control biológico de pulgones. Instituto de Investigación Agropecuaria. 386 pp.
41. I.N.I.A. 1982. (Norambuena, H.M., Gerding, M.P. y Quiroz, C.E.) Situación actual e impacto económico de los áfidos en la producción de trigo en Chile. Informe I.N.I.A. 1985. 81-157.

42. Jones, M.G. 1979. Abundance of Aphids on cereals from before 1973 to 1977. *Journal of Applied Ecology* 16, 1-22.
43. Klapp, E. 1965. *Taschenbuch der Graser*. Ed. Paul Parey. 260 pp.
44. Lara de Zuñiga, S. y Zuñiga, E. 1969. Metopolophium dirhodum (Walker), (Homoptera, Aphididae). Afido nuevo para Chile, importante plaga del trigo. *Simiente (Chile)* 39, 34-36.
45. Large, E.C. 1954. Growth stages in cereals. *Illustration of Feekes Scale*. *Plant Pathology* 3, 128-129.
46. Lamborot, L.C. y Guerrero, M.A. 1979. Dinámica poblacional de los áfidos de los cereales y sus enemigos naturales en la provincia de Santiago durante las temporadas 1976 y 1977. *Investigación Agrícola (Chile)* 5, 23-32.
47. Leather, S.R. y Dixon, A.F.G. 1981. The effect of cereal growth stage and feeding site on the reproductive activity of the bird cherry aphid, Rhopalosiphum padi. *Ann. appl. Biol.* 97, 135-141.
48. Leather, S.R. y Dixon, A.F.G. 1982. Secondary host preferences and reproductive activity of the bird cherry-oat aphid, Rhopalosiphum padi. *Ann. appl. Biol.* 101, 219-228.
49. Lee, G., Stevens, D.J., Suzanne Stock, S.E. y Wratten, S.D. 1981. Duration of cereal aphid population and the effect on wheat yield in breadmaking quality. *Ann. appl. Biol.* 98, 169-178.
50. Mathei, O. 1965. Estudio crítico de las gramíneas del género Stipa en Chile. *Gayana, Bot.* 13, 1-136.
51. Mathei, O. 1986. El género Bromus L. (Poaceae) en Chile. *Gayana, Bot.* 43, 47-110.
52. MacLeod, D.M., Müller-Kögler, E. 1973. Entomogenous fungi: Entomophthora species with pear-shaped to almost spherical conidia (Entomophthorales: Entomophthoraceae. *Mycologia* 65, 823-893.
53. MacLeod, D.M., Müller-Kögler, E. y Wilding, N. 1976. Entomophthora species with E. muscae like conidia. *Mycologia* 68, 1-29.

54. MacLeod, D.M., Tyrrel, D. y Soper, R.S. 1979. Entomophthora canadiensis n. sp., a fungus pathogenic on the woolly pine needle aphid, Schizolachnus piniradiatae. Canadian Journal of Botany 57, 2663-2672.
55. Mellado, M., Flores, A.M. y Carrillo, R. 1976. Acción de Disulfoton y Carbofuran en formulación granular en el combate de áfidos en trigo. Agro Sur 4, 111 - 118.
56. Miles, W. 1972. The saliva of Hemiptera. Adv. Insect. Physiol. 9, 183-255.
57. Milner, R.J. y Bourne, J. 1983. Influence of temperature and duration of leaf witness on infection of Acyrtosiphon kondoi with Erynia neoaphidis. Ann. appl. Biol. 102, 19-27.
58. Milner, R.J. 1985. Distribution in time and space of resistance to the pathogenic fungus Erynia neoaphidis in the pea aphid Acyrtosiphon pisum. Entomol. exp. appl. 37, 235-240.
59. Muñoz, M. S. 1984. Revisión de las especies del género Melica L. (Graminae) en Chile. Boletín Museo Historia Natural Chile 40, 41-89.
60. Navas, L.E. 1973 Flora de la cuenca de Santiago de Chile. Tomo I. Ediciones de la Universidad de Chile / Editorial Andrés Bello. 301 pp.
61. Nicora, E. G. 1978. Graminae in Flora Patagonica. Maria N. Correa. Ed. Colección científica del Inta. Buenos Aires. 563 pp.
62. Norambuena, H.M. 1981. Introducción y establecimiento de parasitoides (Hymenoptera: Aphidiidae) para control biológico de Metopolophium dirhodum (Walker) y Sitobion avenae (Fabricius) (Homoptera: Aphididae) en el sur de Chile. Agricultura Técnica (Chile) 41, 95-102.
63. Olalquiaga, G. 1963- 64. Identificaciones entomológicas. Agricultura Técnica (Chile) 81-84.
64. Otvos, I.S., MacLeod, D.M. y Tyrrel, L. 1973. Two species of Entomophthora pathogenic to the Eastern Hemlock Looper (Lepidoptera: Geometridae) in Newfoundland. Canadian Entomology 105, 1435-1441.

65. Parodi, L.R. 1944. Revisión de las gramíneas australes americanas del género Piptochaetium. Revista del Museo de La Plata. Sec. Botánica (La Plata) 6, 213-310.
66. Quiroz, C.E. 1980. Estudios del efecto del complejo áfido-virus en el rendimiento del trigo en el valle centro norte de Chile. Agricultura Técnica (Chile) 40, 1-6.
67. Quiroz, C.E., Zuñiga, E.S, Ramirez, E. 1986 Vegetación cordillerana costera y andina como fuente de áfidos (Hom: Aphididae) que afectan la producción de trigo. Agricultura Técnica (Chile) 46, 271-276.
68. Quiroz, C.E. 1988. Efecto de aplicaciones de Metilcarbamatos en el desarrollo de poblaciones de áfidos (Hom., Aphididae) y sus enemigos naturales en trigo. Agricultura Técnica (Chile) 48, 86-92.
69. Rabasse, J.M. y Robert, Y. 1975. Facteurs de limitation des populations d'Aphis fabae dans l'ouest de la France. Entomophaga 20: 49-63.
70. Rautapää, J. 1976. Populations dynamics of cereal aphids and method of predicting populations trends. Annales Agriculturae Fenniae 15, 272-293.
71. Remaudiere, G. 1980. Revision systematica de Entomophthora aphidis Hoff. in Fres. Description de deux nouveaux pathogenes d'aphides. Mycotaxon 11, 269-321.
72. Sepúlveda, B.A. 1988. Papel del alcaloide indólico Gramina en la defensa de la cebada contra Helicoverpa zea y Pseudomonas syringae. Tesis para optar al grado de Doctorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. 157 pp.
73. Smitley, D.R., Kennedy, G.G. y Brooks, W.M. 1986. Role of the entomogenous fungus Neozygites floridana in population declines of twospotted spider mite, Tetranychus urticae on field corn. Entomol. exp. appl. 41, 255-264.
74. Sohm, B.E. 1985. Spatial distribution of Rhopalosiphum padi (L.) (Homoptera: Aphididae) in Spring Cereals in Sweden and its importance for sampling. Environ. Entomol. 14, 312-316.

75. Sparrow, L.A.D. 1974. Observations on aphid populations on spring sown cereals and their epidemiology in south-east Scotland. *Ann. appl. Biol.* 77, 79-84.
76. Sunderland, K.D. y Vickerman, G.P. 1980. Aphid feeding by some polyphagous predators in relation to aphid density in cereals fields. *Journal of Applied Ecology* 17, 389-396.
77. Suzuki, H. 1981. Hospederos alternativos de los parasitoides de los áfidos del trigo, en la V Región, Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 41, 165-167.
78. van den Bosch, R. 1977. Informe de la segunda visita a Chile como consultor para el programa de control biológico e integrado de los áfidos de los cereales. *Investigación y Progreso Agrícola* 9, 16-24.
79. Vargas, R.R. 1981. Hospederos secundarios de los áfidos del trigo. *Agricultura Técnica (Chile)* 41, 269-271.
80. Vickerman, G.P., Sunderland, K.D. 1975. Arthropods in cereal crops: nocturnal activity, vertical distribution and aphid predation. *Journal of Applied Ecology* 12, 755-766.
81. Walters, K.F.A. y Dixon, A.F.G. 1984. The effect of temperature and wind on the flight activity of cereal aphids. *Ann. appl. Biol.* 104, 17-26.
82. Waterhouse, G.M. 1973. Entomophthorales. In: Ainsworth, G.C., Sparrow, F.K. y Sussmann, A.S. *The Fungi, an Advanced Treatise*. Vol. IVB: 219-229. Academic Press New York and London.
83. Watt, A.D. 1979. The effect of cereal growth stages on the reproductive activity of Sitobion avenae and Metopolophium dirhodum. *Ann. appl. Biol.* 91, 147-157.
84. Wiktelius, S. 1982. Flight and settling behaviour of Rhopalosiphum padi (L.) (Hemiptera: Aphididae). *Bull. ent. Res.* 72, 157-163.
85. Wilding, N. 1969. The effect of humidity on the sporulation of Entomophthora aphidis and

- Entomophthora thaxteriana. Trans. Br. Mycol. Soc. 53, 126-130.
86. Wilding, N. 1981. The effect of introducing aphid pathogenic Entomophthoraceae into field population of Aphis fabae. Ann. appl. Biol. 99, 11-23.
87. Wilding, N. y Perry, J.N. 1980. Studies on Entomophthora in populations of Aphis fabae on field beans. Ann. appl. Biol. 94, 367-378.
88. Williams, C.T. 1987. Comparison of the winter development, reproduction and lifespan of viviparae of Sitobion avenae and Rhopalosiphum padi (L.) (Hemiptera: Aphididae) on wheat and perennial rye grass in England. Bull. ent. Res. 77, 35-43.
89. Williams, C.T. y Wratten, S.D. 1987. The winter development, reproduction and lifespan of viviparae of Sitobion avenae (F.) (Hemiptera : Aphididae) on wheat in England. Bull. ent. Res. 77, 19-34.
90. Zadocks, J.C., Chang, T.T. y Konzak, C.F. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. Weed Research 14, 415-421.
91. Zerené, M.Z., Caglevic M.D. y Ramirez, I.A. 1988. Un nuevo áfido de los cereales detectado en Chile. Agricultura Técnica 48, 60-61.
92. Zimmermann, G. 1978. Zur Biologie, Untersuchungsmethodik und Bestimmung von Entomophthoraceen (Phycomycetes: Entomophthorales) an Blattläusen. Zeitschrift für angewandte Entomologie 3, 241-252.
93. Zuñiga, E.S. 1967. Lista preliminar de áfidos que atacan los cultivos en Chile, sus huéspedes y enemigos naturales. Agricultura Técnica 48, 86-92.
94. Zuñiga, E.S. 1974. Pulgones del trigo: Conceptos básicos para la lucha integrada. Investigación y Progreso Agrícola 6, 10-15.
95. Zuñiga, E.S. 1986 a. Control biológico de los áfidos (Hom., Aphididae) de los cereales en Chile. I. Revisión histórica y de líneas de trabajo. Agricultura Técnica 46, 475-477.

96. Zuñiga, E.S. 1986 b. Control biológico de los áfidos (Hom., Aphididae) de los cereales en Chile. II. Obtención, introducción y cuarentena de depredadores y parasitoides. Agricultura Técnica 46, 479-487.
97. Zuñiga, E.S. 1986 c. Control biológico de los áfidos (Hom., Aphididae) de los cereales en Chile. III. Multiplicación y producción masiva de depredadores y parasitoides introducidos. Agricultura Técnica 46, 489-494.