

Departamento de Biología
Facultad de Ciencias
Universidad de Chile

SALINIDAD Y RESISTENCIA DE GRAMINEAS CULTIVADAS
Y SILVESTRES AL ATAQUE DE AFIDOS.

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

FELICIANO ARAYA SILVA

Director de Tesis: Dr. LUIS CORCUERA PEREZ

Marzo, 1987



Facultad de Ciencias
Universidad de Chile

INFORME DE APROBACION
TESIS DE MAGISTER

Se informa a la Comisión de Postgrado de la Facultad de Ciencias que
la Tesis de magister presentada por el candidato

FELICIANO ARAYA SILVA

ha sido aprobada por la comisión informante de Tesis como requisito
de Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias Biológicas con
mención en Botánica.

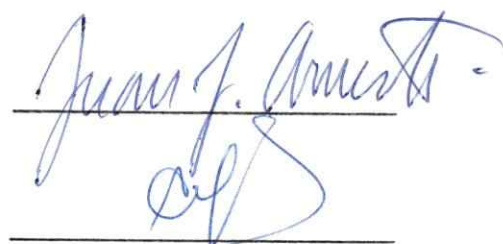
Director de Tesis:

Luis Corcuera

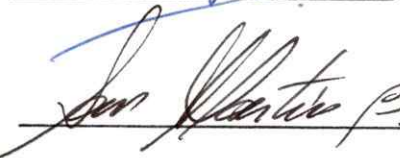


Comisión informante de Tesis:

Juan Armesto



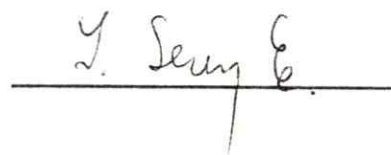
Carlos Quiroz



Aurelio San Martín



Italo Serey



AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Luis Corcuera P. por su constante orientación y enseñanza.

Al Dr. Oscar Matthei por su valiosa colaboración en la identificación de las gramíneas encontradas.

Al profesor Gotardo Schenkel por permitirme el uso de equipos e instalaciones para la cuantificación de cationes.

A los compañeros del laboratorio de Fisiología vegetal por su amistad.

A los colegas de Chillán y a todas las personas que de alguna forma hicieron posible mi permanencia en el Programa de Postgrado.

INDICE

	Pág
Agradecimientos	ii
Indice	iii
Lista de tablas	v
Lista de figuras	vii
Resumen	ix
Abstract	xii
1. INTRODUCCION	1
1.1. Importancia de las gramíneas silvestres como fuente de enfermedades transmitidas por áfidos.	2
1.2. Algunos metabolitos secundarios y resistencia de gramíneas a los áfidos.	3
1.3. Nutrientes del suelo y resistencia de plantas al ataque de insectos fitófagos.	7
1.4. Suelos salinos y agricultura.	9
1.5. Suelos salinos y resistencia de las gramíneas al ataque de áfidos.	10
1.6. Objetivos específicos.	11
2. MATERIALES Y METODOS	12
2.1. Area de estudio.	12
2.2. Muestreo.	13
2.3. Experimentos de laboratorio.	14
2.3.1. Supervivencia de áfidos.	14
2.3.2. Tasa de crecimiento de la población de áfidos.	17

	Pág.
2.4. Análisis químicos en suelos y plantas.	19
2.4.1. Determinación del contenido de cationes.	19
2.4.2. Determinación del anión cloruro.	22
2.4.3. Determinación de los alcaloides gramina y hordenina.	23
2.4.4. Determinación de ácidos hidroxámicos.	25
2.4.5. Determinación de metabolitos nitrogenados.	26
3. RESULTADOS	29
3.1. Gramíneas silvestres hospederas de áfidos.	29
3.2. Compuestos con propiedades aleloquímicas.	31
3.3. Salinidad del suelo y resistencia de <i>Distichlis spicata</i> al ataque de áfidos.	33
3.4. Supervivencia del áfido <i>Schizaphis graminum</i> en dietas artificiales con diferentes concentraciones de NaCl o KCl.	40
3.5. Salinidad y resistencia del trigo a los áfidos.	40
3.6. Salinidad y resistencia de la cebada a los áfidos.	54
3.7. Salinidad del suelo e infestación de gramíneas silvestres.	61
4. DISCUSION	72
4.1. Compuestos con propiedades aleloquímicas.	72
4.2. Supervivencia de áfidos en dietas con sales.	73
4.3. Salinidad del suelo e infestación de gramíneas silvestres.	74
4.4. Salinidad y resistencia de gramíneas cultivadas a los áfidos.	76
4.5. Importancia de la salinidad en los suelos.	77
5. BIBLIOGRAFIA	83

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1. Presencia de áfidos de los cereales en gramíneas silvestres.	30
2. Contenido de metabolitos nitrogenados y de metabolitos tóxicos en hojas de algunas gramíneas silvestres.	32
3. Concentración de cationes de intercambio en el suelo de Lampa, sector el Taqueral.	35
4. Determinaciones en el extracto de saturación del suelo de Lampa.	36
5. Concentración de iones en hojas de <i>Distichlis spicata</i> .	38
6. Efecto del tratamiento salino en el contenido de iones en hojas de trigo sembrado en vermiculita.	44
7. Efecto del tratamiento salino en el contenido de iones en hojas de trigo sembrado en arena.	48
8. Efecto del tratamiento con cloruros, distintos a NaCl, en el contenido de iones en hojas de trigo sembrado en arena.	53
9. Efecto del riego con soluciones de NaCl en el contenido de iones en cebada crecida en vermiculita.	57

	Pág.
10. Efecto del riego con soluciones de NaCl en el contenido de iones en cebado crecida en arena.	60
11. Determinaciones de cationes de intercambio de tres suelos en que crecen gramíneas silvestres.	64
12. Determinaciones en el extracto de saturación de tres suelos en que crecen gramíneas silvestres.	65
13. Presencia de áfidos y contenido de iones en hojas de <i>Lolium multiflorum</i> de Lampa y de Río Clarillo.	67
14. Presencia de áfidos y contenido de iones en <i>Hordeum chilense</i> de Lampa y de Lagunillas.	69
15. Presencia de áfidos y contenido de iones en <i>Hordeum marinum</i> de Lampa y de Lagunillas.	71

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Sistema para alimentar áfidos con dieta artificial.	17
2. Clasificación de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica del extracto de saturación y al porcentaje de sodio intercambiable.	37
3. Sobrevivencia de <i>Schizaphis graminum</i> en dietas artificiales con KCl y NaCl.	41
4. Toxicidad de NaCl y KCl sobre <i>S. graminum</i>	42
5. Tasa de crecimiento de la población de <i>S. graminum</i> en función de la concentración de NaCl en la solución de riego.	45
6. Efecto del contenido de iones sodio y cloruro en hojas de trigo (crecido en vermiculita) sobre la tasa de crecimiento de la población de <i>S. graminum</i>	46
7. Tasa de crecimiento de la población de <i>S. graminum</i> y <i>Rhopalosiphum padi</i> en función de la concentración de NaCl en la solución de riego de trigo crecido en arena.	49
8. Efecto del contenido de iones Na^+ y Cl^- en hojas de trigo crecido en arena sobre la tasa de crecimiento de la población de <i>S. graminum</i>	51
9. Efecto del contenido de iones Na^+ y Cl^- en hojas de trigo crecido en arena sobre la tasa de crecimiento de la población de <i>R. padi</i>	52

	Pág.
10. Tasa de crecimiento de la población de <i>S. graminum</i> en función de la concentración de cloruros distintos de NaCl en la solución de riego.	55
11. Tasa de crecimiento de la población de <i>S. graminum</i> sobre trigo con diferente contenido de ión cloruro aportado por sales distintas a NaCl.	56
12. Tasa de crecimiento de la población de <i>S. graminum</i> en cebada cv. F. Union, en función de la concentración de NaCl en la solución de riego.	58
13. Efecto del contenido de iones Na ⁺ y Cl ⁻ en hojas de cebada cv. F. Union sobre la tasa de crecimiento de la población de <i>S. graminum</i> .	59
14. Tasa de crecimiento de la población de <i>S. graminum</i> en cebada cv. Aramir en función de la concentración de NaCl en la solución de riego.	62
15. Efecto del contenido de iones Na ⁺ y Cl ⁻ en hojas de cebada cv. Aramir sobre la tasa de crecimiento de la población de <i>S. graminum</i>	63

RESUMEN

Durante el desarrollo de esta tesis se observó que diversas gramíneas silvestres servían de hospederos a los áfidos de los cereales y que algunas pocas especies no eran atacadas por estos insectos. Habiéndose encontrado que el mayor número de especies de gramíneas no hospederas crecían en "El Taquera", un sector de Lampa, caracterizado como lugar de suelo salino, se inició un estudio de la posible relación entre la salinidad del suelo y la resistencia de gramíneas cultivadas y silvestres a los áfidos. En el suelo de Lampa y en la gramínea halófila *Distichlis spicata* se encontró un alto contenido de iones, principalmente Na^+ , K^+ y Cl^- . Por esta razón se hicieron experimentos de laboratorio para determinar la acción biológica de NaCl y KCl sobre el áfido *Schizaphis graminum*. Al agregar separadamente NaCl y KCl a dietas artificiales se encontró que la sobrevivencia del áfido disminuía al aumentar la concentración de estas sales, siendo el LD_{50} a las 24 horas de 130 mM para las dos sales. A las 48 horas el LD_{50} fue de 70 mM para NaCl y de 10 mM para KCl, que son concentraciones menores a

las encontradas en *D. spicata*. En otros experimentos se determinó la tasa de crecimiento de *S. graminum* en plantas de trigo cv. Onda, cebada cv. F. Union y cebada Aramir crecidas en vermiculita y en arena y, regadas con solución Hoagland con diferentes concentraciones de NaCl. Se encontró que la tasa de crecimiento poblacional disminuye al aumentar la concentración de NaCl en la solución de riego y al aumentar el contenido de iones sodio y cloruro en la hoja de estas plantas. También se observó que al regar trigo cv. Onda con una mezcla de cloruros distintos a NaCl (KCl, NH₄Cl y CaCl₂) la tasa de crecimiento de *S. graminum* también disminuía pero a concentraciones mayores de cloruro que las encontradas para sodio.

Se encontró que *Lolium multiflorum* crecía en Lampa y en Río Clarillo y que *Hordeum chilense* y *Hordeum marinum* crecían en Lampa y en Lagunillas. Se determinó el contenido de iones Ca⁺², Mg⁺², K⁺, Na⁺ y Cl⁻, tanto en el suelo de estos lugares como en las plantas. Se encontró gran diferencia entre la salinidad de Lampa y la de los otros dos lugares. En *L. multiflorum* y *H. marinum* de Lampa se encontraron concentraciones de Na⁺ similares 559 y 502 (mmoles/Kg p.s.)

respectivamente. En las mismas especies de los otros lugares las concentraciones de Na^+ fueron menores, 104 (mmoles/Kg p.s.) en el *L. multiflorum* de Río Clarillo y 32 (mmoles/Kg p.s.) en el *H. marinum* de Lagunillas. En estas dos gramíneas de Lampa no se observaron áfidos en 1985 ni en 1986. En el *Lolium* de Río Clarillo se encontraron áfidos en estos dos años. *H. marinum* de Lagunillas se observó sólo en 1986, encontrándose con áfidos. En esta tesis se postula que las sales del suelo pueden afectar la resistencia de algunas gramíneas a los áfidos.

ABSTRACT

It was observed during the development of this thesis that various wild gramineae served as hosts for cereal aphids. Only few species of gramineae were not attacked by these insects. Since it was found that most species of the non host gramineae grew in Taqueral, a place in Lampa characterized as a salt ground, a study of the possible relation between the salt of the ground and the resistance of cultivated and wild gramineae to the aphids was started. High concentrations of ions, especially Na^+ , K^+ y Cl^- were found in the soil of Lampa and in the halophyte *Distichlis spicata* (gramineae). Laboratory experiments were then carried out to determine the action of NaCl and KCl on the aphid *Schizaphis graminum*. Addition of NaCl or KCl to artificial diets decreased the survival of the aphid with an $\text{LD}_{50} = 130$ mM after 24 hours for the two salts. In 48 hours the LD_{50} was of 70 mM for NaCl and of 10 mM for KCl, which are smaller concentrations than those found in *D. spicata*. In other experiments, the population growth rate of

S. graminum on wheat cv. Onda, barley cv. F. Union and barley cv. Aramir plants was determined. These plants were grown in vermiculite or sand and watered with a Hoagland solution with different concentrations of NaCl. The population growth rate decreased as the concentration of NaCl in the solution increased. Also, the concentration of Na^+ and Cl^- ions in the leaf of these plants increased. It was also observed that, when watering wheat cv Onda, with a mixture of chlorides different to NaCl (KCl , NH_4Cl and CaCl_2), the population growth rate of *S. graminum* decreased too, but at higher concentrations of chloride than those found for Na^+ .

It was found that *Lolium multiflorum* grew in Lampa and in Río Clarillo and, *Hordeum chilense* and *Hordeum marinum* grew in Lampa and Lagunillas. The concentrations of Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ and Cl^- ions were determined both in soil and in the plants of these three localities. A great difference between the salinity of Lampa and the other two places was found. Similar concentrations of Na^+ (559 and 502 mmoles/kg d.w.) respectively in *L. multiflorum* and *H. marinum* of Lampa were found. In the same species of the other localities the concentrations were smaller, 104 (mmoles/Kg d.w.) in *L. multiflorum*

of Río Clarillo and 32 (mmoles/Kg p.s.) in *H. marinum* of Lagunillas. In these two gramineae of Lampa no aphids were observed in 1985 nor in 1986. In *Lolium* of Río Clarillo aphids were found in these two years. *H. marinum* of Lagunillas was observed only in 1986, and it was infested with aphids. In this thesis it is suggested that the salts in the soil could affect the resistance of some gramineae to aphids.

1. INTRODUCCION

Las gramíneas cultivadas tales como el trigo, la cebada, la avena y el maíz son atacadas por diversos organismos, entre ellos, los áfidos. Estos causan importantes pérdidas en el rendimiento de tales cultivos por su ataque directo a la planta (Apablaza y Robinson, 1967; Carrillo y Mellado, 1973; Carrillo *et al*, 1974; Cortázar, 1975; Burton *et al*, 1985; Pike y Schaffner, 1985) o indirectamente al ser vectores de enfermedades virales (Tollenaar y Hepp, 1972; Caglevic y Urbina, 1976; Quiroz, 1980; Carrigan *et al*, 1983). Las especies de áfidos que en Chile atacan los cultivos de trigo, cebada, avena, centeno y maíz son *Metopolophium dirhodum* (Walker), *Rhopalosiphum padi* (L.), *Rhopalosiphum maidis* (Fitchii), *Schizaphis graminum* (Rondani) y *Sitobion avenae* (Fabricius). (Carrillo y Zúñiga, 1974; Ris Lambers, 1974; Zúñiga, 1976; Campos *et al*, 1979).

1.1. Importancia de los gramíneos silvestres como fuente de enfermedades transmitidas por los áfidos de los cereales. Se ha sugerido que las especies de áfidos que atacan a los cereales logran sobrevivir sobre gramíneas silvestres durante las estaciones en que no hay cultivos (Lara y Zúñiga, 1969; Lombrot y Guerrero, 1979). En otros trabajos se ha informado acerca de algunas especies de gramíneas silvestres que son hospederos secundarios de estos áfidos de los cereales (Stoner, 1976; Vargas, 1981; Quiroz *et al*, 1986). Quiroz, (1984), informó que diversas especies de la vegetación natural formada por ciperáceas y principalmente por gramíneas en la cordillera de la zona central de Chile, no sólo son hospederas secundarias de los áfidos, sino que además constituyen una fuente primaria de inóculo e infestación tanto de enfermedades fungosas como virales y de insectos, para la siguiente temporada de cereales. Por ejemplo, en relación a enfermedades fungosas, en 18 muestras de plantas enfermas Quiroz (1984), aisló e identificó 21 especies de hongos de los cuales 16 eran patógenos y los demás saprófitos. Oswald y Byron (1953) encontraron que de 55 especies de gramíneas silvestres examinadas 36 eran hospederas del virus del enanismo amarillo de los cereales. Según Bruehl y Toko, (1957), todas las

especies silvestres de *Bromus* y *Hordeum* examinadas eran hospederas del virus del enanismo amarillo de la cebada, "Barley yellow dwarf virus" (B.Y.D.V.). Watson y Mullikan (1960), también documentaron la importancia de gramíneas silvestres como fuente del B.Y.D.V. Algunas de las gramíneas encontradas por estos autores como fuente de enfermedades virales también crecen en Chile, como *Avena fatua*, *Avena barbata*, *Bromus catharticus*, *Bromus rigidus*, *Bromus mollis*, *Lolium multiflorum*, *Setaria viridis*, *Poa annua*, etc., y las especies de áfidos vectores de estas enfermedades también se encuentran en Chile. Tollenaar y Hepp (1972), comprobaron que tres especies comunes en los alrededores de Chillán son susceptibles al B.Y.D.V., *Avena fatua*, *Bromus catharticus* y *Hordeum jubatum* y, que el áfido *R. padi* era un vector de este virus más eficiente que el áfido *M. dirhodum*.

1.2. Algunos metabolitos secundarios y resistencia de gramíneas a los áfidos. Las plantas presentan diversos mecanismos defensivos contra fitófagos, sean estos insectos o bien organismos mayores como mamíferos. Uno de estos mecanismos es la producción de compuestos tóxicos (Simons y Marten, 1971; Arnold y Hill, 1972; Kendall y Sherwood,

1975; Woodhead *et al*, 1980; Dreyer y Kenneth, 1981; Niraz *et al*, 1985). Por ejemplo, en algunas especies de gramíneas como *Zea mays*, *Triticum durum*, se ha detectado la presencia de varios ácidos hidroxámicos, siendo los principales la 2,4-dihidroxi-1,4-benzoxazin-3-ona (DIBOA) y la 2,4-dihidroxi-7-metoxi-1,4-benzoxazin-3-ona (DIMBOA). Estos compuestos cuando fueron incorporados a dietas artificiales disminuyeron en un 75% la sobrevivencia del áfido *S. graminum* a una concentración de 1 mM a las 48 horas de alimentación. A mayores concentraciones (2 a 8 mM) la disminución de la sobrevivencia fue mayor (Zúñiga *et al*, 1983). Se ha comprobado que el ácido hidroxámico más abundante extraído del trigo y maíz, el 2- β -glucósido-DIMBOA (Glc-DIMBOA) y su aglucona DIMBOA, disminuyen la sobrevivencia del áfido *S. graminum*; ambos son tóxicos a bajas concentraciones (1 mM) y tienen efectos repelentes en la ingestión de alimento a concentraciones mayores de 4 mM para DIMBOA y sobre 6 mM para Glc-DIMBOA. Los efectos de ambos compuestos en áfidos alimentados con dietas artificiales se observaron en un rango de concentraciones similares a los encontrados en hojas de trigo (0,1 a 6,3 mmoles/Kg de peso fresco). Se ha encontrado una correlación inversa

entre el contenido de ácidos hidroxámicos en hojas de trigo y el nivel de infestación por áfidos. Además se ha observado que plantas con más de 4 mmoles de ácidos hidroxámicos por Kg de peso fresco en sus hojas no son susceptibles a *S. graminum* ni a *M. dirhodum* (Argandoña *et al*, 1980; Argandoña *et al*, 1981; Argandoña *et al*, 1983; Corcuera *et al*, 1982; Corcuera *et al*, 1985). También se han detectado en las gramíneas algunos alcaloides indólicos derivados de la triptamina (Culvenor, 1973). Se ha comprobado que estos alcaloides son responsables de la toxicidad de *Phalaris arundinacea* contra ovejas (Marten *et al*, 1973) y que uno de estos alcaloides, gramina, tiene efecto tóxico y repelente contra los áfidos *Rhopalosiphum maidis* y *Schizaphis graminum* (Corcuera, 1984; Zúñiga *et al*, 1985; Zúñiga y Corcuera, 1986). En *Phalaris arundinacea*, se ha detectado además hordenina, un alcaloide fenólico, que presenta un efecto de repelencia para la ingestión de esta planta por el ganado (Coulman *et al*, 1977). Se ha comprobado que la presencia de dihidroxifenoles en algunos cultivares de trigo de invierno disminuyen la intensidad de alimentación de *Rhopalosiphum padi* (Leszczynski *et al*, 1985).

Por otro lado algunas plantas producen metabolitos que las hacen

más susceptibles al ataque de los insectos (Kieckhefer y Stoner, 1978; Wensler, 1962). Por ejemplo, ciertas gramíneas en condiciones de déficit hídrico o estrés salino acumulan metabolitos nitrogenados como prolina (Hanson, 1980; Stewart y Larher, 1980) y betaína (Hitz *et al*, 1982). Se ha informado que la acumulación de estos compuestos nitrogenados en la planta está relacionada con un aumento del ataque de parásitos, como hongos e insectos fitófagos, hacia el vegetal (Stewart y Larher, 1980). Se encontró que plantas de cebada sometidas a déficit hídrico acumulaban prolina y betaína, y que al mismo tiempo aumentaba su susceptibilidad al ataque de áfidos. Para comprobar la acción de estos compuestos sobre los áfidos, éstos fueron alimentados con dietas artificiales que contenían varias concentraciones de prolina y betaína. Se comprobó en igual forma la acción de la colina, compuesto nitrogenado presente en la cebada en menor proporción que prolina y betaína. Se observó que colina disminuía la sobrevivencia de los áfidos lo que no ocurría con prolina ni con betaína. Además betaína, incorporada en dietas artificiales, aumentaba la reproducción de los áfidos en comparación con un control sin betaína a concentraciones similares a las encontradas en las plantas. También se observó que la tasa de

crecimiento poblacional de los áfidos disminuía en plantas colocadas en soluciones de colina y prolina mientras que aumentaba en las colocadas en solución de betaína (Zúñiga y Corcuera, 1987). Se ha encontrado que los cultivares de trigo más susceptibles al ataque por áfidos tenían los más altos contenidos de sacarosa en sus hojas (Niraz *et al*, 1985).

1.3. Nutrientes del suelo y resistencia de plantas al ataque de insectos fitófagos. Además del estudio de metabolitos que determinan que las plantas sean resistentes o susceptibles al ataque de insectos, algunos investigadores han estudiado la relación entre el contenido de algunos nutrientes en el suelo y la susceptibilidad de las plantas al ataque de agentes patógenos y de insectos fitófagos (Haseman, 1946; Haseman, 1950; Liebhart y Munson, 1976). De esta manera Haseman (1946) en un estudio exploratorio encontró que la mosquita blanca se desarrollaba mejor en plantas de petunia que crecían en suelo con todos los nutrientes que en petunias con deficiencias de hierro o potasio. Por otro lado, plantas de tomates con todos los nutrientes resultaron menos atractivas para los insectos que aquellas con deficiencias en fósforo o magnesio. También encontró que el áfido de los cereales *S. graminum* (Rond.)

prosperaba en plantas deficientes en la mayoría de los elementos, sin embargo no podía sobrevivir en plantas deficientes en nitrógeno o hierro. En cambio los comunes trips de invernadero prefieren las plantas deficientes en nitrógeno. Taylor (1952), no encontró diferencias significativas en el desarrollo de áfidos de la papa ubicados en plantas con diferentes niveles de fertilización. El mismo resultado obtuvo con el áfido de la arveja. Se ha comprobado que las plantas de algodón que crecían en suelos deficientes en potasio eran más susceptibles al ataque del *Verticillium dahliae* (Hafez *et al*, 1975) y que bastaba fertilizar con potasio para obtener una significativa disminución de la enfermedad. Wooldridge y Harrison,(1968) trabajaron con plantas de tabaco Maryland tipo 32, infestadas con el áfido *Myzus persicae* (Sulzer) y comprobaron que, al aumentar las cantidades de nitrógeno y potasio del suelo, aumentaba la fecundidad de los áfidos. Además encontraron que la tasa de crecimiento y la densidad poblacional de los áfidos estaban positivamente correlacionadas con la fertilización potásica. En diferentes cereales, como el maíz, la avena, el trigo, se ha observado tanto en experimentos hechos en invernadero como en el campo que el número de áfidos por planta y la tasa de crecimiento de los mismos son

mayores en las plantas con fertilización nitrogenada que aquellas deficientes en nitrógeno (Arant y Jones, 1951; Daniels, 1957; Coon, 1959; Branson y Simpson, 1966; Carrillo y Mundaca, 1976). Sin embargo, no existen estudios sobre el efecto de suelos salinos en la resistencia o susceptibilidad de plantas que crecen sobre ellos a los áfidos.

1.4. Suelos salinos y agricultura. Se ha informado, que los suelos salinos no sólo constituyen una amenaza para la producción agrícola sino que además se ha observado un proceso gradual de salinización de los suelos de cultivo (Flowers *et al*, 1977; Epstein *et al*, 1980; Kingsbury y Epstein, 1984). Estimaciones de la extensión de los suelos salinos en el mundo se distribuyen en un rango desde 400×10^6 a 950×10^6 hectáreas. Este amplio rango se debe a la dificultad de mapear los suelos con una metodología estándar y uniforme. Sin embargo, se estima que los problemas de la salinización secundaria son más serios, ya que ellos generalmente representan pérdidas de suelos agrícolas productivos. Por ejemplo, en áreas tales como las de Punjab en la India, 25% de los 51.000 Km² de tierra agrícola han sido seriamente afectados por la salinidad hasta 1960 (Flowers *et al*, 1977; Epstein *et al*, 1980; Kingsbury y Epstein, 1984; Epstein, 1985). En Chile, se han reconocido 22.000

hectáreas de suelos salinos en el área de Botuco (Storie, 1945; Honorato, 1975). En un informe de FAO (1973) se menciona la existencia de suelos salinos en el Altiplano y en la costa del Norte grande de Chile pero no se indica su extensión ni ubicación particular. Los mecanismos de tolerancia a la salinidad han sido estudiados (Bernstein y Hayward, 1958; Flowers *et al*, 1977; Epstein *et al*, 1980; Greenway y Munns, 1980), pero aún permanecen en gran parte desconocidos, (Kingsbury *et al*, 1984).

1.5. Suelos salinos y resistencia de las gramíneas al ataque de áfidos.

Se ha determinado que la resistencia de gramíneas cultivadas a los áfidos depende entre otros factores de la presencia de metabolitos tóxicos o repelentes a estos insectos. En un trabajo preliminar a esta tesis se analizaron hojas de gramíneas silvestres de la zona Central de Chile, no encontrándose los metabolitos de resistencia presentes en algunas gramíneas cultivadas (gramina, hordenina y ácidos hidroxámicos). Debido a que también se habían hecho observaciones que especies de gramíneas se encontraban con áfidos en algunas localidades pero no en otras, se postuló que algún factor ambiental podría afectar la susceptibilidad de las plantas a los áfidos.

La presencia o ausencia de algunas sales minerales en el suelo puede

afectar la resistencia de plantas a fitófagos (referencias en págs. 7 y 8). Debido a que no se encontraron colonias de áfidos ni se detectó la presencia de los metabolitos tóxicos investigados, en *Distichlis spicata*, *Hordeum marinum* y *Lolium multiflorum* que crecían en un suelo salino, se pensó que la resistencia de estas plantas a los áfidos podría deberse a la salinidad del suelo en que crecían.

En esta tesis se postula que las sales del suelo pueden afectar la resistencia o susceptibilidad de las gramíneas cultivadas y silvestres a los áfidos.

1.6. Objetivos específicos:

1. Determinar la existencia de algunas gramíneas silvestres que puedan servir o no de hospederos de los áfidos de los cereales en diferentes localidades, entre los períodos de cosecha de la zona Central de Chile
2. Determinar el contenido de sales del suelo en las distintas localidades en que se hagan los muestreos.
3. Comparar la susceptibilidad de algunas especies de gramíneas silvestres que crecen en suelos salinos con las mismas especies que crecen en suelos no salinos
4. Determinar el efecto del riego con NaCl sobre la susceptibilidad del trigo y de la cebada a los áfidos.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Area de estudio. Los lugares de muestreo seleccionados inicialmente fueron El Taqueral (Lampa) y Río Clarillo (área silvestre protegida a cargo de Conaf), porque eran zonas donde había una cierta seguridad de que las plantas estarían libres de pastoreo por el ganado. Después que las gramíneas de estos lugares empezaron a secarse se buscaron otras zonas a mayor elevación, ubicándose áreas de muestreo en: la quebrada del Río Yeso, el embalse del Río Yeso, San José de Maipo, un sector del "Fundo San Eugenio" en el Km 7 del camino a Lagunillas, El Manzano y dos áreas al norte de Santiago, "Fundo San Jorge" y "Hacienda La Montaña". Para comparar la susceptibilidad de las especies de gramíneas que crecían en el suelo salino de Lampa con las mismas especies que crecían en suelos no salino, se muestreo en Río Clarillo y Lagunillas. Sólo en estas localidades se encontraron las especies de gramíneas que crecían en Lampa, *Lolium multiflorum*, *Hordeum marinum* y *Hordeum chilense*.

2.2. Muestreo. En cada lugar se delimitaron zonas de muestreo para las especies de gramíneas que serían estudiadas. Las plantas fueron seleccionadas al azar usando una tabla de números aleatorios. Se contaron los áfidos ubicados sólo en tallos, hojas e inflorescencia. Se muestrearon entre 20 y 40 plantas por área de muestreo de acuerdo a la abundancia relativa de la especie en la zona y al tamaño de la planta. Por ejemplo, *Hordeum marinum* es muy abundante y de hoja pequeña por lo que se hace necesario un buen número de plantas para obtener tejido suficiente para los análisis químicos. Para cada especie seleccionada se contó el número total de áfidos presentes por planta y se colectaron muestras de hojas para los análisis químicos.

Los muestreos tanto para áfidos como para plantas se hicieron cada 15 días en Lampa, desde Agosto a Diciembre de 1985 y una vez al mes en Río Clarillo, desde Septiembre 1985 a Enero 1986. En los demás lugares los muestreos se hicieron cada 15 días desde Febrero hasta Mayo y una vez al mes desde Junio a Septiembre. Desde Octubre a Diciembre de 1986 se hicieron muestreos cada 15 días en Lampa, Río Clarillo y Lagunillas. Los muestreos se hicieron cada 15 días cuando había poblaciones de gramíneas en floración y una vez al mes durante la

temporada en que no se encontraban poblaciones en floración. El muestreo se inició en la floración para lograr una correcta identificación de las especies.

La clasificación inicial de las gramíneas se hizo consultando claves e información en Navas, (1973), Hitchcock, (1950) y Gould, (1968). La clasificación definitiva se hizo con la ayuda del Dr. Oscar Matthei y los ejemplares colectados se ingresaron al herbario de la Universidad de Concepción. Los áfidos se clasificaron comparándolos con los ejemplares criados en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, y usando las claves de Campos *et al.*, (1979) y de Carrillo y Zúñiga, (1974).

2.3. Experimentos de laboratorio

2.3.1. Sobrevivencia de áfidos. Para determinar la sobrevivencia de áfidos en NaCl y KCl se prepararon dietas artificiales con diferente concentración de estas sales. La dieta control se preparó según lo indicado por Argandoña (1982), con los siguientes compuestos cuyas cantidades se indican: ácido glutámico = 100 mg; arginina = 200 mg; alanina = 50 mg; ácido aspártico = 50 mg; histidina = 50 mg; metionina

50; serina = 50 mg; treonina = 100 mg; cisteína = 25 mg; leucina = 100 mg; inositol = 5 mg; $MgSO_4$ = 100 mg; KH_2PO_4 = 100 mg y sacarosa = 17,5 g. Estos compuestos se disolvieron en agua bidestilada, se ajustó el pH a 6 y se completó el volumen con agua hasta 50 ml. Las dietas con NaCl o KCl se prepararon pesando las cantidades necesarias de estas sales para obtener la dieta de mayor concentración en cada caso. Después se aforó con dieta control hasta un volumen de 25 ml. Para las dietas de concentraciones menores se hicieron diluciones a partir de la dieta de mayor concentración usando dieta control como solvente.

Se usaron tubos de vidrio abiertos en ambos extremos, de aproximadamente 38 mm de diámetro y 30 mm de alto. Uno de los extremos fue sellado con una membrana de parafilm sobre la cual se colocó una gota de dieta, cubriéndose con una segunda membrana del mismo material. En el interior del tubo y sobre el parafilm se colocaron 10 ninfas del áfido *Schizaphis graminum*. Finalmente el extremo libre fue cerrado con una gasa (Fig. 1), y se colocaron a una temperatura de 25 ± 2 °C. Se determinó la sobrevivencia a las 24 y 48 horas y se expresó en forma de porcentaje de individuos vivos.

Para determinar toxicidad o repelencia de las sales, se prepararon

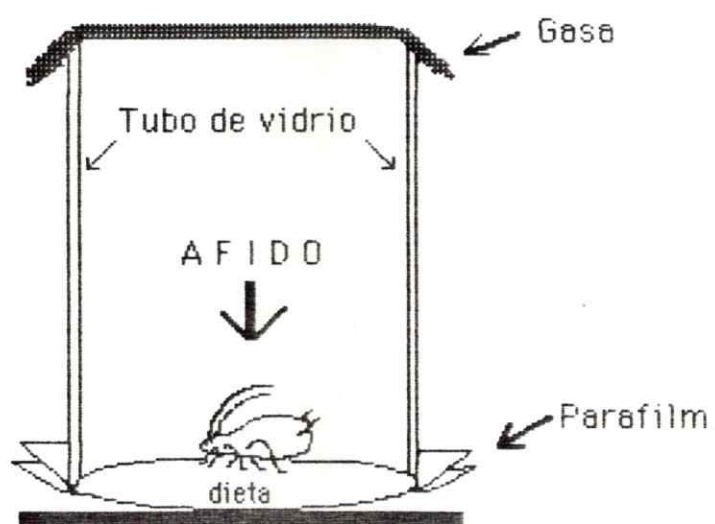


Fig.1. Sistema para alimentar áfidos con dieta artificial.

dietas con diferentes contenidos de NaCl o KCl. En cada tubo se colocaron 10 ninfas de áfidos y después de 7 horas se trasladaron todas a tubos con dieta control. Se determinó la sobrevivencia a las 24 y 48 horas de permanencia en la dieta control.

2.3.2. Tasa de crecimiento de la población de áfidos. Se sembraron semillas de trigo cv. Onda en macetas plásticas con vermiculita y se regaron con agua destilada durante 8 días; el noveno día se inició el tratamiento, que consistió en regar las plántulas con solución Hoagland modificada por Epstein, (1972), que contenía diferentes concentraciones de NaCl, desde 0 hasta un máximo de 400 mM. Después de 6 días de iniciado el tratamiento se tomaron 3 macetas por tratamiento y se dejaron sólo 5 plantas en cada una. Las plantas fueron infestadas con 2 ejemplares adultos de *Schizaphis graminum* cada una, resultando un total de 30 áfidos adultos iniciales por tratamiento. Todos los áfidos usados en estos experimentos se originaron por partenogénesis de una misma hembra inicial, por lo cual se trata de una población homogénea. Al cabo de 6 días después de la infestación se contaron los áfidos y se determinó la tasa de crecimiento de esta población según la fórmula:

$r = \ln(N_t/N_0)/\Delta t$, que se origina al despejar $r =$ tasa instantánea de crecimiento natural, desde la ecuación $N_t/N_0 = e^{rt}$, donde N_t y N_0 corresponden al número final e inicial de individuos de una población respectivamente, t al tiempo de medición y e la base de los logaritmos naturales.

Este experimento se repitió usando arena como sustrato y con dos especies de áfidos, *Schizaphis graminum* y *Rhopalosiphum padi*. El mismo experimento se repitió con cebada cv. F. Union crecida en vermiculita y con cebada cv. Aramir crecida en arena. En otro experimento, se determinó la tasa de crecimiento poblacional de *S. graminum* en plantas de trigo del mismo cultivar regadas con soluciones Hoagland que contenían cloruros distintos a NaCl (KCl, NH_4Cl y $CaCl_2$). Las concentraciones del ión cloruro variaron entre 0 y 400 mM.

Este experimento se repitió con *Distichlis spicata* plantada en arena. Las plantas que se usaron se obtuvieron vegetativamente de plantas colectadas con rizomas en un mismo sitio de "El Taqueral", Lampa. Estas plantas se colocaron en macetas con arena y se regaron durante 3 meses

con una solución de NaCl al 1% p/v (170 mM), según lo
(1963). Los clones obtenidos se separaron y colocaron
permitted form 3 grupos experimentales con 5 r
tratamientos fueron: riego sin NaCl en el control
de NaCl en los otros dos tratamientos. Los tratamientos se
después de regar las plantas durante 8 días con agua destilada. La
infestación se hizo en la misma forma que en trigo y cebada. Al final del
experimento se encontraron 3 áfidos en una planta del control solamente
y no se obtuvo material vegetal suficiente para realizar los análisis
químicos.

2.4. Análisis químicos en suelos y plantas.

2.4.1. Determinación del contenido de cationes en suelo y plantas.

i). Preparación de las muestras. Las muestras de suelo fueron secadas
al aire y pasadas por un tamiz de 2 mm (Jackson, 1964; Chapman, 1973).
Para determinar la concentración de cationes intercambiables se
tomaron 10 gramos de cada muestra y se mezclaron con 100 ml de
acetato de amonio 1N de pH 7 en un matraz erlenmeyer de 250 ml. Se
agitó durante media hora y luego se filtró al vacío, lavando con 150 ml de

la misma solución de acetato de amonio 1N. Para determinar el contenido de sales solubles se preparó una pasta de saturación agregando agua desionizada a 250 o 500 g de una muestra de suelo (Richards, 1965). Se dejó la pasta en reposo durante 8 horas y luego se filtró al vacío. En las soluciones obtenidas en ambas filtraciones se determinó el contenido de cationes y, en el último caso se determinó además ión cloruro y se midió conductividad eléctrica y pH.

En las hojas de las gramíneas colectadas, los cationes se determinaron en la solución resultante después de hacer una digestión vía húmeda (Piper, 1955; Jackson, 1964). Esta técnica fue modificada en el laboratorio de fertilidad de suelos, Departamento de Agronomía, Universidad de Concepción, al usar una menor cantidad de muestra y al eliminar el ácido sulfúrico de la mezcla oxidante. Se colocaron 100 a 200 mg de la muestra seca y molida en un tubo de 50 ml usado para micro-kjeldahl. Se agregaron, sobre la muestra 4 ml de HNO_3 concentrado y 2 ml de HClO_4 60 a 62%. Se llevó gradualmente a ebullición y se mantuvo la temperatura constante hasta que la solución quedó cristalina y el volumen inicial se redujo aproximadamente a la tercera parte.

Después de enfriar se agregó agua destilado enrasando a 50 ml.

ii). Determinación del contenido de cationes. Tanto en los extractos de suelo como en los foliares se determinaron los iones magnesio, calcio y sodio mediante absorción atómica y potasio por emisión atómica, en un espectrofotómetro Carl Zeiss PM Q II con fotómetro de llama incorporado. Las condiciones de lectura en el instrumento fueron : la abertura de hendidura (slit) y la longitud de onda característica para cada catión. Las presiones del aire y acetileno fue necesario ajustarlas cada vez que se inició la lectura para un nuevo set de muestras. Las constantes de la recta para la curva de calibración de cada catión fueron:

el intercepto = A, la pendiente = B y el coeficiente de correlación= r.

Absorción atómica: slit = 0,05 mm

Magnesio: Longitud de onda = 285,3 nm

Curva de calibración: A = 0,013; B = 0,089; r = 0,997

Calcio: Longitud de onda = 422,5 nm

Curva de calibración: A = 0,042; B = 0,011; r = 0,998

Sodio: Longitud de onda = 589 nm

Curva de calibración: A = 0,043; B = 0,069; r = 0,996

Emisión atómica: Slit = 0,06 mm

Potasio: longitud de onda = 769 nm

Curva de calibración: A = 3,02; B = 6,994; r = 0,999

2.4.2. Determinación del anión cloruro. Para analizar las muestras de hojas de gramíneas, se utilizó el método de Piper (1955) modificado (Chapman y Pratt, 1973). Se colocaron 1 a 2 g de la muestra seca y molida en un crisol de porcelana, donde se mezcló con una cuarta parte de su peso de óxido de calcio y suficiente agua hasta que se formó una pasta delgada. Se llevó a un horno mufla a 100 °C y gradualmente se aumentó la temperatura hasta 550 °C, manteniéndose a este nivel, durante un tiempo mínimo de 90 minutos. Después de retirar de la mufla y enfriar se extrajo con 15 ml de agua destilado caliente. Se filtró y los residuos se lavaron con cinco porciones de agua caliente de 10 ml cada una. Una vez que se enfriaron los extractos, se agregaron gotas de ácido acético diluido hasta alcanzar un pH entre 6 y 7. Se agregaron 0,5 ml de cromato

de potasio 1% p/v como indicador y se tituló con nitrato de plata 0,05 N o 0,10 N según la posible concentración de cloruro en la planta.

Los cloruros del suelo se determinaron en el extracto de saturación, titulando con nitrato de plata 0,10 N y usando cromato de potasio como indicador (Piper, 1955). En todas las determinaciones, tanto de cationes como de cloruro se hicieron 3 repeticiones.

2.4.3. Determinación de los alcaloides gramina y hordenina. Para la extracción de estos alcaloides se utilizó el método descrito por Barnes (1971). Se tomaron 1.5 a 3 g de hoja de la planta y se congelaron. El tejido congelado se maceró en un mortero de porcelana con un volumen adecuado de metanol y amoníaco (100 : 1 v/v). El macerado se filtró a través de lana de vidrio y se evaporó a sequedad. El residuo se disolvió en 10 ml de HCl 0,1 M y se filtró a través de papel filtro. Al filtrado se agregó amoníaco hasta llegar a pH 9 y se lavó dos veces con cloroformo (1 : 2 v/v). La fase orgánica se evaporó a sequedad. Para cuantificar gramina, el residuo obtenido de la fase orgánica fue disuelto en 2 ml del reactivo cromogénico de Ehmann (1977) y calentado en baño de agua a 100 °C durante 30 minutos. Se diluyó con agua hasta un volumen de 5 ml y

se midió la absorbancia a 550 nm.

Para cuantificar hordenina se usó el método de Coulman *et al*, (1977) modificado (Woods *et al*, 1979). Se utilizó el reactivo diazo (0,15 g de p-nitroanilina en 4,5 ml de HCl concentrado y 95 ml de agua). El residuo obtenido en la etapa de extracción se disolvió con 4 ml de etanol al 50% en frío. La solución se mantuvo bajo 5 °C en agua con hielo. El reactivo cromogénico se preparó aparte en tubos mantenidos en hielo, agregando 1 ml de reactivo diazo y después se añadieron 2 ml de NaNO_2 5% recién preparado. Esta mezcla se agitó y dejó en reposo durante un minuto, después de lo cual se agregó 1 ml de Na_2CO_3 al 20% p/v. El reactivo así preparado se mezcló con la solución alcohólica y se midió la absorbancia a 520 nm. En las determinaciones de estos dos alcaloides se hicieron 3 repeticiones para cada muestra y las absorbancias se leyeron en un espectrofotómetro spectronic 20 de Bausch & Lomb.

Para la cuantificación de ambos alcaloides se hicieron curvas de calibración en el visible y en el U.V. Para gramina las constantes de la recta para concentraciones en soluciones cuyas absorbancias se midieron a 550 nm, fueron: $A = -0,079$; $B = 4,238$; $r = 0,997$. El coeficiente de

extinción molar = 4.238. Se prepararon soluciones de gramina en metanol y se midió su absorbancia a 287 nm en un espectrofotómetro Shimadzu visible - U.V. 240 Graphcord, obteniéndose los siguientes valores para la recta: $A = 0,0015$; $r = 0,998$; $B = 6,642$. Coeficiente de extinción molar 6.642. Para hordenina las constantes de la recta para la curva de calibración preparada a 520 nm fueron: $A = 0,014$; $r = 0,985$; $B = 5,306$. Coeficiente de extinción molar = 6.642. En el U.V. la absorbancia se midió a 278 nm y las constantes de la recta fueron: $A = 0,090$; $r = 0,999$; $B = 1,579$. Para hordenina se encontró reacción positiva en algunos extractos. Para comprobar la presencia de este alcaloide se hicieron cromatografías en placa de capa fina con un patrón de hordenina, usando para el desarrollo una mezcla amoníaco metanol 1 :7.

2.4.4. Determinación de ácidos hidroxámicos. La extracción se hizo macerando en agua 1,5 - 3 g de las hojas más jóvenes de la planta y luego el extracto se filtró a través de una malla fina. Al filtrado se agregó HCl hasta ajustar el pH a 3. Se centrifugó a 6000 g por 15 minutos. El líquido sobrenadante se extrajo con éter etílico dos veces, evaporándose

la fase orgánica a sequedad. Al residuo seco se agregaron 3 ml del reactivo cromogénico, cloruro férrico (50 g de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 500 ml de etanol al 95% y 5 ml de HCl 1,5 M). La absorbancia se midió a 590 nm (Woodward *et al*, 1979). El coeficiente de extinción molar fue de 1330 para 2,4-dihidroxi-7-metoxi-1,4-benzoxazin-3-ona (DIMBOA). Para diferenciar DIMBOA de otros ácidos hidroxámicos que podrían estar presentes, se usó cromatografía en placa capa fina del extracto y de una muestra patrón de DIMBOA. La placa se colocó en una mezcla benceno-éter etílico (1 : 4). Cuando los R_f resultaron iguales (0,22 para DIMBOA) se extrajo el extracto de la placa y se preparó una solución en etanol. Se tomó un espectro en el U.V. a la solución etanólica, entre 190 y 350 nm y se comparó con uno de DIMBOA.

2.4.5. Determinación de metabolitos nitrogenados.

i). Prolina. El tejido vegetal fresco se homogeneizó en ácido sulfosalicílico (Bates *et al*, 1973). Se maceraron 0,5 g de hoja en 10 ml del ácido al 3% en agua. Luego se filtró a través de papel filtro y 2 ml de filtrado se hicieron reaccionar con 2 ml de ninhidrina ácida y 2 ml de ácido acético en un baño de agua a 100 °C, durante una hora. Se detuvo la

reacción en agua con hielo. Posteriormente se extrajo con 4 ml de tolueno una vez y se leyó la absorbancia a 520 nm usando tolueno como blanco. La composición de la ninhidrina ácida fue: 1,25 g de ninhidrina con 30 ml de ácido acético y 20 ml de ácido fosfórico 6 M. Los valores para las constantes de la recta en la curva de calibración fueron: $A = -0,027$; $r = 0,998$; $B = 11,3$. Coeficiente de extinción molar = 11.300.

ii). Betaína y colina Se utilizó el método de Grieve y Gratton (1983). Las muestras de hojas de gramíneas se secaron en un horno a 80 °C durante 4 días. Se tomaron 0,5 g de las hojas secas y molidas y se agitaron con 20 ml de agua desionizada por 24 h a 25 °C. Luego se filtró, tratándose el extracto con H_2SO_4 o con tampón fosfato según el compuesto a determinar. Para betaína los extractos (4 ml) se diluyeron con 4 ml de H_2SO_4 2 N. De esta solución se tomaron alícuotas de 0,5 ml en tubos de centrifuga y se dejaron enfriar en hielo durante una hora. Se agregaron 0,2 ml de reactivo $KI-I_2$ frío (15,7 g de Iodo y 20,0 g de KI en 100 ml de agua), y se dejó a una temperatura aproximada de 4 °C durante 16 horas, después de lo cual se centrifugó a 10.000 rpm durante 15 minutos a 0 °C.

El sobrenadante se aspiró con un tubo de vidrio de punta muy fina. Los cristales de peryoduro se disolvieron en 5 ml de 1,2-dicloroetano. Después de dos horas se midió la absorbancia a 365 nm. Para determinar colina, 4 ml del extracto se diluyeron con 4 ml de solución tampón fosfato (K_2HPO_4 - KH_2PO_4 , 0,2 M y pH = 6,8). El peryoduro de colina se analizó como se describió previamente para betaína. Los valores para las curvas de calibración expresados como constantes de la recta fueron: betaína, $A = 0,038$; $r = 0,993$; $B = 15,430$; colina, $A = -0,0006$; $r = 0,998$ y $B = 33,270$. Los coeficientes de extinción molar fueron 15.430 y 33.270 respectivamente. Cada punto de estas curvas de calibración fue el promedio de dos repeticiones según lo recomendado por Grieve y Grattan (1983).

3. RESULTADOS

3.1. Gramíneas silvestres hospederas de áfidos. Las gramíneas muestreadas se clasificaron como "hospederas" si presentaron colonias de áfidos y "no hospederas" si fueron observadas sin áfidos durante el período de estudio (Tabla 1). Durante los muestreos realizados en 1985 en el sector "El Taqueral" de Lampa no se observaron áfidos sobre *Bromus lithobius*, *Distichlis spicata*, *Hordeum marinum*, *Hordeum chilense* y *Lolium multiflorum*. Durante los muestreos de 1986 se observaron áfidos sobre *Bromus lithobius* en la hoja y en la inflorescencia y en *Hordeum chilense* sobre la espiga solamente. Se observó que la presencia de diversas especies de estos insectos es variable durante el transcurso del año, coincidiendo con lo informado por Vargas (1981) y Quiroz *et al* (1986). Por ejemplo, en la zona del valle de Santiago se encontró *Rhopalosiphum padi* desde Julio a Octubre, *Sitobion avenae* desde Noviembre a Enero, *Rhopalosiphum maidis* desde Abril a Junio y *Schizaphis graminum* desde Abril a Junio y desde Agosto a Noviembre.

Tabla 1. PRESENCIA DE AFIDOS DE LOS CEREALES EN GRAMINEAS SILVESTRES

L. HOSPEDERAS	Nº Obs.		L. NO HOSPEDERAS	Nº Obs. s/o
	c/e	s/e		
1. <i>Avena barbata</i>	2		2. <i>Distichlis spicata</i>	12
<i>Bromus berterianus</i>	2	1	<i>Hordeum marinum</i>	7
<i>Bromus hordeaceus</i>	3		<i>Lolium multiflorum</i>	7
<i>Bromus rigidus</i>	2			
<i>Bromus scoparius</i>	3			
<i>Cynosurus echinatus</i>	3			
<i>Hordeum murinum</i>	3			
<i>Lolium multiflorum</i>	5	1		
<i>Melica longiflora</i>	2			
<i>Poa annua</i>	2			
<i>Plypogon australis</i>	4		4. <i>Elymus sp</i>	3
<i>Vulpia megalura</i>	2			
2. <i>Bromus lithobius</i>	2	4		
<i>Hordeum chilense</i>	3	4	5. <i>Bromus etamineus</i>	3
3. <i>Bromus setifolius</i>	4			
<i>Hordeum halophyllum</i>	3			
4. <i>Polypogon australis</i>	2			
5. <i>Setaria verticillata</i>	2	1		
6. <i>Setaria geniculata</i>	3			
<i>Echinochloe crusgalli</i>	3			
7. <i>Cynodon dactylon</i>	2	3		
<i>Echinochloe crusgalli</i>	3			
8. <i>Bromus catharticus</i>	3			
<i>Echinochloe crusgalli</i>	3			
9. <i>Bromus berterianus</i>	3			
<i>Hordeum chilense</i>	2			
<i>Hordeum marinum</i>	2			

L. = lugar en que se observaron estas plantas. 1. Río Clarillo; 2. Lampa 3. Embalse el yeso; 4. Quebrada del Yeso; 5. El Manzano; 6. San José de Malpo; 7. Fundo San Jorge; 8. Hacienda la Montaña; 9. Lagunillas. Los muestreos se hicieron durante la temporada que las plantas en cada lugar presentaban inflorescencia para poder identificarlas, y fueron: desde Agosto a Diciembre de 1985 en 1. y 2.; desde Febrero a Mayo de 1986 en 3. y 4.; desde Abril a Junio de 1986 en 5, 6, 7 y 8; desde Abril a Diciembre de 1986 en 2 y desde Agosto de 1986 en 1 y 9. El número de plantas muestreadas fue de 20 a 40.

Nº Obs. = número de veces observadas : c/e con áfidos y s/e sin áfidos.

3.2. Compuestos con propiedades aleloquímicas. Inicialmente, se analizaron muestras de hojas de cada una de las especies no hospederas y de la mayoría de las hospederas, para determinar la presencia y contenido de algunos compuestos tóxicos encontrados en gramíneas cultivadas, es decir, gramina, hordenina y ácidos hidroxámicos. Sólo en *Elymus sp* se detectó la presencia de uno de los ácidos hidroxámicos en cantidad igual a 2,60 mmoles/Kg p.f. Este ácido fue identificado como DIMBOA, comparando los Rf de la muestra y de un patrón en cromatografía de capa fina y los espectros en el UV.

En las demás plantas no se detectaron compuestos tóxicos. Se buscó entonces la presencia de compuestos que aumentan la susceptibilidad de la planta como prolina, betaína y colina. Los contenidos de estos metabolitos en 7 de las especies de gramíneas analizadas se indican en la tabla 2. El primer grupo corresponde a no hospederas, de las cuales *Elymus sp* fue encontrado en la Quebrada del Yeso y el resto en Lampa. El segundo grupo corresponde a hospederas, de las cuales *Polypogon australis* se encontró en el Río Clarillo y en la Quebrada del Yeso, *Bromus setifolius* y *Hordeum halophyllum* se encontraron en el Embalse del Yeso y *Hordeum chilense* en Lampa. Se puede observar que *P.australis*,

Tabla 2. CONTENIDO DE METABOLITOS NITROGENADOS Y DE METABOLITOS TOXICOS EN HOJAS DE ALGUNAS GRAMINEAS SILVESTRES.

Especie	Metabolitos (mmoles/Kg p.s.)					
	Proline	Betaina	Colina	DIMBOA	Gramine	Hordenine
No hospederas						
<i>D. spicata</i>	24,6 ± 2,9	24,6 ± 2,9	0,5 ± 0,1	ND	ND	ND
<i>L. multiflorum</i>	10,8 ± 0,6	13,5 ± 1,6	7,6 ± 1,5	ND	ND	ND
<i>Elymus</i> sp.	2,1 ± 0,0	33,8 ± 5,8	2,2 ± 0,1	2,8 ± 0,5	ND	ND
Hospederas						
<i>P. australis</i>	10,3 ± 0,2	15,4 ± 2,5	8,4 ± 2,8	ND	ND	ND
<i>B. setifolius</i>	7,3 ± 1,4	52,8 ± 3,7	3,8 ± 0,3	ND	ND	ND
<i>H. halophyllum</i>	4,5 ± 0,7	32,8 ± 3,5	2,4 ± 0,0	ND	ND	ND
<i>H. chilense</i>	35,1 ± 2,1	109,9 ± 7,8	27,9 ± 5,1	ND	ND	ND

ND = no detectado.

El primer grupo de gramíneas son algunas no hospederas que fueron muestreadas en Lampa excepto *Elymus* sp que lo fue en la Quebrada del Yeso. El segundo grupo corresponde a gramíneas hospederas que fueron muestreadas en : el Río Clarillo y Quebrada del Yeso, *P. australis*, en el Embalse del Yeso *B. setifolius* y *H. halophyllum* y en Lampa *H. chilense* Se muestrearon 20 a 30 plantas de cada especie. La cuantificación de prolina se hizo mediante el método de Bates et al (1973), y la de betaina y colina mediante el método de Grieve y Gretton (1983). DIMBOA se determinó e identificó mediante el método de Woodward et al (1979), por cromatografía de capa fina y por espectroscopía U.V. Los alcaloides gramina y hordenina se analizaron de acuerdo a la metodología indicada en los métodos. Los valores corresponden al promedio de 3 muestras y sus correspondientes errores estándares.

una especie encontrado con áfidos en diferentes lugares tiene un bajo contenido de betaína. *H.chilense* un hospedero, que tiene el más alto contenido de betaína en sus hojas, fue encontrado en Lampa en 1985 sin áfidos y en 1986 con áfidos sólo en la espiga. Al parecer en esta última especie el contenido de sal en sus hojas anularía en parte el efecto de la betaína en relación al aumento de la susceptibilidad de la planta, como se analizará más adelante. En las especies primeramente nombradas, no existiría la relación que se da en la cebada cultivada, entre el contenido de betaína y el aumento de susceptibilidad de la planta al ataque de áfidos, pues la concentración de este compuesto en las hojas no es suficiente para provocar efectos en los áfidos (Zúñiga y Corcuera, 1987).

3.3. Salinidad del suelo y resistencia de *Distichlis spicata* a los áfidos.

El mayor número de especies sin áfidos se encontró en el sector el Taqueral de Lampa. En este sector se observaron algunos indicios de suelos salinos como costros de sal y la presencia de algunas halófitas, como *Distichlis spicata* y *Frankenia salina* (Adams, 1963; Richards, 1965). Este sector se encuentra en la zona de Batuco la que se caracteriza por sus suelos salinos y alcalinos (Storie, 1945; Honorato,

1975). En base a estos hechos se pensó que el contenido salino de estas plantas podía influir en su resistencia al ataque de áfidos. De esta manera se inició el estudio de esta posible relación, caracterizando el suelo de Lampa a través del análisis químico para determinar cationes de intercambio (tabla 3) y la concentración de cationes y de ión cloruro en el extracto de saturación (tabla 4). En esta última tabla se indica además la conductividad eléctrica del extracto (C.E.), el pH y el porcentaje de sodio intercambiable. En la tabla 3 se compara el contenido de iones en el suelo de Lampa (A) con el de suelos considerados normales (B) según estadísticas del laboratorio de Fertilidad de suelos de Agronomía de la Universidad de Concepción. El suelo de Lampa tiene por ejemplo, un contenido de ión sodio por lo menos 192 veces mayor que el de un suelo normal. De acuerdo a parámetros establecidos en Richards (1965) y en Bowers *et al* (1958), este suelo se clasificó como salino-sódico (Fig. 2) por tener el extracto de saturación una conductividad eléctrica mayor que 4 mmhos/cm y un porcentaje de sodio intercambiable (PSI) mayor de 15%.

En este suelo crece una gramínea perenne, *D. spicata* en cuyas hojas se determinó un alto contenido de iones sodio y cloruro (tabla 5). El

Tabla 3. CONCENTRACION DE CATIONES DE INTERCAMBIO EN EL SUELO DE LAMPA, SECTOR EL TAQUERAL.

SUELO	CATIONES (meq/100g p.s.)			
	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²
A. Lampa	19,2	2,1	38,4	20,5
B. Rangos normales	0,04 - 0,1	0,2 - 0,7	3,0 - 11	1,0 - 2,8
A/B	192	3	3,5	7,3

Se compara el contenido de cationes de intercambio en el suelo de Lampa (A) con el de suelos considerados normales (B). Los rangos normales se han obtenido de los registros de análisis químico del Departamento de Fertilidad de suelos de Agronomía de la U. de Concepción. Los valores para A/B resultaron de dividir arbitrariamente A por el valor mayor de B. De esta manera se tiene por ejemplo que el suelo de Lampa tiene un contenido de Na⁺ por lo menos 192 veces mayor que el de un suelo normal. La cuantificación de estos cationes se hizo mediante espectrofotometría de llama.

Tabla 4. DETERMINACIONES EN EL EXTRACTO DE SATURACION DEL SUELO DE LAMPA, SECTOREL TAQUERAL.

IONES	(meq/l)	C.E. (mmhos/cm)	pH	P.S.I.
Na ⁺	81,5			
K ⁺	0,8	6,9	7,8	18,3
Ca ⁺²	12,6			
Mg ⁺²	39,2			
Cl ⁻	46,0			

C.E. = conductividad eléctrica, la que se determinó en un conductímetro modelo 1484-10 de Horizon Ecology Co.

P.S.I. = Porcentaje de sodio intercambiable.

Los cationes se determinaron mediante espectrofotometría de llama y el ión cloruro a través de la metodología indicada por Piper (1955), modificada por Chapman y Pratt (1973).

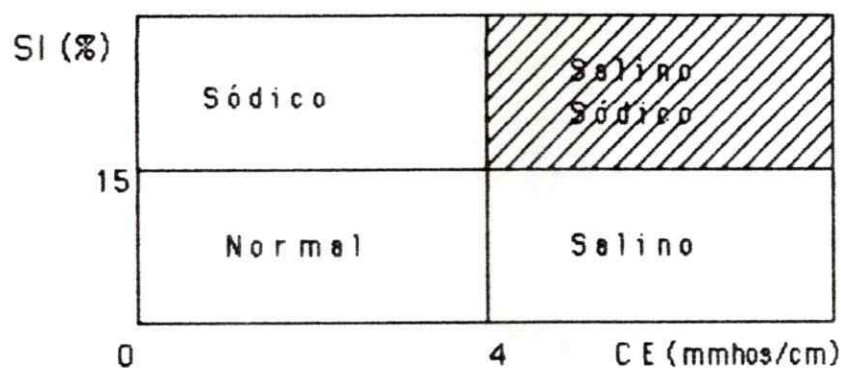


Fig.2 Clasificación de suelos de acuerdo a la conductividad eléctrica (C.E.) del extracto de saturación y al porcentaje de sodio intercambiable (S.I.). (Bower *et al*, 1958; Richards, 1965). El sector achurado de la figura corresponde a la clasificación para el suelo de Lampa, (sector El Taqueral).

TABLA 5. CONCENTRACION DE IONES EN HOJAS DE *Distichlis spicata*.

IONES	16-04-86	24-04-86	24-06-86
En la hoja (mmoles/Kg p.s.)			
Na ⁺	1021 ± 17	1917 ± 34	2521 ± 63
K ⁺	1219 ± 20	1957 ± 37	1863 ± 90
Ca ²⁺	47 ± 1	21 ± 2	31 ± 2
Mg ²⁺	117 ± 3	76 ± 4	78 ± 3
Cl ⁻	480 ± 7	548 ± 15	685 ± 6
En la superficie de la hoja			
Na ⁺	38 ± 3	17 ± 1	1,0 ± 0,0
K ⁺	191 ± 7	14 ± 1	3,2 ± 0,1
Ca ²⁺	12 ± 1	4 ± 0,2	0,7 ± 0,0
Mg ²⁺	13 ± 1	2 ± 0,0	0,1 ± 0,0
Cl ⁻	640 ± 11	252 ± 5	5,0 ± 0,1

Cada columna de valores representa los contenidos de iones en hojas de 40 plantas colectadas en las fechas que se indican. Los cationes se cuantificaron mediante espectrofotometría de llama y el ión cloruro a través del método de Piper (1955) modificado (Chapman y Pratt, 1973). Las determinaciones correspondientes a la superficie de la hoja se hicieron en la solución obtenida después de lavar las hojas con agua desionizada. El primer muestreo se hizo antes de la primera lluvia, el segundo 3 días después de la primera lluvia y el tercero 8 días después del temporal de lluvia de junio 1986, estando todavía gran parte del campo inundado. Cada valor representa el promedio de 3 repeticiones ± su error estándar.

primer muestreo de esta especie se realizó antes de la primera lluvia del año, el segundo 3 días después de la primera lluvia y el tercero 8 días después del temporal de lluvia de junio, 1986. Cuando el suelo estaba seco había acumulación de sal formando costras sobre la superficie del terreno. Con el agua de las lluvias estas sales de la superficie, que estaban formadas principalmente por NaCl, se disolvieron y penetraron en el suelo aumentando la concentración de sales solubles a nivel radicular (Black, 1975). Contiene en sus hojas 3 veces más sodio que *L. multiflorum* y *H. maritimum* que también crecen en Lampa. El contenido de cloruro es similar al de estas dos especies de Lampa pero es 10 veces mayor que el contenido del mismo ión en las hojas del *H. chilense* de Lagunillas. Además es una gramínea sobre la que no se observaron áfidos en 1985 ni en 1986. Pensando que la causa de esta ausencia de áfidos podía relacionarse con el alto contenido de sales en las hojas, se hicieron experimentos para determinar la acción de NaCl y KCl sobre el áfido *Schizaphis graminum*.

3.4. Sobrevivencia del áfido *Schizaphis graminum* en dietas artificiales con diferentes concentraciones de NaCl o KCl. A las 24 horas y a una concentración de 10 mM de NaCl o KCl se observó una disminución del 25% en la sobrevivencia en comparación con el grupo control. El LD₅₀ (Dosis letal para el 50% de los individuos de la población en estudio) a las 24 horas fue aproximadamente 130 mM para las dos sales (Fig. 3). A las 48 horas el LD₅₀ para NaCl fue a la concentración de 70 mM y para KCl fue a 10 mM, que son concentraciones menores a las encontradas en *D. spicata*. La concentración de NaCl es 10 veces menor y la de KCl 70 veces menor a la encontrada en las hojas de esa especie.

En los experimentos para determinar toxicidad o repelencia de NaCl y de KCl sobre el áfido *S. graminum*, se observó que a mayores concentraciones de estas sales en la dieta inicial había una disminución en el porcentaje de sobrevivencia (Fig. 4).

3.5. Salinidad y resistencia del trigo a los áfidos. Se determinó la tasa de crecimiento del áfido *S. graminum* sobre plántulas de trigo cv. Onda que fueron regadas con solución Hoagland con diferentes concentraciones

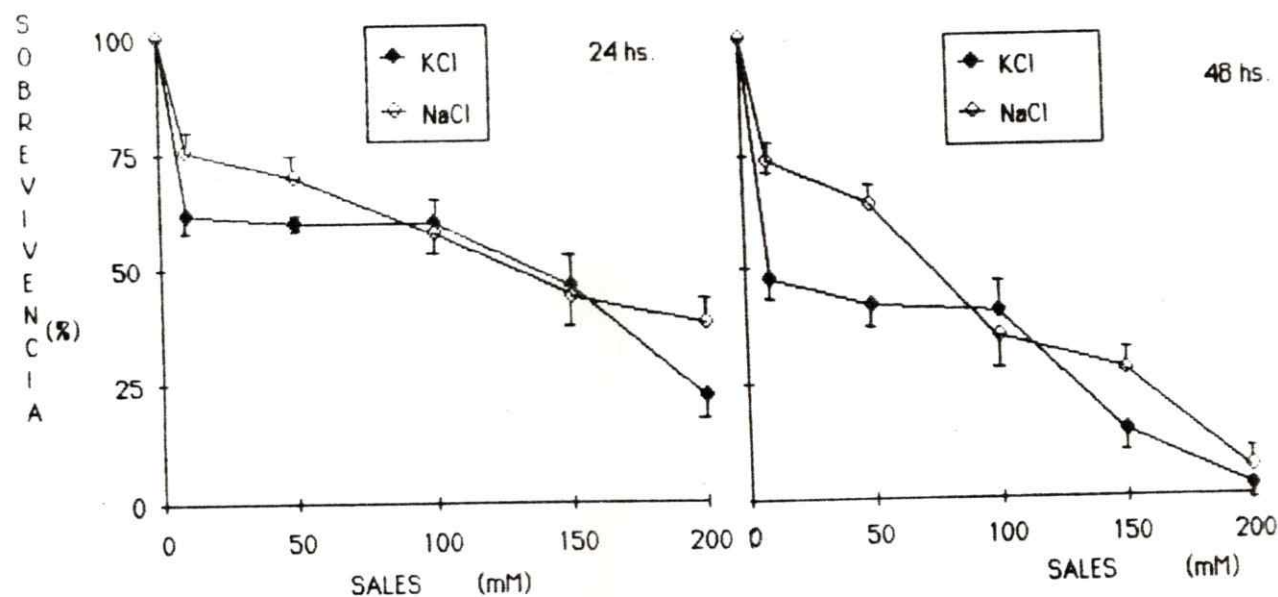


Fig. 3. Sobrevivencia de *S. grominum* en dietas artificiales con KCl o NaCl. Se agregaron a las dietas diferentes concentraciones de KCl o NaCl y se colocaron 10 ninfas por tubo o cápsula. Se midió la sobrevivencia a las 24 y 48 horas. Cada punto es el promedio de 5 muestras de 10 áfidos cada una y la barra vertical es el error estándar.

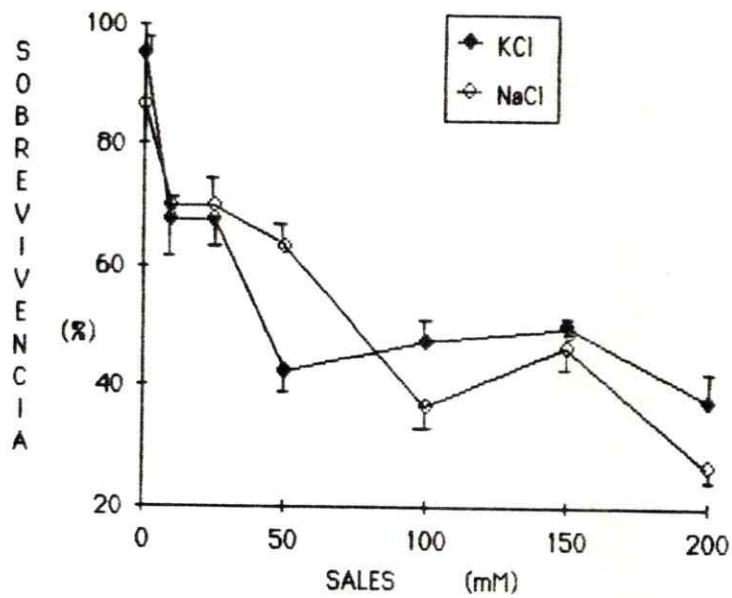


Fig. 4. Toxicidad de KCl y de NaCl sobre *S. grominum*. Ninfas alimentadas durante 7 horas con dieta artificial con diferentes concentraciones de KCl o NaCl fueron cambiadas a dieta control. Luego se determinó el porcentaje de sobrevivencia a las 48 horas. Cada punto es el promedio de 4 muestras de 10 áfidos cada una y la barra vertical es el error estándar.

de NaCl. Al final del experimento se cuantificó el contenido de iones sodio, potasio, calcio, magnesio y cloruro en las hojas de trigo en cada tratamiento. La concentración de ión sodio en plantas regadas con 300 y 400 mM de NaCl fue 3 y 3,7 veces mayor que la concentración del control. (tabla 6). La concentración de ión cloruro fue aproximadamente el doble de la de sodio en todos los tratamientos excepto en los de 50 y 100 mM en que fue aún mayor. La concentración de calcio y magnesio fue relativamente baja en relación a la del sodio y permaneció más o menos constante en todos los tratamientos. La concentración de potasio experimentó un aumento sólo cuando las plantas fueron regadas con soluciones de sal de concentración mayor que 200 mM.

Conocido el número final de áfidos por tratamiento se determinó la tasa de crecimiento de la población. Esta disminuyó de 0,50 en el control a 0,32 en las plantas regadas con 400 mM de NaCl (Fig. 5). En la misma forma disminuyó la tasa de crecimiento a medida que aumentó la concentración de iones sodio y cloruro en las hojas de las plántulas de trigo (Fig. 6). Este experimento se repitió reemplazando la vermiculita por arena porque la primera presenta la desventaja de intercambiar iones hidrógeno por iones sodio (Gotardo Schenkel, comunicación personal). Las

Tabla: 6. Efecto del tratamiento salino en el contenido de iones en hojas de trigo sembrado en vermiculita.

Tratamiento NaCl (mM)	IONES (mmoles/Kg p.s.)				
	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻
0	37±1	113±20	770±29	256 ± 42	546±3
50	52±4	104± 6	494±18	205±15	814±5
100	17± 1	111± 7	502±22	315±17	986±4
200	30± 2	156±11	1080±11	614±22	1158±1
300	26± 1	166±10	1176±19	796±15	1330±3
400	29± 2	137± 8	994±17	859± 20	1697±2

Semillas de trigo cv. Onda fueron germinadas en macetas con vermiculita. Las plántulas fueron regadas hasta los 7 días desde la siembra con agua destilada y después con solución Hoagland de diferente concentración de NaCl durante 12 días. Los cationes se determinaron por espectrofotometría de llama y, el ión cloruro por el método de Piper, (1955) modificado por Chapman y Pratt, (1973). Cada valor representa el promedio de 3 muestras ± su error estándar.

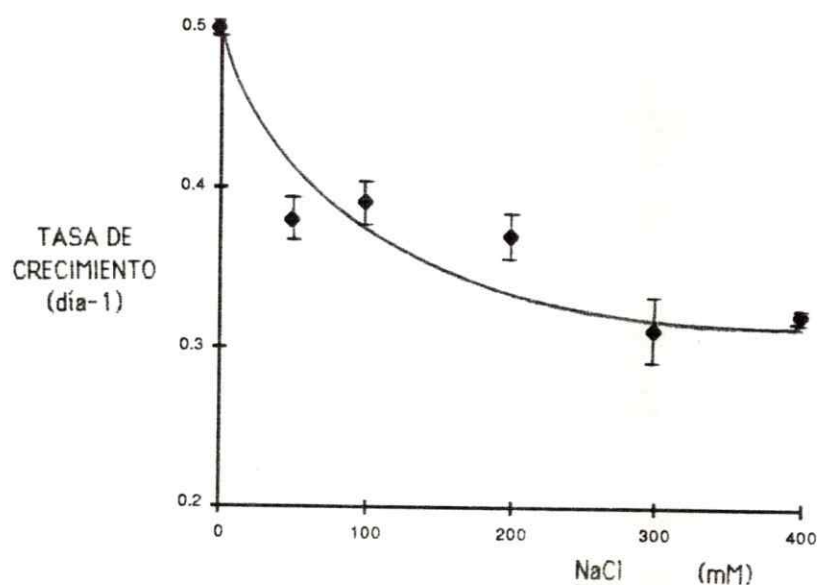


Fig. 5. Tasa de crecimiento de la población de *S. graminum* en función de la concentración de NaCl en la solución de riego. Trigo cv. Onda crecido en macetas con vermiculita fue regado desde los 7 días de edad con solución Hoegland con diferentes concentraciones de NaCl durante 12 días. A los 6 días de iniciado este tratamiento se dejaron 5 plantas por maceta y se infestó cada planta con 2 hembras ápteras adultas. Cada punto es el promedio de 3 muestras y la barra vertical es el error estándar.

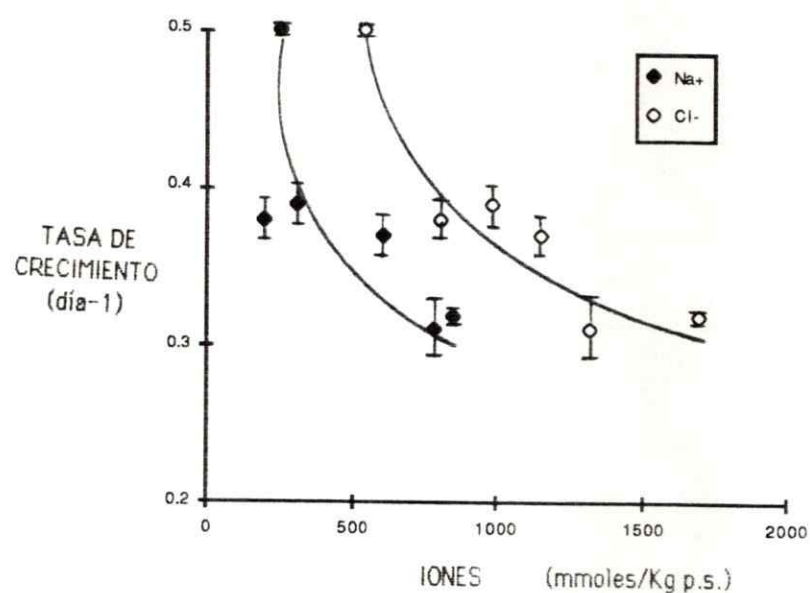


Fig. 6. Efecto del contenido de iones Na^+ y Cl^- en hojas de trigo (crecido en vermiculita) sobre la tasa de crecimiento de la población de *S. graminum*. Plántulas de trigo cv. Onda fueron regadas desde los 7 días de edad con solución Hoagland con diferentes concentraciones de NaCl durante 12 días. A los 6 días de iniciado el tratamiento salino se dejaron 5 plantas por macete y se infestó cada planta con 2 hembras ápteras adultas. Cada punto es el promedio de 3 muestras y la barra vertical el error estándar.

plantas acumularon mayor cantidad de sodio y cloro en las hojas que en el experimento anterior de tal manera que en plantas regadas con 200 y 400 mM de NaCl se obtuvieron concentraciones de sodio semejantes a las encontradas en *D. spicata* (tabla 7). Estas plantas crecieron menos que las demás, se tornaron amarillentas en gran parte de su superficie después de 9 días de tratamiento y no se encontraron áfidos en ellas. Presentaron sólo con una hoja desarrollada y una segunda de un tamaño aproximado a la mitad de la primera. Las plantas del grupo control presentaban 3 hojas desarrolladas y una cuarta en desarrollo. Las concentraciones de calcio fueron más altas que en el experimento anterior y las de magnesio fueron aproximadamente iguales. El contenido de estos dos cationes en las hojas de trigo permaneció constante en todos los tratamientos y el de potasio se presentó en forma similar al experimento anterior. En este experimento se infestaron separadamente 3 macetas con *S. graminum* y 3 con *R. padi* en cada tratamiento. Las tasas de crecimiento de las poblaciones de estas dos especies de áfidos disminuyeron con el aumento de la concentración de NaCl en la solución de riego más que en los experimentos anteriores (Fig. 7). En cuanto a la relación entre el contenido de iones sodio y cloruro en las hojas de trigo

Tabla: 7. Efecto del tratamiento salino en el contenido de iones en hojas de trigo sembrado en arena.

TRATAMIENTO NaCl (mM)	IONES (mmoles/Kg p. s.)				
	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻
0	103 ± 3	247 ± 23	937 ± 37	73 ± 2	84 ± 1
50	82 ± 4	192 ± 9	943 ± 34	485 ± 17	1025 ± 12
100	88 ± 2	190 ± 2	1064 ± 45	807 ± 11	1403 ± 11
150	100 ± 2	178 ± 13	693 ± 13	1014 ± 22	1685 ± 13
200 *	99 ± 1	157 ± 10	707 ± 41	1449 ± 28	2054 ± 3
300	115 ± 1	160 ± 4	631 ± 8	1938 ± 75	2851 ± 11
400	124 ± 4	167 ± 7	532 ± 17	2647 ± 49	4026 ± 9

Semillas de trigo cv. Onda fueron germinadas en macetas con arena. Las plántulas fueron regadas con agua destilada hasta los 7 días de edad y después con soluciones Hoagland con diferentes concentraciones de NaCl durante 12 días al final de los cuales se cortaron y prepararon para el análisis químico. Los cationes se determinaron mediante espectrofotometría de llama y el ión cloruro por el método de Piper (1955) modificado por Chapman y Pratt (1973). Cada valor representa el promedio de 3 muestras + su error estándar.

* Las plantas tratadas con 200 a 400 mM de NaCl quedaron sólo con la primera hoja, secas en el ápice y aproximadamente un 50% amarillas.

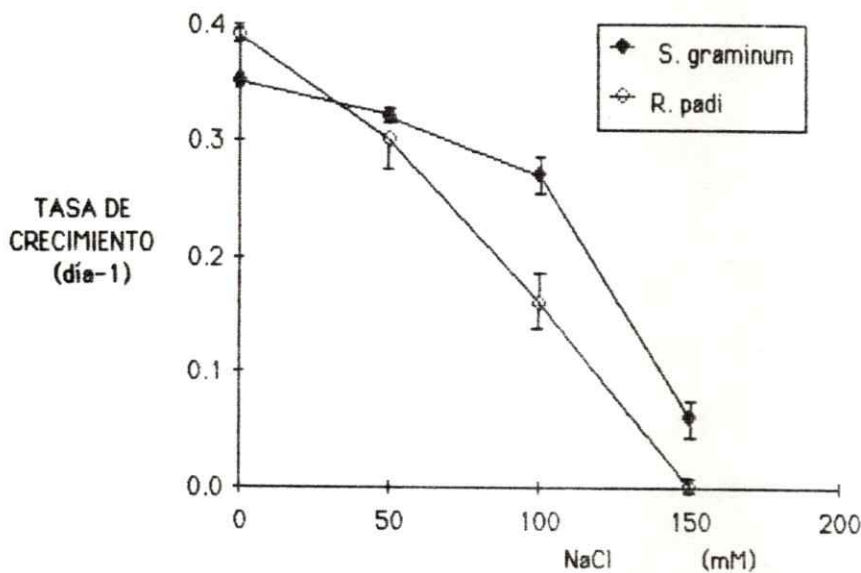


Fig. 7. Tasas de crecimiento de las poblaciones de *S. graminum* y *Rhopalosiphum padi* en función de la concentración de NaCl en la solución de riego de trigo crecido en arena. Plantas del cv. Onde crecidas en arena, fueron regadas desde los 7 días de edad con solución Hoeglend con diferentes concentraciones de NaCl durante 12 días. A los 6 días de iniciado este tratamiento se dejaron 5 plantas por maceta. Estas macetas fueron separadas en 2 grupos por tratamiento de 3 macetas cada uno. Cada grupo fue infestado separadamente por las 2 especies de áfidos. Cada punto es el promedio de 3 muestras y la barra vertical el error estándar.

y las tasas de crecimiento de las poblaciones de *S. graminum* y *R. padi*, se encontró una mayor disminución de las tasas de crecimiento con el aumento del contenido de estos dos iones en las hojas (Figs. 8 y 9).

Para definir la acción del ión cloruro en la tasa de crecimiento del áfido *S. graminum* sobre trigo, se reemplazó el NaCl en la solución de riego por una mezcla de cloruros (KCl , NH_4Cl y $CaCl_2$), de tal manera de tener concentraciones de ión cloruro de 0 a 400 mM. En todas las soluciones la relación de KCl y NH_4Cl fue 1:1 y la de $CaCl_2$ variable. En relación a un contenido de sodio en las hojas que permaneció prácticamente constante se observó un leve aumento del calcio desde el control hacia el tratamiento con 400 mM de cloruro (tabla 8). El contenido de potasio y magnesio presentó una tendencia similar a los experimentos anteriores de riego con soluciones de NaCl. Los contenidos de ión cloruro en las hojas aumentaron, en relación al control, con el aumento de la concentración de cloruro en la solución de riego en forma similar al experimento con trigo sembrado en arena. El alto contenido de cloro en las plantas tratadas con las soluciones 300 y 400 mM determinó que las plantas empezaran a secarse antes de los 9 días de tratamiento.

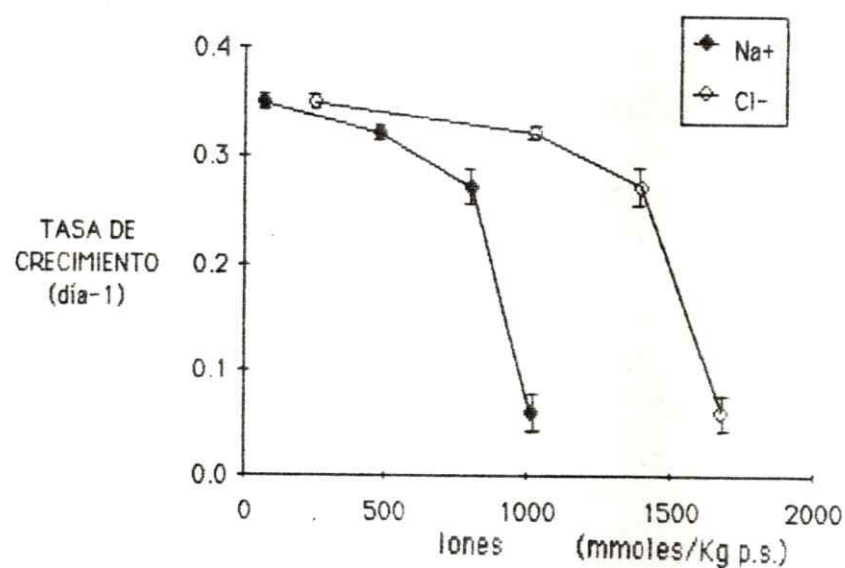


Fig. 8. Efecto del contenido de iones Na^+ y Cl^- en hojas de trigo crecido en arena sobre la tasa de crecimiento de la población de *S. graminum*. Trigo cv. Onda fue regado desde los 7 días de edad con solución Hoagland con diferentes concentraciones de NaCl durante 12 días. A los 6 días de iniciado este tratamiento se dejaron 5 plantas por maceta y se infestó cada planta con 2 hembras épteras adultas. Cada punto es el promedio de 3 muestras y la barra vertical el error estándar.

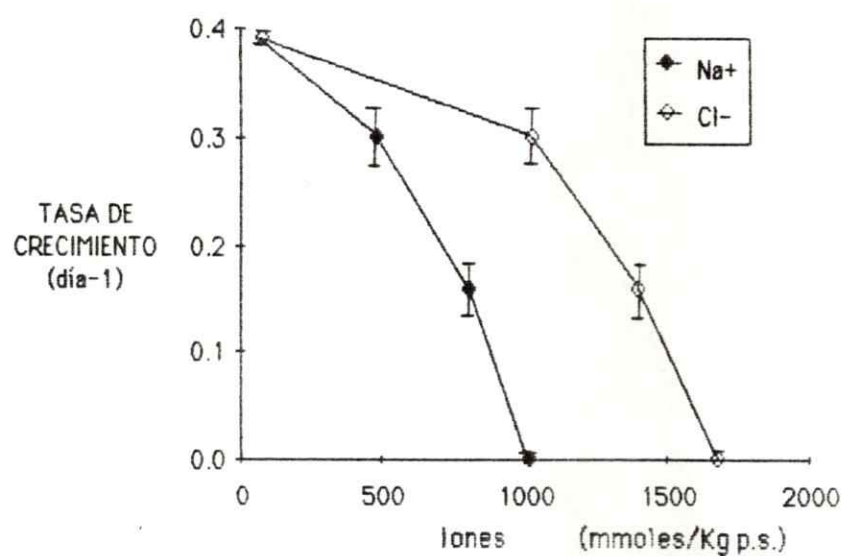


Fig. 9. Efecto del contenido de los iones Na^+ y Cl^- en hojas de trigo crecido en arena sobre la tasa de crecimiento de la población de *R. padi*. Trigo cv. Onda crecido en macetas con arena fue regado desde los 7 días de edad con solución Hoegland con diferentes concentraciones de NaCl durante 12 días. A los 6 días de iniciado este tratamiento se dejaron 5 plantas por maceta y se infestó cada planta con 2 hembras ápteres adultas. Cada punto es el promedio de 3 muestras y la barra vertical el error estándar.

Tabla: 8. Efecto del tratamiento con cloruros, distintos a NaCl, en el contenido de iones en hojas de trigo sembrado en arena.

Tratamiento ión cloruro (mM)	IONES (mmoles/Kg p. s.)				
	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻
0	50 ± 2	176 ± 8	958 ± 2	54 ± 2	410 ± 0
50	206 ± 7	195 ± 2	1354 ± 31	67 ± 4	1620 ± 12
100	308 ± 11	217 ± 14	1853 ± 65	67 ± 2	2065 ± 9
150	348 ± 5	223 ± 1	1821 ± 57	51 ± 5	3003 ± 3
200*	377 ± 11	123 ± 6	1813 ± 39	50 ± 2	3608 ± 9
300*	344 ± 16	130 ± 6	1292 ± 26	52 ± 3	4010 ± 15
400*	389 ± 1	117 ± 1	1411 ± 14	74 ± 2	4011 ± 6

Semillas de trigo cv. Onda fueron germinadas en macetas con arena. Las plántulas fueron regadas hasta los 7 días desde la siembra, con agua destilada y después con solución Hoagland con diferentes concentraciones de ión cloruro durante 12 días, al final de los cuales se cortaron y prepararon para los análisis químicos. El ión cloruro fue aportado por KCl, NH₄Cl y CaCl₂. Los cationes se cuantificaron por espectrofotometría de llama y el ión cloruro por el método de Piper (1955), modificado por Chapman y Pratt (1973). Cada valor representa el promedio de 3 muestras ± su error estándar.

* Las plantas tratadas con 200 mM de cloruro estaban bastante secas al final del experimento y las tratadas con 300 a 400 mM estaban prácticamente secas desde los 9 días de iniciado el tratamiento salino.

Las plantas tratadas con 150 y 200 mM también se observaron con zonas secas hacia el final del experimento. En cuanto a la tasa de crecimiento de *S. graminum*, se observó una disminución con el aumento de la concentración de cloruro tanto en la solución de riego como en las hojas (Figs. 10 y 11).

3.6. Salinidad y resistencia de la cebada a los áfidos. Cebada cv. F. Union crecida en vermiculita fue regada con soluciones de NaCl en forma similar al experimento descrito para trigo. Las hojas de cebada acumularon mayor cantidad de sodio y cloro (tabla 9) que el trigo crecido en el mismo medio. Las tasas de crecimiento de *S. graminum* en función de la concentración de NaCl en la solución de riego o en función del contenido de iones sodio y cloruro de la hoja fueron semejantes al control en los tratamientos con 30 y 100 mM de NaCl. Las tasas de crecimiento en los tratamientos con 30, 150 y 200 mM de NaCl presentaron diferencias significativas con respecto al control (Figs. 12 y 13). Al repetir el experimento con cebada cv. Aramir crecida en arena se encontró que las hojas acumularon mayor cantidad de sodio y cloro que las de cv. F. Union crecidas en vermiculita (tabla 10). Las tasas de

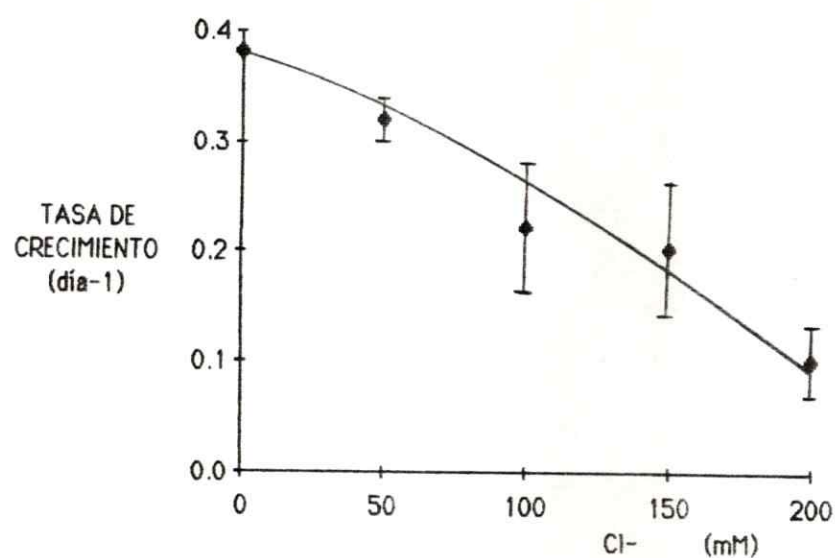


Fig. 10. Tasa de crecimiento de la población de *S. graminum* en función de la concentración de cloruros distintos de NaCl en la solución de riego. Trigo cv. Onda crecido en macetas con arena fue regado desde los 7 días de edad con solución Hoagland con diferentes concentraciones de ión Cl^- (KCl , NH_4Cl y CaCl_2) durante 12 días. A los 6 días de iniciado este tratamiento se dejaron 5 plantas por macete y se infestó cada planta con 2 hembras ápteres adultas. Cada punto es el promedio de 3 muestras y la barra vertical el error estándar.

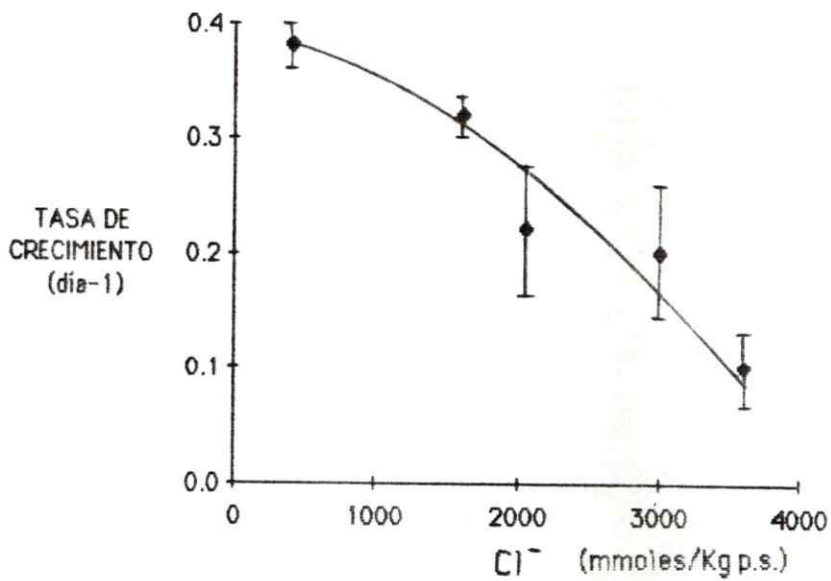


Fig. 11. Tasa de crecimiento de la población de *Sgraminum* sobre trigo con diferente contenido de ión cloruro aportado por sales distintas a NaCl. Trigo cv. Onda crecido en macetas con arena fue regado e infestado en la forma ya descrita en la Fig. 10. Cada punto es el promedio de 3 muestras y la barra vertical el error estándar.

Tabla. 9. Efecto del riego con soluciones de NaCl en el contenido de iones en cebada crecida en vermiculita.

Tratamiento NaCl (mM)	IONES (mmoles/Kg p. s.)				
	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻
0	30 ± 2	182 ± 15	1156 ± 82	437 ± 18	415 ± 0
10	23 ± 3	164 ± 11	743 ± 30	471 ± 21	632 ± 2
30	11 ± 1	174 ± 21	718 ± 27	769 ± 57	1249 ± 14
100	22 ± 5	147 ± 8	650 ± 85	807 ± 56	1557 ± 13
150	23 ± 2	135 ± 3	669 ± 128	856 ± 49	1677 ± 8
200	42 ± 3	138 ± 16	1102 ± 77	982 ± 39	2036 ± 7

Semillas de cebada cv. F. Union fueron germinadas en macetas con vermiculita. Las plantas fueron regadas hasta los 7 días desde la siembra, con agua destilada y después con solución Hoagland con diferentes concentraciones de NaCl durante 12 días, al final de los cuales se cortaron y prepararon para los análisis químicos. Los cationes se cuantificaron mediante espectrofotometría de llama y el ión cloruro por el método de Piper (1955) modificado por Chapman y Pratt (1973). Cada valor representa el promedio de tres muestras ± su error estándar.

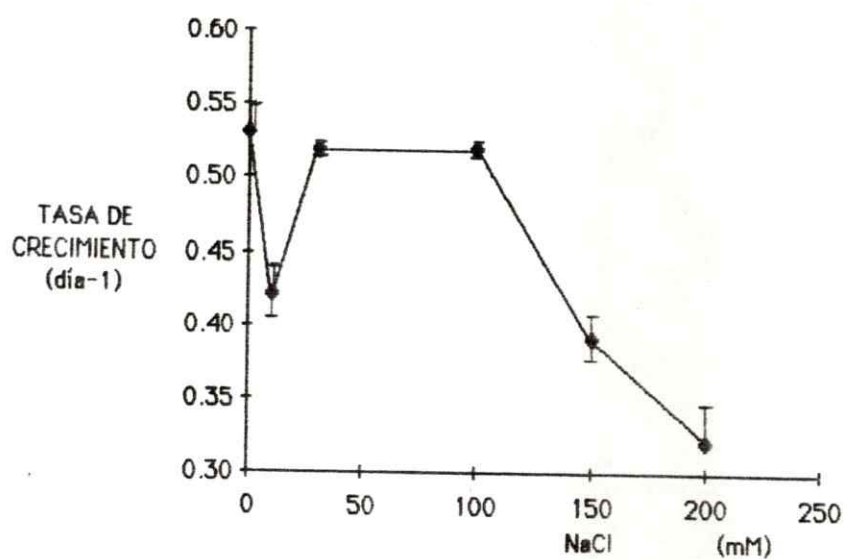


Fig. 12. Tasa de crecimiento de la población de *S. graminum* en cebada cv. F. Union, en función de la concentración de NaCl en la solución de riego. Cebada cv. F. Union criada en macetas con vermiculita fue regada desde los 7 días de edad con solución Hoagland con diferentes concentraciones de NaCl durante 12 días. A los 6 días de iniciado este tratamiento se dejaron 5 plantas por maceta y se infestó cada planta con 2 hembras ápteras adultas. Cada punto es el promedio de 3 muestras y la barra vertical el error estándar.

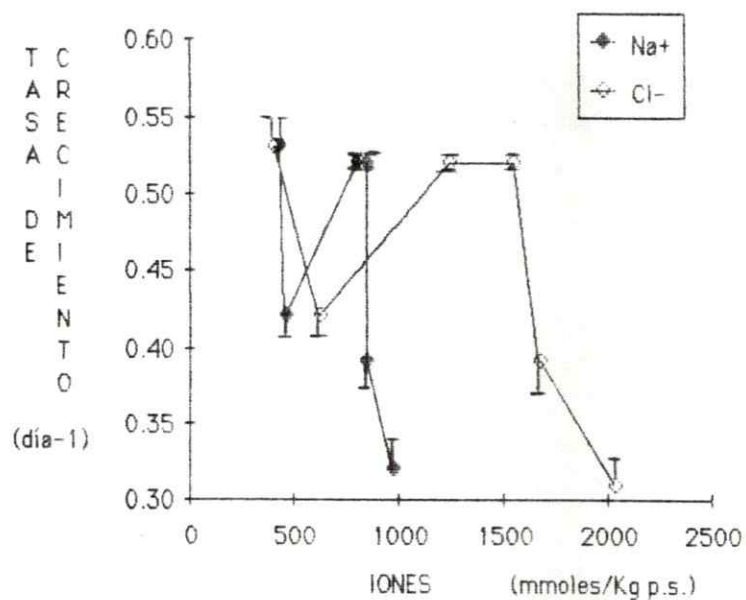


Fig. 13. Efecto del contenido de iones Na^+ y Cl^- en hojas de cebada cv. F. Union sobre la tasa de crecimiento de la población de *S. graminum*. Cebada cv. F. Union crecida en macetas con vermiculita fue regada e infestada en la forma descrita en la Fig. 12. Cada punto es el promedio de 3 muestras y la barra vertical el error estándar.

Tabla 10. Efecto del riego con soluciones de NaCl sobre el contenido de iones en cebada crecida en arena.

Tratamiento		IONES (mmoles/Kg p.s.)			
NaCl (mM)	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻
0	95 ± 4	189 ± 4	1105 ± 33	170 ± 3	177 ± 4
25	74 ± 6	119 ± 6	966 ± 24	901 ± 34	1615 ± 11
50	75 ± 1	104 ± 3	1068 ± 10	1187 ± 9	1807 ± 5
100	62 ± 3	102 ± 2	1071 ± 26	1442 ± 17	2077 ± 10
150	63 ± 2	97 ± 4	1119 ± 25	1619 ± 10	2196 ± 9
200	65 ± 1	80 ± 1	1008 ± 9	2051 ± 43	2524 ± 5
300	77 ± 5	90 ± 2	830 ± 13	2213 ± 6	2843 ± 22
400	76 ± 2	92 ± 6	614 ± 10	2831 ± 47	3495 ± 25

Semillas de cebada cv. Aramir fueron germinadas en macetas con arena. Las plantas fueron regadas hasta los 7 días desde la siembra con agua destilada y después con solución Hoagland con diferentes concentraciones de NaCl durante 12 días, al cabo de los cuales se cortaron y se prepararon para los análisis químicos. Los cationes se cuantificaron mediante espectrofotometría de llama y el ión cloruro mediante el método de Piper (1955) modificado por Chapman y Pratt (1973). Cada valor representa el promedio de 3 muestras ± su error estándar.

crecimiento de *S. graminum* siguieron una tendencia semejante a la observada en el experimento con el cultivar F. Union (Figs. 14 y 15). Las plantas de cebada de estos dos cultivares soportaron mejor que el trigo el riego con las soluciones de mayor concentración de NaCl. Permanecieron verdes hasta el final del experimento, aunque las tratadas con 300 y 400 mM de NaCl presentaron un menor crecimiento que el grupo control. Las plantas del grupo control presentaron 3 hojas y una cuarta en desarrollo y las plantas tratadas con las más altas concentraciones de NaCl presentaron sólo la primera hoja y una segunda de un tamaño igual a la mitad de la primera.

3.7. Salinidad del suelo e infestación de gramíneas silvestres. Además de los experimentos de laboratorio anteriormente descritos se comparó el contenido de iones del suelo de Lampa con el de otros dos sitios en que crecen algunas de las especies de gramíneas encontradas en Lampa (tablas 11 y 12). Los sitios muestreados fueron un sector de Río Clarillo, denominado "Quebrada de los Almendros" y un sector del Fundo San Eugenio, en el Km 7 del camino a Lagunillas. Los suelos de Río Clarillo y de Lagunillas tienen una salinidad mucho menor que Lampa, y de acuerdo a

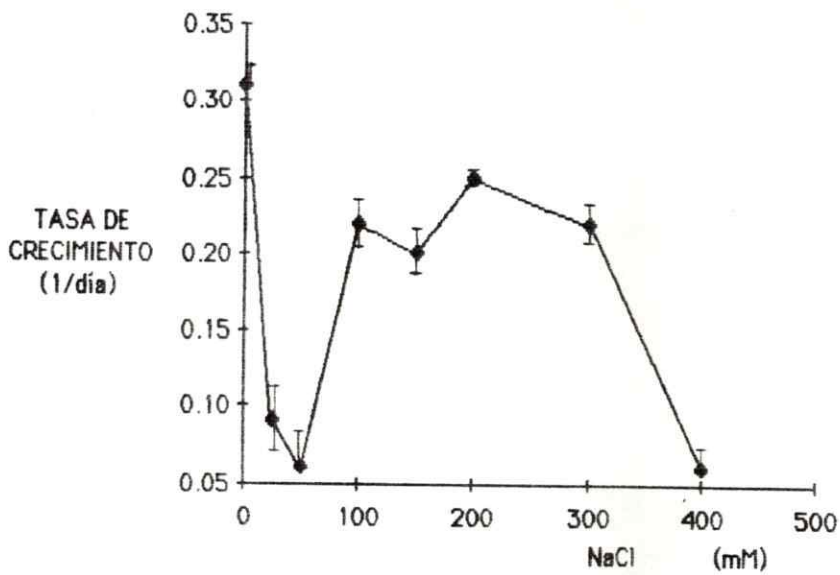


Fig. 14. Tasa de crecimiento de la población de *S. graminum* en cebada cv. Aramir en función de la concentración de NaCl en la solución de riego. Cebada cv. Aramir criada en macetas con arena fue regada desde los 7 días de edad con solución Hoegland con diferentes concentraciones de NaCl durante 12 días. A los 6 días de iniciado este tratamiento se dejaron 5 plantas por maceta y se infestó cada planta con 2 hembras ápteras adultas. Cada punto es el promedio de 3 muestras y la barra vertical el error estándar.

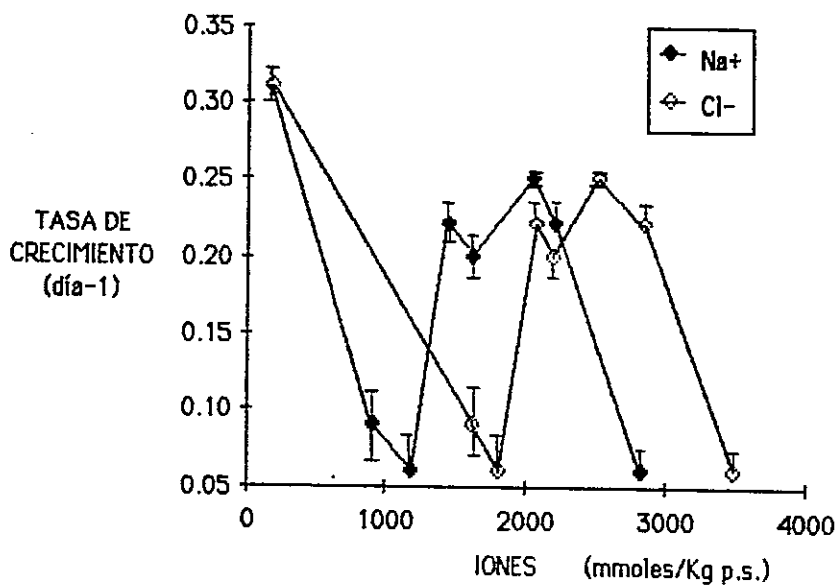


Fig. 15. Efecto del contenido de iones Na^+ y Cl^- en hojas de cebada cv. Aramir sobre la tasa de crecimiento de la población de *S. graminum*. Cebada cv. Aramir crecida en macetas con arena fue regada e infestada en la forma descrita en la Fig. 14. Cada punto representa el promedio de 3 muestras y la barra vertical el error estándar.

Tabla 11. DETERMINACIONES DE CATIONES DE INTERCAMBIO DE TRES SUELOS EN QUE CRECEN GRAMINEAS SILVESTRES.

Lugar	Cationes Intercambiables (meq/100g p.s.)			
	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²
Lampa	19,2	2,1	38,4	20,5
R. Clerillo	0,16	0,12	3,75	0,99
Legunillas	0,72	2,3	12,0	3,4

La cuantificación de los cationes se hizo por espectrofotometría de llama. Calcio, magnesio y sodio mediante absorción atómica y potasio por emisión atómica. Las muestras de Lampa se tomaron del sector el Taqueral, las del Río Clerillo de la Quebrada de los Almendros y las de Legunillas de un sector del fundo San Eugenio. Cada valor de esta tabla es el promedio de 3 muestras.

Tabla 12. DETERMINACIONES EN EL EXTRACTO DE SATURACION DE TRES SUELOS EN QUE CRECEN GRAMINEAS SILVESTRES.

Lugar	IONES (meq/l)					C.E (mmhos/cm)	pH
	Na+	K+	Ca+2	Mg+2	Cl-		
Lampa	81,5	0,83	12,6	39,2	46	6,9	7,8
R. Clarillo	1,4	0,16	1,26	1,2	1,5	0,5	6,8
Legunillas	0,4	0,24	0,59	0,48	0,8	0,2	7,1

La cuantificación de cationes se hizo por espectrofotometría de llama. El ión cloruro se cuantificó a través de la metodología de Piper (1955). Cada valor de esta tabla es el promedio de 3 muestras. Las muestras de suelo de Lampa se tomaron del sector el Tequeral, las del Río Clarillo de la Quebrada de los Almendros y las de Legunillas de un sector del fundo San Eugenio.

la conductividad eléctrica del extracto de saturación y el bajo contenido de sodio se clasificaron como suelos normales.

Lolium multiflorum se encontró en Lampa y Río Clarillo en 1985 y en 1986. En 1986 se contaron áfidos sobre las poblaciones de estas dos localidades. Al mismo tiempo se colectaron hojas de la misma especie y se determinó en ellas el contenido de iones calcio, magnesio, potasio, sodio y cloruro (tabla 13). En *L. multiflorum* de Lampa se encontró que los contenidos de los iones sodio y cloruro en las hojas eran mayores que los contenidos de los mismos iones en las plantas de Río Clarillo. El ión sodio era 5 veces mayor y el ión cloruro era 2 veces mayor. Las poblaciones de Lampa fueron encontradas sin áfidos en los dos años de muestreo, en cambio las de Río Clarillo fueron atacadas por los áfidos en estos dos años. Para el porcentaje de infestación del último muestreo se calculó un intervalo de confianza de 95%. El intervalo es igual al porcentaje $\pm z \times s_p$, donde $z = 1,96$; $s_p =$ a la raíz cuadrada de $(p \times q)/N$. N es el tamaño de la población, p es el porcentaje de infestación y q es el complemento de p para llegar a 100. En Lampa y en el sector ya mencionado del camino a Lagunillas se encontraron las especies *Hordeum*

Tabla 13. PRESENCIA DE AFIDOS Y CONTENIDO DE IONES EN HOJAS DE *Lolium multiflorum* DE LAMPA Y DE RIO CLARILLO

LUGAR	IONES (mmoles/Kg p.s.)					AFIDOS
	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Cl ⁻	% inf
Lampa	559±36	685±11	89±2	188±6	754±1	0
R. Clarillo	104±7	464±12	62±1	104±4	379±3	40±21

% inf = porcentaje de plantas infestadas sobre el total de la muestra que fue de 20 plantas.

El muestreo se hizo el 18 de Noviembre en R. Clarillo y el 19 del mismo mes en Lampa. Se hicieron otros muestreos el 15 de Octubre y el 5 de Noviembre, observándose ausencia de áfidos en Lampa y un porcentaje de infestación promedio de 38 ± 12% en R. Clarillo. El porcentaje de infestación en la tabla corresponde al encontrado en el último muestreo y está dado como un intervalo de confianza del 95%. Los cationes se determinaron mediante espectrofotometría de llama y el ión cloruro por el método de Piper (1955) modificado por Chapman y Pratt (1973). Cada valor representa el promedio de 3 muestras ± el error estándar.

chilense y *Hordeum marinum*. Estas dos especies fueron encontradas durante 1985 sin áfidos en Lampa. Lagunillas no se muestreo ese año. Debido a la presencia de áfidos sobre las espigas del *H. chilense* de Lampa se hicieron análisis químicos para determinar el contenido de iones tanto en las hojas como en las espigas, encontrándose que el contenido de los iones sodio y cloruro en las hojas era 5,5 veces mayor que el contenido en la espiga (tabla 14). El contenido de ión sodio en las hojas de *H. chilense* de Lampa fue aproximadamente igual a la mitad del contenido del mismo ión en las otras dos especies estudiadas del mismo sitio. Sin embargo, en las hojas de *H. chilense* de Lampa los contenidos de los iones fueron 43 veces los de sodio y 7 veces los de cloruro mayores que los contenidos de estos iones en las hojas de la misma especie de Lagunillas. En las hojas de esta especie de Lampa no se observaron áfidos y en la misma especie de Lagunillas se observaron áfidos en las hojas y en las espigas. En los tallos y hojas, juntos, del *H. marinum* de Lampa se encontró que los contenidos de los iones sodio y cloruro fueron :15,6 veces los de sodio y 7 veces los de cloruro mayores

Tabla 14. PRESENCIA DE AFIDOS Y CONTENIDO DE IONES EN *Hordeum chilense* DE LAMPA Y DE LAGUNILLAS

LUGAR	IONES (mmoles/Kg p.s.)					AFIDOS
	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Cl ⁻	% inf.
En hojas						
Lampa	218±12	500±12	126±6	125±1	390±2	10±9
Lagunillas	5±1	566±6	99±3	93±5	53±1	63±18
En espigas						
Lampa	39±4	259±18	33±2	77±4	71±1	10±9*
Lagunillas	9±2	295±5	29±1	56±1	34±0,1	33±17*

% inf = porcentaje de plantas infestadas del total de la muestra que fue de 30 plantas en Lagunillas y 40 en Lampa.

* Porcentaje de infestación sólo de las espigas.

El muestreo se hizo el 18 de Noviembre en Lagunillas y el 19 del mismo mes en Lampa, todo en 1986. Se hicieron otros muestreos en Lampa, el 14 de Octubre en que se encontró áfidos en las espigas de 3 plantas de un total de 40 muestreadas, resultando un porcentaje de infestación de un 6% de ; en los muestreos anteriores a esta fecha no se observaron áfidos. El lugar que aquí se denomina Lagunillas corresponde a un sector del Fundo Sn. Eugenio en el Km 7 del camino a Lagunillas. El porcentaje de infestación en la tabla corresponde al último muestreo y está dado como un intervalo de confianza del 95%. Los cationes se determinaron mediante espectrofotometría de llama y el ión cloruro por el método de Piper (1955) modificado por Chapman y Pratt (1973). Cada valor es el promedio de 3 muestras ± el error estándar.

que los contenidos en la misma especie de Lagunillas (tabla 15). En las poblaciones de Lampa no se observaron áfidos y en las de Lagunillas se observaron colonias de áfidos en las hojas y en las espigas.

Tabla 15. PRESENCIA DE AFIDOS Y CONTENIDO DE IONES EN *Hordeum maritimum* DE LAMPA Y DELAGUNILLAS.

LUGAR	IONES (mmoles/Kg p.s.)					AFIDOS
	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Cl ⁻	% inf
Tallos y hojas						
Lempa	502±13	436±12	53±2	84±7	429±4	0
Legunillas	32±2	369±34	54±2	63±4	153±2	27±14
Espigas						
Lempa	109±8	255±1	29±2	56±4	140±1	0*
Legunillas	24±5	218±4	21±0,5	45±6	38±0,3	20±13*

% inf = porcentaje de plantas infestadas de un total de 40 muestreadas en cada lugar.

* porcentaje de infestación sólo de las espigas.

En esta especie de planta se cuantificaron iones en tallo y hoja juntos porque sus hojas son muy pequeñas lo que no da suficiente material para los análisis químicos. En cuanto a los valores relacionados con áfidos, los del grupo tallo y hojas corresponden a valores totales de la planta y los del grupo espigas, sólo a los áfidos encontrados en la espiga. El muestreo se hizo el 18 de Noviembre en Legunillas y el 19 del mismo mes en Lempa. Se hicieron otros muestreos en Lempa tanto en 1985 como en 1986, en los cuales no se observaron áfidos sobre esta planta. El porcentaje de infestación en la tabla corresponde al encontrado en el último muestreo y está dado como un intervalo de confianza del 95%. Los cationes se determinaron mediante espectrofotometría de llama y el ión cloruro por el método de Piper (1955) modificado por Chapman y Pratt (1973). Cada valor representa el promedio de 3 muestras ± el error estándar.

4. DISCUSION

Se encontraron colonias de áfidos de los cereales en diversas gramíneas silvestres de la zona central de Chile. Coincidiendo con lo informado por Vargas (1981) y Quiroz *et al*, (1986), se observó que estos insectos cambiaban de plantas hospederas y se encontraban en diferentes lugares a través del año. Para poder cuantificar adecuadamente estas observaciones habría que realizar un mayor número de muestreos, durante varios años, y realizar un estudio de la dinámica poblacional de estos insectos lo cual no estaba comprendido en los propósitos de esta tesis. Se puede afirmar, sin embargo, en base a la evidencia presentada que algunas especies de gramíneas silvestres son más susceptibles que otras a los áfidos.

4.1. Compuestos con propiedades aleloquímicas. En las gramíneas silvestres analizadas no se encontraron los metabolitos tóxicos (gramina, hordenina y ácidos hidroxámicos) involucrados en la resistencia de gramíneas cultivadas al ataque de áfidos. Podría ser

posible que la ausencia de estos compuestos se debiera a que las gramíneas silvestres han estado sometidas, en el tiempo, a condiciones ambientales diferentes a las gramíneas cultivadas. Además en Chile los áfidos de los cereales constituyen una plaga introducida, por lo cual podría haber otros compuestos químicos, distintos a los analizados, responsables de algún mecanismo de resistencia contra otros fitófagos que hayan coexistido con estas plantas en Chile. Debido a que los principales compuestos químicos que según la literatura estarían involucrados en las interacciones entre gramíneas cultivadas y áfidos de los cereales no están presentes en las gramíneas silvestres analizadas, en esta tesis se optó por analizar el posible papel de la salinidad del suelo en las interacciones de algunas especies de gramíneas con áfidos.

4.2. Sobrevivencia de áfidos en dietas con sales. En los experimentos con dietas artificiales (Fig. 3) se encontró que la sobrevivencia de *Schizaphis graminum* disminuye al aumentar la concentración de NaCl o de KCl en la dieta. También se comprobó que estas sales son tóxicas

para *S. graminum* (Fig. 4) a concentraciones menores a las encontradas en las hojas de *Distichlis spicata* y en las hojas del trigo y de la cebada regados con 150 mM de NaCl. También se encontró que el LD₅₀ en estas dietas artificiales corresponde a concentraciones similares a las encontradas en las hojas de *Lolium multiflorum* y de *Hordeum marinum* de Lampa. Por lo tanto es posible que la concentración de estas sales en las hojas aumente la resistencia de algunas gramíneas cultivadas y silvestres a los áfidos.

4.3. Salinidad del suelo e infestación de gramíneas silvestres. Se encontraron pronunciadas diferencias entre el contenido de iones del suelo de Lampa y el de los suelos de Lagunillas y Río Clarillo (tablas 11 y 12). En cuanto a las gramíneas silvestres de estos tres sitios: *L. multiflorum* de Lampa presentó 5 veces más sodio y el doble de cloro que la misma especie en Río Clarillo. Las concentraciones de los demás iones no presentaron diferencias significativas (tabla 13). Se observó infestación sólo en la especie de Río Clarillo. *H. marinum* de Lampa también presentó diferencias significativas con el de Lagunillas en el

contenido de iones sodio y cloruro, tanto de tallos y hojas como en las espigas (tabla 15). La especie de Lampa presentó 15,6 veces más sodio y 3 veces más cloro que la misma especie en Logunillos. Sólo hubo infestación en Logunillos. Con respecto a *Hordeum chilense* se pudo observar diferencias entre los contenidos de sodio y de cloro de las plantas de Lampa con las de Logunillos (tabla 14). Al mismo tiempo, este contenido de iones en las hojas del *H. chilense* de Lampa es relativamente bajo, comparable con los determinados en algunos grupos controles en experimentos con trigo y cebada sometidos a riego salino. De todas maneras se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de infestación de la planta total. Es necesario señalar que en el *H. chilense* de Lampa el porcentaje de infestación de la planta total fue aportado sólo por la espiga. También se pudo apreciar de acuerdo a los valores de los intervalos de confianza de los porcentajes de infestación, que no hay diferencias entre los grados de infestación de la planta total y de la espiga en ambos casos. Debido a que los efectos deletéreos de NaCl y KCl en áfidos alimentados con dietas artificiales se produjeron en concentraciones inferiores a las

encontradas en las hojas de algunas plantas de Lampa es posible, entonces, que la ausencia de áfidos en la mayoría de las especies del lugar se deba a la alta concentración de sales en sus hojas.

4.4. Salinidad y resistencia de gramíneas cultivadas a los áfidos. Se encontró que plantas de trigo cv. Onda y dos cultivares de cebada, F. Union y Aramir regadas con soluciones que contenían diferentes concentraciones de NaCl, acumularon iones sodio y cloruro en sus hojas. Los contenidos de K^+ , Na^+ y Cl^- en los cultivares de cebada estudiados se encuentran en los rangos encontrados por Wyn Jones y Storey (1978), para cultivares de cebada, Arimar, C. Mariout y Chevron regados con soluciones de NaCl a concentraciones de 0 a 250 mM. Las tasas de crecimiento poblacional de *S. graminum* sobre trigo y cebada disminuyeron al aumentar las concentraciones de NaCl, en la solución de riego y, consecuentemente, las de los iones sodio y cloruro en las hojas de estas plantas. En el experimento con *Rhopalosiphum padi* en plantas de trigo se observó que también disminuía la tasa de crecimiento poblacional al aumentar las concentraciones de sal en la

solución de riego y las de los iones sodio y cloruro en las hojas de las plantas.

4.5. Importancia de la salinidad en los suelos. Según Flowers *et al* (1977), Epstein *et al* (1980) y Kingsbury y Epstein (1984) el aumento de la salinidad del suelo y del agua es una amenaza para la agricultura principalmente en regiones áridas y semiáridas. Además afirman que millones de toneladas de sal, en el mundo, se introducen en el suelo desde el agua de riego. Este problema se ha detectado en diferentes lugares (Flowers *et al*, 1977; Greenway y Munns, 1980). Según Epstein *et al* (1980), los trabajos de ingeniería, como canales de drenaje y otros, emprendidos en algunos lugares para solucionar el problema no son suficientes, además de resultar onerosos. Para Epstein otra forma de solución es la búsqueda de variedades de cereales capaces de resistir suelos con alta concentración de sales. Por ejemplo Kingsbury y Epstein (1984), seleccionaron diferentes líneas de trigo de primavera a partir de más de 5000 líneas obtenidas en todo el mundo, quedándose con unas 30 líneas de plantas que sobrevivían y llegaban a la madurez

con un riego de agua de mar al 50%. En México, Torres y Bingham (1973), investigaron el efecto de NaCl en trigo, comprobando que la tolerancia a la sal de la variedad Cajeme 71, es dos a cuatro veces mayor que la de otras variedades examinadas. George (1967), investigó la tolerancia a la sal de cebada, trigo y arroz. Trató plántulas de 8 días de edad, de estos tres cereales, con soluciones de diferentes concentraciones de NaCl y CaCl_2 . Encontró que el arroz acumulaba mayor cantidad de Ca y Na que el trigo y el arroz. Harmer *et al.* (1953) investigaron acerca de la respuesta de algunos cultivos como, alfalfa, cebada, avena, tomates, apio, coles, remolacha, al sodio aplicado como NaCl al suelo. Encontraron que esta respuesta varía según el contenido de Na del fertilizante, composición y drenaje del suelo, variedad del cultivo y clima estacional. Truog *et al.* (1953) encontraron que varias plantas de cultivo se desarrollaban mejor con alguna proporción de sodio en la mezcla fertilizante. Por ejemplo el rendimiento de remolacha, zanahoria y apio presentaba un notable incremento con la adición de sodio, y tanto la calidad como el vigor del cultivo mejoraron. La respuesta de cebada y avena fue intermedia, siendo la avena

considerablemente superior a la cebada en su adaptación al sodio aplicado.

Se sabe que las plantas difieren ampliamente en su tolerancia a la salinidad (Ayers y Hayward, 1948; Dewey, 1962; Epstein *et al*, 1980; Epstein, 1985). Los efectos negativos de la salinidad sobre las plantas son variables. Por ejemplo, se ha observado: inhibición y retraso en la germinación de semillas de cultivares de maíz, cebada, porotos, alfalfa (Ayers y Hayward, 1948); en algunas plantas menor crecimiento vegetativo, en otras muerte antes de completar su ciclo vital (Bernstein y Hayward, 1958); disminución del crecimiento, con tallos más cortos en algunos cultivares de cebada, pero conservación de una producción de grano satisfactoria (Ayers *et al*, 1952); efecto similar fue observado en algodón, es decir, menor crecimiento vegetativo y buena producción de semillas. La variabilidad de las plantas en su sensibilidad a la salinidad se ha observado también dentro de una misma especie, lo cual ha permitido seleccionar cultivares capaces de crecer y terminar su ciclo vital en suelos salinos (Ayers *et al*, 1952; Dewey, 1962; Epstein *et al*, 1980; Kingsbury y Epstein, 1984). Por

ejemplo la cebada cv. California Mariout presentó alta tolerancia a la salinidad, produciendo una cantidad satisfactoria de grano, aún cuando se regó durante la mayor parte de su ciclo vital con 500 mM de sal (Ayers *et al.*, 1952). Kingsbury y Epstein (1984), seleccionaron aproximadamente 30 líneas de trigo que crecían en agua de mar al 50%. Sin embargo no existían, en la literatura, estudios sobre las sales como mecanismo de defensa de plantas contra fitófagos.

De acuerdo a lo expuesto en esta tesis y a los resultados de los experimentos, el contenido de sales en las hojas es un mecanismo de defensa contra los áfidos en los cultivares de cereales y potencialmente en las gramíneas silvestres capaces de crecer en suelos salinos, pues:

1. Las sales NaCl y KCl en dietas artificiales son tóxicas para el áfido *S. graminum*, a concentraciones similares a las encontradas en algunas gramíneas silvestres que crecen en suelos salinos.

2. La tasa de crecimiento de *S. graminum* y de *R. padi* disminuye a medida que aumenta la concentración de NaCl en la solución de riego y el contenido de iones sodio y cloruro en las hojas de trigo cv. Onda.

3. La tasa de crecimiento de *S. graminum* disminuye a medida que aumenta la concentración de NaCl en la solución de riego y el contenido de iones sodio y cloruro en las hojas de cebada.

4. Las gramíneas silvestres como *L. multiflorum*, *H. maritimum* y *H. chilense* que crecen en el suelo salino de Lampa son menos atacadas por los áfidos que las que crecen en los suelos normales de Río Clarillo y Lagunillas.

Se podría señalar aquí que las condiciones ambientales, en este caso la salinidad del suelo, estarían determinando la presencia de un mecanismo de resistencia en las plantas analizadas hacia los áfidos. Entonces sería posible, siguiendo la línea de estos experimentos y las indicaciones de Epstein, seleccionar cultivos resistentes a la salinidad aprovechando así suelos áridos o semiáridos y recuperar los niveles de

rendimiento en aquellos suelos agrícolas que se han tornado salinos. De esta manera se podría lograr al mismo tiempo disminuir el ataque de los áfidos hacia el trigo y otros cereales.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Adams, D.A. 1963. Factors influencing vascular plant zonation in North Carolina salt marshes. *Ecology* 44: 445-456.
2. Apablaza, J. U. y Robinson, A. G. 1967. Effects of three species of aphids on barley, wheat or oats at various stages of plant growth. *Can. J. Plant Sci.* 47 : 367-373.
3. Arant, F. S y Jones, C. M. 1961. Influence of lime and nitrogenous fertilizers on the population of greenbugs infesting oats. *J. Econ. Ent.* 44: 121-122.
4. Argandoña, V.H., Luza, J.G., Niemeyer, H.M. y Corcuera, L.J. 1980. Role of the hydroxamic acids in the resistance of cereals to aphids. *Phytochemistry*, 19: 1665-1668.
5. Argandoña, V. H., Niemeyer, H. M. y Corcuera L. J. 1981. Effect of content and distribution of hydroxamic acids in wheat on infestation by the aphid *Schizaphis graminum*. *Phytochemistry*, 20: 673-676.
6. Argandoña, V. H., Peña, G. F., Niemeyer, H. M. y Corcuera L. J. 1982. Effect of cysteine on stability and toxicity to aphids of a cyclic hydroxamic acid from Gramineae. *Phytochemistry*, 21 : 1573-1574.
7. Argandoña, V. H., Corcuera, L. J., Niemeyer, H. M. y Campbell, B. C. 1983. Toxicity and feeding deterrency of hydroxamic acids from Gramineae in synthetic diets against the greenbug *Schizaphis graminum*. *Ent. Exp. and Appl.* 34 : 134-138.

8. Arnold, G. W. y Hill, J. L. 1972. Chemical factors affecting selection of food plants by ruminants. In: "Phytochemical Ecology", J. B. Harborne, Editor, Academic Press Inc. (London).
9. Ayers, A. D y Hayward, H. E. 1948. A method for measuring the effects of soil salinity on seed germination with observations on several crop plants. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 13: 224-226.
10. Ayers, A. D., Brown, J. W. y Wadleigh, C. H. 1952. Salt tolerance of barley and wheat in soil plots receiving several salinization regimes. Agr. J. 44: 307-310.
11. Barnes, R. F., Simond, A. B. y Marten, G. C. 1971. Evaluation of selected clones of *Phalaris arundinacea* L. II. Indole alkaloid derivatives. Agr. J. 63: 507-509.
12. Bates, L. S., Waldren, R. P. y Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and soil 39: 205-207.
13. Bernstein, L. y Hayward, H. E. 1958. Physiology of salt tolerance. Ann. Rev. Plant Physiol. 9: 25-46.
14. Black, C. A. 1975. Salinidad y exceso de sodio en: Relaciones suelo-planta. 1: 391-443. Edit. Hemisferio Sur, Argentina.
15. Branson, T. F. y Simpson R. G. 1966. Effects of a nitrogen-deficient host and crowding on the corn leaf aphid. J. Econ. Ent. 59: 290-293.
16. Bruehl, G.W. y Toko, H. 1957. Host range of two strains of cereal yellow dwarf virus. Plant Dis. Rep. 41: 730-734.

17. Burton, R. L., Simon D. D., Starks, K.J. y Morrison, R. D. 1985. Seasonal damage by greenbugs (Homoptera: Aphididae) to a resistant and a susceptible variety of wheat. *J. Econ. Ent.* 78: 395-401.
18. Coglevic, M. y Urbina-Vidal, C. 1976. Un problema del trigo en la Zona Central: el virus del "enonismo amarillo". *Inv. y Progreso Agrícola*, 8: 20-21.
19. Campos, L., Guerrero, M. A. y Lamborot, L. 1979. Clave de campo para identificar cinco especies de áfidos (*Homoptera: Aphididae*) de los cereales. *Inv. Agrícola (Chile)*, 5: 33-37.
20. Carrigan, L. L., Ohm, H. W. y Foster, J. E. 1983. Barley yellow dwarf virus translocation in wheat and oats. *Crop Science*, 23: 611-612.
21. 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.). *Agric. Técnica* 35: 190-204.
22. Carrillo, R., Mellado, M. y Pino, A. 1974. Los áfidos *Sitobion avenae* (Fab) y *Metopolophium dirhodum* (Walker), su influencia en el rendimiento, ubicación en la planta y sus enemigos naturales. *Agro Sur* 2: 71-85.
23. Carrillo, R. y Zúñiga, E. 1974. Clave para determinar las especies de áfidos (Homoptera: Aphididae) que se encuentran en cereales en Chile. *Agro Sur*, 2: 86-87.

24. Carrillo, R. y Mundaco N. 1976. Efecto del nitrógeno en las poblaciones, progenie y velocidad de desarrollo de los áfidos *M dirhodum* y *S. avenae* en trigo (*Triticum aestivum* L.). Agro-Sur, 4: 15-20.
25. Chadman, H.D. y Pratt, P. F., 1973. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Edit. Trillas, México.
26. Coon, B. F. 1959. Aphid populations on oats grown in various nutrient solutions. J. Econ. Ent. 52: 624-626.
27. Corcuera, L. J., Argandoña, V. H., Peña, G. F., Pérez, F. J. y Niemeyer, H. M. 1982. Effect of a benzoxazinone from wheat on aphids. Proc. 5th. Symp. Insect-Plant Relationship, Wageningen. pp.33-39.
28. Corcuera, L. J. 1984. Effects of indole alkaloids from Gramineae on aphids. Phytochemistry, 23: 539-541.
29. Corcuera, L. J., Queirolo, C. B. y Argandoña, V. H. 1985. Effects of 2-β-D-glucosyl-4-hidroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one on *Schizaphis graminum* Rondani (Insecta, Aphididae) feeding on artificial diets. Experientia, 41: 514-516.
30. Cortázar, R. 1975. Influencia de los áfidos en la disminución del rendimiento del trigo en Chile. Inv. y Progreso Agrícola, 9: 25-30.
31. Coulman, B. E., Woods, D. L. y Clark, K. W. 1977. Distribution within the plant, variation with maturity, and heritability of gramine and hordenine in reed canarygrass. Can. J. Plant. Sci. 57: 771-777.

32. Culvenor, C.C. 1973. Alkaloids. In: Chemistry and Biochemistry of Herbage. (Butler, G. W. and Bailey, R. W., eds.) Vol. 1, p. 375. Academic Press, London.
33. Dewey, D. R. 1962. Breeding crested wheatgrass for salt tolerance. *Crop science*, 2: 403- 407.
34. Dreyer, D. L. y Jones, K.C. 1981. Feeding deterency of flavonoids and related phenolics towards *Schizaphis graminum* and *Myzus persicae*. Aphid feeding deterrents in wheat. *Phytochemistry*, 20: 2489-2493.
35. Ehmann, A. 1977. The van Urk-Salkoski reagent - A sensitive and specific chromogenic reagent for silica gel thin-layer chromatographic detection and identification of indole derivatives. *Journal of Chromatography*, 132: 267-276.
36. Epstein, E. 1972. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. John Wiley and Sons, New York.
37. Epstein, E., Norlyn, J.D., Rush, D.W., Kingsbury, R.W., Kelley, D.B., Cunningham, G.A. y Wrona, A.F. 1980. Saline culture of crops: a genetic approach. *Science*, 210: 399-404.
38. Epstein, E. 1985. Salt-tolerant crops: origins, development, and prospects of the concept. *Plant Soil* 89: 187-198.
39. FAO, 1973. Reconocimiento e investigación de los suelos, Chile. Regiones ecológicas de Chile, basado en la labor de J. Papadakis. Roma. A.G.L.:S.F/CHI 18. Informe técnico Nº 3.
40. Flowers, T. J., Troke, P. F. y Yeo, A. R. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28: 89-121.

41. George L.Y. 1967. Accumulation of sodium and calcium by seedlings of some cereal crops under saline conditions. *Agr. J.* 59:297-299.
42. Gould, F. W. 1968. *Grass Systematics*. Edit. Mc Graw-Hill, Inc. USA.
43. Greenway, H. y Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31: 149-180.
44. Grieve, C. M. y Grattan, S. R. 1983. Rapid assay for determination of water soluble quaternary ammonium compounds. *Plant and Soil* 70: 303-307.
45. Hanson, A. D. 1980. Interpreting the metabolic responses of plants to water stress. *Hort. Science* 15: 623-629.
46. Harmer, P.M., Benne, E.J., Laughlin, W.M. y Key, C. 1953. Factors affecting crop response to sodium applied as common salt on Michigan muck soil. *Soil Science*, 76:1-17.
47. Haseman, L. 1946. Influence of soil minerals on insects. *J. Econ. Ent.* 39: 8-11.
48. Haseman, L. 1950. Controlling insect pests through their nutritional requirements. *J. Econ. Ent.* 43 : 399-401.
49. Hafez, A. A.R, Stout, P.R. y DeVay, J.E. 1975. Potassium uptake by cotton in relation to *verticillium* wilt. *Agr. J.* 67 : 359-361.

50. Herrera, G. y Quiroz, C. 1980. Efecto del virus del enanismo amarillo de la cebada ("Barley Yellow Dwarf Virus") y del áfido *Metopolophium dirhodum* (Walker) en trigo (*Triticum aestivum* L.). Agric. Técnica 40: 12-17.
51. Hitchcock, A.S. 1950. Manual of the grasses of the United States. USA Government Printing office Washington.
52. Hitz, W. D., Ladyman, J.A.R. y Hanson, A. D. 1982. Betaine synthesis and accumulation in barley during field water stress. Crop Science 22: 47-54.
53. Honorato, R. 1975. Caracterización y génesis de algunos suelos del área de Batuco. Ciencia e Inv. Agrario, 2: 11-21.
54. Jackson, M. L. 1964. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.
55. Kendall, W. A. y Sherwood, R. T. 1975. Palatability of leaves of Tall fescue and Reed canarygrass and of some of their alkaloids to meadow voles, Agr. J. 67: 667-671.
56. Kieckhefer, R.W. y Stoner, W. N. 1978. Preferences of four cereal aphids for certain range grasses. Environ. Entomol. 7: 617-618.
57. Kingsbury, R. W. y Epstein E. 1984. Selection for salt-resistant spring wheat. Crop. Sci. 24: 310-315.
58. Kingsbury, R.W., Epstein, E. y Percy, R.W. 1984. Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. Plant Physiol. 74: 417-423.
59. Kingsbury, R. W. y Epstein E. 1986. Salt sensitivity in wheat. Plant Physiol. 80: 651-654.

60. Lomborot, L. y Guerrero, M. A. 1979. Dinámica poblacional de los áfidos de cereales y sus enemigos naturales en la Provincia de Santiago durante los temporadas 1976-1977. *Inv. Agrícola (Chile)*, 52: 23-32.
61. Lora, S. y Zúñiga, E. 1969. *Metapolophium dirhodum* (W), (Homoptera, Aphididae) áfido nuevo para Chile, importante plaga del trigo. *Simiente*, 39: 34-36.
62. Leszczynski, B. 1985. Changes in phenols content and metabolism in leaves of susceptible and resistant winter wheat cultivars infested by *Rhopalosiphum padi* (L) (Hom., Aphididae). *Z. ang. Ent.* 100: 343-348.
63. Leszczynski, B. Warchol, J. y Niraz, S. 1985. The influence of phenolic compounds on the preference of winter wheat cultivars by cereals aphids. *Insect Sci. Applic.* 6: 157-158.
64. Liebhart, C. W. y Munson D. R., 1976. Effect of chloride and potassium on corn lodging. *Agr. J.* 68: 425-426.
65. Marten, G. C., Barnes, R. F., Simons, A. B. y Wooding, F.J. 1973. Alkaloids and palatability of *Phalaris arundinacea* L. grown in diverse environments. *Agr. J.* 65: 199- 201.
66. Navas, L. E. 1973. Flora de la Cuenca de Santiago de Chile, Vol. I. Edit. Andrés Bello, Santiago, Chile.
67. Niraz, S., Leszczynski, B., Ciepiela, A., Urbanska, A. y Warchol, J. 1985. Biochemical aspects of winter wheat resistance to aphids. *Insect Sci. Applic.* 6: 253- 257.
68. Oswald, J.W. y Houston, B. R. 1953a. Host range and epiphytology of the cereal yellow dwarf virus. *Phytopathology*, 43: 309-313.

69. Pike, K. S. y Schaffner, R. L. 1985. Development of Autumn populations of cereal aphids, *Rhopalosiphum padi* (L.) and *Schizaphis graminum* (Rondani) (Homoptera: Aphididae) and their effects on winter wheat in Washington State. J. Econ. Ent. 78:676-680.
70. Piper, C. S., 1955. Soil and plant analysis. Interscience Publishers, Inc., New York.
71. Quiroz, C. 1980. Estudios del complejo áfido-virus en el rendimiento del trigo en el valle centro norte de Chile. Agric. Técnica, 40:1-6.
72. Quiroz, C. 1984. Influencia de la vegetación cordillerana como fuente de enfermedades y áfidos que afectan la producción de trigo. Informe de avance, temporada 1982-83. (Proyecto de investigación Conicyt-INIA). 22 p.
73. Quiroz, C., Zúñiga, E. y Ramírez, A. 1986. Vegetación cordillerana costera y andina como fuente de áfidos (Hom: Aphididae) que afectan la producción de trigo. Agric. Técnica, 46: 271-276.
74. Richards, L. A. 1965. Suelos salinos y sódicos. Manual de Agricultura Nº 60. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Edit. Cultura, México.
75. Ris Lambers, D.H. 1975. Observaciones sobre el problema de los áfidos en Chile. Boletín técnico Nº 9. Universidad de Concepción. Chillón.
76. Simons, A. B. y Marten, G. C. 1971. Relationships of indole alkaloids to palatability of *Phalaris arundinacea*L. Agr. J. 63: 915-919.

77. Stewart, G. R., y Larher, F. 1980. Accumulation of aminoacids and related compounds in relation to enviromental stress in: *The Biochemistry of Plants*. 5: 609-633. Ed. Academic Press. Inc.
78. Stoner, W. N. 1976. Reaction of some grasses to barley yellow dwarf virus. *Plant Dis. Rep.* 60: 593-596.
79. Storie, R. E. 1945. Inventario de suelos de Chile Central. *Agric. Técnica*, 5: 79-94.
80. Taylor, L.F., Apple, J.W. y Berger, K.C. 1952. Response of certain insects to plants grown on varying fertility levels. *J. Econ. Ent.* 45: 843-848.
81. Tollenaar, H. y Hepp, R. 1972. Presencia del virus causante del enanismo amarillo de la cebada ("Barley yellow dwarf virus") en Chile. *Agric. Técnica*, 32: 137-141.
82. Torres, C. y Bingham, F.T. 1973. Salt tolerance of mexican wheat: I. Effect of NO_3^- and NaCl on mineral nutrition, growth, and grain production of four wheats. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 37: 711-715
83. Truog, E., Berger, K.C. y Attoe, O.J. 1953. Response of nine economic plants to fertilization with sodium. *Soil Science*, 76: 41-50.
84. Vargas, R. R. 1981. Hospederos secundarios de los áfidos del trigo. *Agric. Técnica*, 41: 269- 271.

85. Watson, M.A. y Mulligan, T. 1960. Comparison of two barley yellow dwarf viruses in glasshouse and field experiments. *Ann. Appl. Biol.* 48: 559-574.
86. Wensler, R. J. D. 1962. Mode of host selection by an aphid. *Nature*, 195: 830-831.
87. Woodhead, S., Padgham D. E. y Bernays, E. A. 1980. Insect feeding on different sorghum cultivars in relation to cyanide and phenolic acid content. *Ann. appl. Biol.* 95: 151-157.
88. Woods, D.L., Hovin, A.W. y Marten, G.C. 1979. Seasonal variation of hordenine and gramine concentrations and their heritability in reed canarygrass. *Crop Science*, 19: 853-857.
89. Woodward, M. D., Corcuera, L. J., Helgeson, J. P. , Kelman, A. y Upper, C. D. 1979. Quantitation of 1,4-benzoxazin-3-ones in maize by gas-liquid chromatography. *Plant Physiol.* 63: 14-19.
90. Wooldridge, A.W. y Harrison, F.P. 1968. Effects of soil fertility on abundance of green peach aphids on Maryland tobacco. *J. Econ. Ent.* 61: 387-391.
91. Wyn Jones, R.G. y Storey, R. 1978. Salt stress and comparative physiology in the gramineae. IV. Comparison of salt Stress in *Spartina x townsendii* and three barley cultivars. *Aust. J. Plant Physiol.* 5: 839-850.
92. Zúñiga, G. E., Argandoña, V. H., Niemeyer, H. M. y Corcuera, L.J. 1983. Hydroxamic acid content in wild and cultivated Gramineae. *Phytochemistry*, 22: 2665-2668.

93. Zúñiga, G.E., Salgado, M.S. y Corcuera, L.J. 1985. Role of an indole alkaloid in the resistance of barley seedlings to aphids. *Phytochemistry*, 29: 945-947.
94. Zúñiga, G.E. y Corcuera, L.J. 1986. Effect of gramine in the resistance of barley seedlings to the aphid *Rhopalosiphum padi*. *Entomol. exp. appl.* 40: 259-262.
95. Zúñiga, G. E. y Corcuera, L. J. 1987. Glycine-betaine accumulation influences susceptibility of water stressed barley to the aphid *Schizaphis graminum*. *Phytochemistry*, in press.
96. Zúñiga-S, E. 1976. Pulgones en el trigo. *Inv. y Progreso Agrícola*, 8: 16-19.