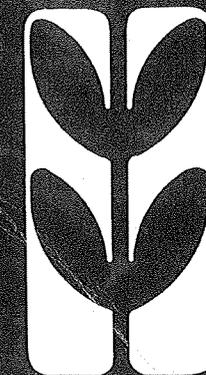


CIENCIA E INVESTIGACIÓN AGRARIA



Volumen 20 N° 1

Enero-Abril 1993

ISSN 0304-5609

C O N T E N I D O

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

- Adaptación a la Zona Central de Chile de una nueva generación de genotipos de soya. **Patricio C. Parodi e Isabel M. Nebreda.** 3
- Evaluación de sistemas de conducción en vides destinadas a la producción de pisco. **Philippo Pszczolkowski, Patricio Azócar, Gonzalo Gallegos, Cecilia Pino y Luis G. Sazo.** 19
- Validación experimental de un modelo de simulación para el diseño, operación y evaluación del riego por surcos. **Luis Gurovich** 33
- Efecto de micorrizas V-A sobre la fijación de N₂ en trébol blanco en suelos de la Zona Sur de Chile. **Horacio Urzúa, Patricio Muñoz y Fernando Borie.** 47
- Efecto de la ubicación del fruto sobre el rendimiento de semilla en tomate (*Lycopersicon esculentum*). **Verónica Valdés y Patricia Anguita** 55
- Predicción del consumo de materia seca en bovinos a partir del comportamiento ruminal y contenido de fibra detergente neutro (FDN) de los alimentos. **Pablo Chilibroste, Claudio Aguilar y Fernando García** 61
- Capturas de *Agrotis ipsilon*, *Heliothis zea* y *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: noctuidae) con trampas de feromonas sintéticas en la región metropolitana. **Jaime U. Apablaza y Aldo L. Norero** 73
- ### NOTA DE INVESTIGACIÓN
- Endemismo y distribución de la flora de Illapel, IV Región, Chile. **Miguel Ángel Trivelli.** 83



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Ciencia e Investigación Agraria

COMITÉ EDITOR

Fernando García
Ricardo Honorato

Christian Krarup
Eugenia Muchnik

Jorge Pérez
Horacio Urzúa, Editor

Bárbara Sommer
Patricia Breinbauer
Secretaría

PROPIETARIO FACULTAD DE AGRONOMÍA
Pontificia Universidad Católica de Chile

Representante legal: Juan de Dios Vial C.
Director Responsable: Eduardo Venezian Leigh

Oficinas: Vicuña Mackenna 4860. Santiago, Chile

REVISTA CIENCIA E INVESTIGACIÓN AGRARIA
Facultad de Agronomía. Casilla 6177, Santiago, Chile

SUSCRIPCIONES: Terms of subscription:
Chile:
\$ 4.500 por suscripción anual

Extranjero:
Other countries:
US\$ 35 anual subscription

Se autoriza la reproducción y cita del material que aparece en *Ciencia e Investigación Agraria*, siempre que se indique el nombre del autor(es), año, volumen, número y páginas del cual se obtiene. Las opiniones y afirmaciones expuestas en los trabajos representan exclusivamente los puntos de vista de los autores. La mención de productos o firmas comerciales en la revista no implican una recomendación por parte de la Universidad.

NORMAS PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS

La revista estará abierta a recibir colaboraciones de autores de otras universidades o institutos de investigación. Los trabajos enviados deberán ceñirse a las normas de publicaciones de la Revista y estarán sujetos a revisión por el Comité Editor o la persona que éste designe, antes de ser publicados.

Cada artículo debe constar de las siguientes partes: a) Título; b) Autor; c) Institución o unidad académica en que se realizó el trabajo; d) Summary; e) Introducción; f) Materiales y Métodos; g) Presentación de resultados y discusión; h) Conclusiones; i) Resumen, y j) Literatura citada.

Los trabajos deben ser mecanografiados a doble espacio, numerándose todas las páginas, incluso las de cuadros y figuras, debiéndose entregar un original y dos copias. Los cuadros deben ser lo más simple posibles, sólo con los datos esenciales. Cada Cuadro debe ser entregado en hoja aparte, con los pesos y medidas expresados en sistema métrico decimal y las temperaturas en grados Celcius. La leyenda debe ser mecanografiada en hoja aparte. Las fotografías deben ir con su título respectivo. El aumento correspondiente a las microfotografías debe indicarse en la leyenda. Figuras, gráficos, etc., deben ser dibujados en papel diamante con tinta china negra (no se aceptará escritura a máquina sobre este material). Se seguirán las normas establecidas por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA).

Título: En mayúscula y con su traducción en inglés.

Autor: Nombre de pila y primer apellido. No se usarán títulos ni grados académicos. La información adicional puede hacerse en notas al pie de la página. Primera letra del nombre y apellido en mayúsculas. Los nombres de los autores separados por coma.

Introducción: En ella se indicará el interrogante o problemática y las razones por las cuales se plantea.

Notas al pie de página: Deben enumerarse en forma continua a través de todo el artículo.

Citas en Literatura: Como normas generales se usarán las indicadas por el Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola (IICA) de la OEA

(Redacción de Referencias Bibliográficas). Se harán en el texto de dos formas, dependiendo de la estructura de la frase.

1) Brown (1948) demostró en la cabra montés, y McClintock (1949 a, b) y Best *et al.* (1951) en bovinos, que...

2) Se ha demostrado en la cabra montés (Brown, 1948), como también en bovinos (McClintock, 1949 a, b; Best *et al.* 1951).

En la lista de literatura citada se tomarán en cuenta las siguientes normas:

Se posponen las iniciales de los nombres de los autores sólo para citar al primero de cada referencia. La lista de citas se hará por orden alfabético. Se usa el orden cronológico cuando existen varias publicaciones de los mismos autores, siempre que el nombre de los autores esté dado en el mismo orden. Sólo la primera palabra y los nombres propios comienzan con letras mayúsculas.

CIE
INV
AG

CIEN. INV. AGR.
VOL. 20
1993.

Volume 20 N°

193

PUC

RESEARCH

The adaptatio
Parodi and I

3

Evaluation of
Pszczolkowski

19

Experimental
furrow irrigat

33

Effect of V-A
Region of Cl

47

Effect of fruit
Verónica Va

55

Prediction of
fiber contents

61

Agrotis ipsilo
trapping in t

73

RESEARCH NOTES

Endemic taxa and distribution of the flora of Illapel, IV Region, Chile. Miguel Ángel
Trivelli

83

T.T. Negra

ADAPTACIÓN A LA ZONA CENTRAL DE CHILE DE UNA NUEVA GENERACIÓN DE GENOTIPOS DE SOYA

THE ADAPTATION IN CENTRAL CHILE OF A NEW GENERATION OF
SOYBEAN GENOTYPES

PATRICIO C. PARODI e ISABEL M. NEBREDÁ

Departamento de Ciencias Vegetales

Facultad de Agronomía

Pontificia Universidad Católica de Chile

Casilla 306, Correo 22, Santiago

Summary

Sixty five soybean genotypes of US origin, 21 belonging to maturity group (MG) I, 20 to MG II and 24 to MG III, were analyzed planted in spring at Pirque, RM, Chile, 33°40' lat S and 70°36' long W, 645 m above sea level. Evaluations were made on the agronomic characters mature plant height, reaction to lodging, days from planting to maturity, grain moisture at harvest and yield adjusted to 8% moisture, and the industrial characters oil and protein content expressed on a dry matter basis. Oil and protein yield were also calculated.

Results showed that in general genotypes were well adapted to the location. However, planted in spring, the full season material (MG III) yielded better than earlier genotypes (MG I and II). There were no large variations in oil and protein content associated to MG, although the material varied within MG. The mean seed yield of genotypes in MG I, II and III was 2304, 2566 and 3817 kg · ha⁻¹, respectively. The mean oil yield of genotypes in MG I, II and III was 428, 477 and 676 kg · ha⁻¹, respectively, and the mean protein yield from these MG was 831, 869 and 1400 kg · ha⁻¹, respectively

INTRODUCCIÓN

La soya, *Glycine max* (L.) Merrill ocupa el primer lugar en el mundo como cultivo oleaginoso. No obstante, es su afrecho, con alto contenido de proteína, utilizado en alimentación humana y animal, el principal producto derivado de esta especie; el aceite, a pesar de ser un subproducto, domina el mercado mundial de los aceites vegetales, y prácticamente fija el precio de referencia de los otros aceites vegetales como maravilla, canola, palma, maíz, maní, etc.

Se registran tres intentos por introducir a la soya como cultivo comercial en Chile, todos

fracasados por diferentes causas. El primero se produjo en la década de los años 40 y no prosperó. El segundo ocurrió hace unos 35 años, cuando la soya se consideraba un cultivo oleaginoso, se desconocía la importancia de su proteína y no existía la infraestructura industrial para procesarla. Este esfuerzo también fracasó porque el contenido de aceite de la soya de esos tiempos, alrededor del 15%, no hacía competitivo al cultivo con la maravilla, la principal fuente de aceite vegetal entonces vigente, cuyo contenido de aceite era aproximadamente 42%. La tercera instancia de introducción de la soya ocurrió en la década de los 70, cuando una empresa nacional instaló capacidad industrial para procesar la producción de unas 25.000 ha de soya. Desafortunadamente esa empresa quebró, por razones del todo ajenas a la soya, y nuevamente el cultivo desapareció.

No obstante, los investigadores nacionales han mantenido su interés en la soya y la investigación conducida durante muchos años ha demostrado que la especie es un cultivo enteramente viable dentro de la agricultura nacional de riego.

En el intertanto, sin embargo, han ocurrido importantes cambios en el germoplasma de soya desarrollado por los investigadores estadounidenses. Nuevos genotipos derivados de metodologías de fitomejoramiento convencional e ingeniería genética presentan características agronómicas, nutricionales e industriales que los diferencian considerablemente de los que estaban disponibles hace 10 años. Por ejemplo, se han creado cultivares denominados PRH (plantas resistentes a herbicidas) que implican cambios importantes en el manejo tradicional de la soya, los cuales deben ser conocidos en caso de su eventual reintroducción a la agricultura chilena.

El objetivo de esta investigación fue analizar 65 genotipos de soya de última generación, para evaluar su comportamiento agronómico y su potencial de producción de aceite y proteína, de tal manera de identificar a los que presenten características equilibradamente superiores, para con posterioridad determinar metodologías de manejo que permitan optimizar su productividad agronómica e industrial.

REVISIÓN DE LITERATURA

La soya pertenece a la familia Leguminosae, subfamilia Papilionideae, y al género *Glycine* L. La forma cultivada es *Glycine max* (L.) Merrill. Su origen e historia inicial son desconocidos (Probst y Judd, 1973).

El interés mundial en la soya está dado por su característica de producir un mayor rendimiento de proteína por unidad de superficie que cualquiera otra fuente vegetal o animal, mientras que al mismo tiempo suministra calorías. A pesar que es considerado un cultivo industrial, puede también ser usado directamente como alimento humano. La capacidad de la soya de proveer sus propias necesidades de nitrógeno a través de simbiosis con la bacteria fijadora de nitrógeno *Rhizobium japonicum*, y de dejar en el suelo una importante cantidad de nitrógeno para el cultivo siguiente es de igual interés en esta etapa de alto costo de los fertilizantes

(Parkman, 1975). Esto por sí solo puede hacer al cultivo importante, y se transforma en un factor clave en el desarrollo de sistemas de cultivos enfocados al uso limitado de fertilizantes y otros productos químicos.

A este respecto, la investigación nacional ha demostrado que la fijación de nitrógeno atmosférico mediante la simbiosis soya - *Rhizobium* es suficiente para producir una alta expresión del potencial de rendimiento de los cultivares, sin necesidad de agregar nitrógeno al suelo; más aún, la aplicación de fertilizantes nitrogenados mostró la tendencia a deteriorar los rendimientos. Fue también evidente que en los suelos chilenos, donde la bacteria no existe en forma natural, no es posible lograr rendimientos aceptables con este cultivo sin inocular la semilla o al suelo con *Rhizobium japonicum* (Parodi *et al.*, 1981).

Retomando el aspecto nutricional, la proteína de soya está por debajo de la del pescado, carne, leche entera y huevos, pero es superior a la de los cereales. Adecuadamente procesada la calidad de la proteína de soya es casi igual a la caseína, la principal proteína de la leche. En general, la proteína de soya satisface los requerimientos proteicos del adulto, aun bajo ingesta limitada de nitrógeno. En niños y adolescentes la proteína de soya debe ser suplementada con el aminoácido esencial sulfurado metionina para alcanzar un adecuado equilibrio de nitrógeno o retención neta de nitrógeno cuando la ingesta total de este elemento es limitada. No obstante, con ingestas comparativamente mayores de proteína, el bajo contenido de metionina de la soya no es un factor nutricional limitante. Un principio nutricional con frecuencia olvidado es que las deficiencias que resultan de una ingesta de proteína de baja calidad pueden ser superadas aumentando la cantidad. En consecuencia, al aumentar la disponibilidad de cualquier proteína en la dieta es posible superar algunos problemas de calidad proteica (Bentley, 1975).

El aceite de soya ha tenido un gran impacto en la dieta mundial. En los Estados Unidos provee casi 60% de la grasa consumida, dentro de la cual el aceite de soya parcialmente hidrogenado contribuye con dos tercios del total (Emken, 1979). Tanto el aceite de soya como el aceite parcialmente hidrogenado son bien absorbidos y son buenas fuentes tanto de vitamina E como del ácido graso esencial poliinsaturado,

ácido linoleico (Krishnamurthy, 1979). Este ácido graso se encuentra en proporción relativamente estable del 48 a 52%. El contenido de los otros ácidos grasos es en promedio, ácidos esteárico y palmítico 15%, ácido linolénico 5 a 8%, y ácido oleico 26% (Howell, 1988). Los componentes no-triglicéridos en el aceite de soya alcanzan del 5 al 10%, e incluyen fosfatidas, ácidos grasos libres, esteroides, pigmentos, etc. (Daubert, 1950).

El afrecho de soya es ampliamente utilizado en el mundo y en Chile para alimentación animal debido a sus características nutricionales y energéticas, reconocidas en bovinos, porcinos y aves (National Academy of Sciences, 1969). La calidad nutricional de este producto justifica su difundido empleo en dietas animales, lo que ha sido reconocido por la industria nacional, la cual lo utiliza masivamente en raciones alimenticias, importándolo con un gasto considerable de divisas.

La producción local de soya, en consecuencia, podría representar una considerable economía para el país. Existe suficiente información agronómica para sostener que su cultivo es viable bajo las condiciones agroecológicas de la zona central regada (Nebreda, Parodi y Campos, 1982; Parodi y Nebreda, 1984). No obstante, la información vigente respecto a cultivares puede sufrir de obsolescencia debido a que está referida a una generación anterior de genotipos, la que en la actualidad ha sido reemplazada por nuevos productos de mayor rendimiento, valor nutritivo y calidad industrial, a los que el país no ha tenido acceso debido a una generalizada paralización de la investigación en esta especie.

Es posible, incluso, que algunas de las tecnologías de manejo determinadas como adecuadas para maximizar el potencial de rendimiento del germoplasma sobre el cual se definieron (Nebreda, Parodi y Gurovich, 1983; Parodi y Nebreda, 1982; Parodi y Nebreda, 1984; Parodi, Nebreda, Álvarez y Undurraga, 1981; Zúñiga, Nebreda y Parodi, 1981), deban ser modificadas para acomodar las características de los nuevos genotipos que hoy están disponibles. El control de malezas, por ejemplo, problema recurrente de la agricultura chilena, puede tener que ser enteramente revisado tanto por la creación de plantas resistentes a herbicidas no selectivos (PRH), como por la existencia de nuevos herbicidas biológicos y químicos. La respuesta de los genotipos a un nuevo producto

orgánico estimulador del rendimiento también debe ser evaluada.

En consecuencia, sobre los cimientos de la información vigente es necesario construir una nueva base de datos para conseguir máxima eficiencia y rentabilidad del cultivo de la soya si éste fuera definitivamente introducido al país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se introdujeron desde Estados Unidos 65 genotipos de soya, 21 pertenecientes al grupo de madurez GM I, 20 al GM II y 24 al GM III, los niveles de precocidad considerados como más adecuados para ser cultivados en la Zona Central regada de Chile.

El germoplasma fue sembrado como cultivo de primavera en la Estación Experimental de Pirque de la Pontificia Universidad Católica de Chile, en tres experimentos simultáneos en que se agruparon los genotipos de acuerdo a su precocidad.

Se usó el diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las parcelas estuvieron constituidas por dos surcos de 5 m de largo separados a 0,50 m, usando una dosis de semilla equivalente a 600.000 plantas por hectárea. La semilla se inoculó con *Rhizobium japonicum* de origen estadounidense. Se fertilizó con 90 kg · ha⁻¹ de P₂O₅ y 36 kg · ha⁻¹ de nitrógeno como fosfato diamónico incorporado antes de la siembra. El suelo se trató con el insecticida Furadan 10-G² (Carbofurano) en dosis de 40 kg · ha⁻¹ aplicado al surco. La maleza se controló con el herbicida Lasso (alachlor) en dosis de 4 L · ha⁻¹ aplicado de presembrado incorporado y posteriormente con una limpia mecánica. Los insectos del follaje se controlaron con aplicaciones alternadas de Belmark 35 L E (fenvalerato) y Metasystox i 250 EC (demeton-S-metil) en dosis de 200 y 600 cm³ · ha⁻¹, respectivamente, con un total de siete aplicaciones entre el 18 de diciembre de 1990 y el 4 de marzo de 1991. Se aplicó un total de 14 riegos con intervalos de aproximadamente ocho días.

La cosecha se inició cuando la mayoría de

² La mención de un producto comercial no indica su preferencia o endoso por parte de la Pontificia Universidad Católica de Chile por sobre otros productos similares que existan en el mercado.

los genotipos de un determinado experimento había perdido sus hojas, y el 95% de las vainas había alcanzado color café.

Las observaciones realizadas y sus unidades de medición se presentan en el Cuadro 1.

CUADRO 1
OBSERVACIONES Y UNIDADES DE MEDICIÓN
Observations and units of measurement

Observación <i>Observation</i>	Unidad de medición Unit of measurement
Altura de planta adulta	cm
Tendedura	1 a 5, 1 = plantas totalmente erectas; 5 = plantas totalmente tendidas
Días a madurez	Días de siembra a cosecha
Humedad del grano	Porcentaje
Rendimiento	Gramos por parcela
Rendimiento	kg · ha ⁻¹ corregido a 8% de humedad
Contenido de aceite	Porcentaje
Contenido de proteína	Porcentaje
Rendimiento de aceite	kg · ha ⁻¹
Rendimiento de proteína	kg · ha ⁻¹

Cada variable, excepto contenido y rendimiento de proteína y aceite, fue sometida a un análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan a nivel de 5%. Los contenidos de proteína y aceite se analizaron sobre un compuesto de las tres repeticiones y por lo tanto no fueron susceptibles a análisis estadístico. El contenido de aceite y proteína se determinó sobre la base de materia seca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el propósito de simplificar las comparaciones entre genotipos pertenecientes a diferentes grupos de madurez, los datos se presentan por variable analizada.

Altura de planta adulta

Las alturas de planta adulta, separando los genotipos por grupos de madurez, se presentan en el Cuadro 2. Se observó variación en la altura de planta adulta dentro de los genotipos analizados en cada GM. Así, en el GM I la altura presentó un rango entre 66,7 y 111,7 cm, con un promedio de 86,1 cm. El rango de altura dentro de los genotipos pertenecientes al GM II

estuvo entre 63,3 y 156,7 cm, con un promedio de 103,2 cm. En el GM III el rango de altura estuvo entre 60,0 y 126,7 cm, con un promedio de 101,4 cm. Se observó, en consecuencia, una altura de planta adulta comparativamente menor en los genotipos más precoces, y alturas similares en los genotipos de los GM II y III.

Tendedura

La capacidad de los genotipos de permanecer erectos hasta la madurez, expresada como su valor de tendadura, se presenta en el Cuadro 3.

El rango de reacción a la tendadura dentro de GM I estuvo entre 1,0 y 3,0, con un promedio de 1,36. Se observaron 10 genotipos que no presentaron tendadura, y nueve cuyo valor fue de 1,5. En el GM II, el rango de los niveles de tendadura se observó entre 1,0 y 2,8, con un promedio de 1,74. Sólo dos cultivares no presentaron tendadura, y ocho estuvieron entre 1,2 y 1,8. En el GM III el rango de los niveles de tendadura se observó entre 1,0 y 3,5, con un promedio de 1,65. Sólo dos genotipos no presentaron tendadura, no obstante, 18 estuvieron entre 1,2 y 1,8.

Se puede apreciar que el nivel general de tendadura fue bajo, menor en los cultivares más

CUADRO 2
ALTURA DE PLANTA ADULTA DE 65 GENOTIPOS DE SOYA
PERTENECIENTES A LOS GRUPOS DE MADUREZ
I, II Y III

Mature plant height of 65 soybean genotypes belonging to maturity groups I, II and III

Grupo de madurez I		Grupo de madurez II		Grupo de madurez III	
Genotipo <i>Genotype</i>	Altura de planta <i>Plant height</i> (cm)	Genotipo <i>Genotype</i>	Altura de planta <i>Plant height</i> (cm)	Genotipo <i>Genotype</i>	Altura de planta <i>Plant height</i> (cm)
1	96,7 b ¹	31	86,7 g	61	113,3 abc
2	68,3 f	32	86,7 g	62	120,0 abc
3	66,7 f	33	116,7 b	63	98,3 f
4	81,7 de	34	101,7 de	64	100,0 ef
5	96,7 b	35	121,7 b	65	96,7 fg
6	76,7 e	36	105,0 cd	66	108,3 de
7	86,7 cd	37	96,7 ef	67	60,0 j
8	90,0 c	38	96,7 ef	68	88,3 ghi
9	81,7 de	39	91,7 fg	69	121,7 ab
10	66,7 f	40	63,3 i	70	95,0 fgh
11	76,7 e	41	96,7 ef	71	95,0 fgh
12	101,7 b	42	76,7 h	72	120,0 abc
13	101,7 b	43	96,7 ef	73	110,0 d
14	78,3 e	44	86,7 g	74	86,7 hi
15	96,7 b	45	156,7 a	75	60,0 j
16	111,7 a	46	116,7 b	76	91,7 fgh
17	76,7 e	47	108,3 c	77	108,3 de
18	101,7 b	48	121,7 b	78	88,3 ghi
19	81,7 de	49	120,0 b	79	121,7 ab
20	76,7 e	50	116,7 b	80	83,3 i
21	96,7 b			81	108,3 de
				82	120,0 abc
				83	111,7 cd
				84	126,7 a

¹ Los valores unidos por la misma letra, en cada columna, no son estadísticamente diferentes, Duncan 0,05.

precoces y también de menor altura y algo mayor en los GM II y III. La mayoría de los genotipos demostró una reacción a la tendadura (2,0) que permite su cultivo comercial bajo las condiciones en que se condujo esta investigación.

Precocidad

La precocidad estimada como días desde siembra a madurez, para cada GM, se presenta en el Cuadro 4.

Como era predecible, la precocidad de los genotipos presentó diferencias entre GM. Así, en el GM I el rango de precocidad se extendió entre 82,7 y 104,0 días entre siembra y madu-

rez, con un promedio de 94,4 días. En el GM II el rango fluctuó entre 104,0 y 126,3 días entre siembra y madurez, con un promedio de 116,5 días. En el GM III el rango estuvo entre 105,7 y 128,0 días entre siembra y madurez, con un promedio de 119,1 días. En consecuencia, entre los GM I y II hubo en promedio una diferencia de precocidad de 22,1 días; entre los GM II y III la diferencia fue de sólo 2,6 días, y entre los GM I y III la diferencia de precocidad fue de 24,7 días.

Esta información señala que las diferencias de precocidad entre los genotipos de los GM II y III analizados fueron en promedio de baja magnitud, y de ser consistentes no deberían

CUADRO 3
REACCIÓN A LA TENEDURA DE 65 GENOTIPOS DE SOYA
PERTENECIENTES A LOS GRUPOS DE MADUREZ
I, II Y III

*Lodging reaction of 65 soybean genotypes belonging
to maturity groups I, II and III*

Grupo de madurez I		Grupo de madurez II		Grupo de madurez III	
Genotipo	Tenedura	Genotipo	Tenedura	Genotipo	Tenedura
Genotype	Lodging (1-5)	Genotype	Lodging (1-5)	Genotype	Lodging (1-5)
1	1,8 cd ¹	31	1,0 f	61	1,0 e
2	1,2 ef	32	1,7 cdef	62	1,5 de
3	1,0 f	33	1,8 bcdef	63	1,3 de
4	1,5 de	34	1,7 cdef	64	1,5 de
5	1,8 cd	35	2,0 abcde	65	1,2 de
6	1,0 f	36	1,0 f	66	1,2 de
7	1,2 ef	37	1,8 bcdef	67	1,0 e
8	2,3 b	38	2,3 abcd	68	1,7 cde
9	1,3 ef	39	1,5 def	69	2,3 bc
10	1,0 f	40	1,8 bcdef	70	1,2 de
11	1,0 f	41	2,0 abcde	71	1,5 de
12	2,0 bc	42	1,8 bcdef	72	3,0 ab
13	3,0 a	43	1,2 ef	73	1,5 de
14	1,5 de	44	1,7 cdef	74	1,2 de
15	1,3 ef	45	2,7 ab	75	1,2 de
16	1,2 ef	46	2,8 a	76	1,5 de
17	1,3 ef	47	2,5 abc	77	1,8 cd
18	1,3 ef	48	2,7 ab	78	1,7 cde
19	1,8 cd	49	2,3 abcd	79	2,8 ab
20	1,0 f	50	2,2 abcd	80	1,3 de
21	1,3 ef			81	1,5 de
				82	1,7 cde
				83	1,5 de
				84	3,5 a

¹ Los valores unidos por la misma letra, en cada columna, no son estadísticamente diferentes, Duncan 0,05.

constituir por sí solos criterio de selección que permita discriminar entre genotipos.

No obstante, si se consideran los extremos dentro de cada grupo de madurez, las diferencias se hacen mayores. Así, por ejemplo, el genotipo más precoz en el GM I, 82,7 días de siembra a madurez, pudo ser cosechado 21 y 43 días antes, respectivamente que los genotipos más precoz y más tardío del GM II, y 23 y 46 días antes, respectivamente, que los genotipos extremos del GM III. Hubo además algún traslape de los genotipos extremos entre GM, lo que sugiere que la clasificación de origen, determinada bajo condiciones agroecológicas diferentes a las nacionales, puede variar por influencia de factores ambientales y de manejo

locales, entre los que pueden mencionarse las noches más frías y el riego.

Humedad del grano a la cosecha

La humedad de los granos a la cosecha tiende a no ser crítica en los genotipos precoces, y si no hay riesgo de desgrane, la cosecha puede atrasarse hasta que el genotipo alcance la humedad adecuada. En los cultivares más tardíos, sin embargo, postergar la cosecha para esperar que el genotipo disminuya el contenido de humedad de sus semillas puede no ser práctico, ya que la menor temperatura y aumento de la humedad ambiental pueden dificultar el proceso de secado natural de los granos, y el riesgo de precipitaciones en general obliga a cosechar

CUADRO 4
PRECOCIDAD, EXPRESADA COMO DÍAS DE SIEMBRA A MADUREZ, DE 65 GENOTIPOS DE SOYA
PERTENECIENTES A LOS GRUPOS DE MADUREZ I, II Y III

*Earliness, measured as days from planting to maturity, of 65 soybean genotypes
belonging to maturity groups I, II and III*

Grupo de madurez I		Grupo de madurez II		Grupo de madurez III	
Genotipo	Días a madurez	Genotipo	Días a madurez	Genotipo	Días a madurez
Genotype	Days to maturity	Genotype	Days to maturity	Genotype	Days to maturity
1	98,0 c ¹	31	112,0 i	61	120,0 efg
2	94,3 ef	32	114,7 h	62	122,0 cd
3	89,7 h	33	125,0 b	63	113,7 k
4	94,3 ef	34	123,7 c	64	114,0 k
5	96,0 d	35	123,3 c	65	109,7 l
6	86,7 i	36	104,0 l	66	115,7 j
7	93,7 fg	37	112,7 i	67	123,0 c
8	93,7 fg	38	112,3 i	68	119,0 ghi
9	94,3 ef	39	115,0 h	69	121,0 def
10	86,0 i	40	126,3 a	70	118,3 hi
11	94,0 fg	41	105,7 jk	71	107,0 m
12	99,7 b	42	105,0 k	72	125,7 b
13	100,3 b	43	121,7 d	73	121,3 de
14	95,3 de	44	107,0 j	74	119,0 ghi
15	98,3 c	45	122,0 d	75	105,7 m
16	82,7 j	46	119,3 fg	76	117,7 i
17	93,0 g	47	118,7 g	77	122,3 cd
18	104,0 a	48	120,7 e	78	118,3 hi
19	96,0 d	49	120,0 ef	79	128,0 a
20	93,3 fg	50	120,0 ef	80	119,7 fgh
21	100,0 b			81	122,3 cd
				82	126,0 b
				83	121,0 def
				84	127,7 a

¹ Los valores unidos por la misma letra, en cada columna, no son estadísticamente diferentes, Duncan 0,05.

mientras se pueda operar la maquinaria en el campo.

El contenido de humedad de los granos a la cosecha de los 65 genotipos analizados se presenta en el Cuadro 5. Los genotipos pertenecientes al GM I presentaron un rango de humedad desde 10,4 hasta 14,4%, con un promedio de 11,5%. En el material incluido en el GM II, el rango de humedad de los granos a la cosecha fluctuó entre 11,1 y 15,7% con un promedio de 13,3%. En el GM III el rango de humedad de los granos de los genotipos analizados estuvo entre 10,9 y 21,7%, con un promedio de 13,8%.

Hubo en consecuencia diferencias entre los GM, produciéndose la relación esperada en el sentido que los genotipos pertenecientes al GM I presentaron sus granos con menor contenido de humedad que los genotipos más tardíos. La diferencia entre los GM I y II fue 1,8 puntos porcentuales; entre los GM II y III esta diferencia fue de sólo 0,5 puntos porcentuales, entre los GM I y III la diferencia fue de 2,3 puntos porcentuales.

En Chile no existen normas de comercialización respecto a la humedad del grano de la soya. Las normas vigentes para las dos especies

CUADRO 5
HUMEDAD DEL GRANO A LA COSECHA DE 65 GENOTIPOS DE SOYA PERTENECIENTES
A LOS GRUPOS DE MADUREZ I, II Y III

Harvest grain moisture of 65 soybean genotypes belonging to maturity groups I, II and III

Grupo de madurez I		Grupo de madurez II		Grupo de madurez III	
Genotipo	Humedad del grano	Genotipo	Humedad del grano	Genotipo	Humedad del grano
Genotype	Grain moisture %	Genotype	Grain moisture %	Genotype	Grain moisture %
1	12,5 c ¹	31	14,9 abc	61	12,1 efghij
2	11,6 de	32	14,5 abcd	62	12,0 efghij
3	10,9 defg	33	14,6 abcd	63	13,3 def
4	11,3 def	34	15,7 a	64	12,6 defgh
5	11,0 defg	35	13,4 def	65	13,4 de
6	10,4 g	36	14,2 bcde	66	11,8 ghij
7	11,4 de	37	13,2 defg	67	10,9 j
8	11,4 de	38	12,4 fgh	68	13,0 defg
9	11,3 def	39	12,7 efgh	69	16,9 b
10	10,6 fg	40	11,1 i	70	13,0 defg
11	10,5 g	41	13,3 defg	71	12,5 defghi
12	11,7 d	42	11,9 ghi	72	21,1 a
13	11,2 defg	43	12,9 efgh	73	12,5 defghi
14	11,0 defg	44	11,6 hi	74	11,2 ij
15	11,5 de	45	12,4 fgh	75	12,5 defghi
16	13,6 b	46	12,6 efgh	76	12,8 defg
17	10,8 efg	47	15,2 ab	77	15,3 c
18	11,3 def	48	11,6 hi	78	13,9 d
19	11,3 def	49	13,4 cdef	79	21,7 a
20	11,2 defg	50	14,4 abcd	80	12,0 efghij
21	14,4 a			81	11,7 ghij
				82	11,9 fghij
				83	11,4 hij
				84	21,6 a

¹ Los valores unidos por la misma letra, en cada columna, no son estadísticamente diferentes, Duncan 0,05.

oleaginosas que se cultivan en el país indican 9% para el raps y 8% para la maravilla. Ambos valores imponen una exigencia exagerada sobre los productores, ya que es difícil que se alcance en forma natural ese contenido de humedad sin que se produzca desgrane y/o daño de pájaros. No obstante, considerando que la soya se debería cultivar en la misma región geográfica en que se siembra maravilla, es dable suponer que también se fijaría como valor estándar 8%. Dentro de los cultivares analizados no se identificó alguno que presentara ese nivel de humedad de sus granos a la cosecha, lo

que implica que puede ser necesario adelantar la fecha de siembra en los tres GM, y posiblemente también atrasar la fecha de cosecha de los genotipos de los GM I y II. Debe considerarse también el uso de desecantes químicos, observando su efecto sobre un eventual desgrane.

Rendimiento de semilla ajustado a 8% de humedad

El rendimiento de los 65 genotipos estudiados separados por GM, se presenta en el Cuadro 6. Los cultivares más precoces, pertenecientes al

CUADRO 6
RENDIMIENTO DE SEMILLA DE 65 GENOTIPOS DE SOYA PERTENECIENTES
A LOS GRUPOS DE MADUREZ I, II Y III

Grain yield of 65 soybean genotypes belonging to maturity groups I, II and III

Grupo de madurez I		Grupo de madurez II		Grupo de madurez III	
Genotipo	Rendimiento	Genotipo	Rendimiento	Genotipo	Rendimiento
Genotype	Yield kg · ha ⁻¹	Genotype	Yield kg · ha ⁻¹	Genotype	Yield kg · ha ⁻¹
1	2.135 d ¹	31	2.495 cde	61	3.269 ij
2	2.314 bc	32	2.102 f	62	3.643 g
3	2.424 abc	33	2.375 def	63	4.555 c
4	2.601 a	34	2.329 def	64	3.998 ef
5	2.469 abc	35	2.947 a	65	4.295 d
6	2.113 d	36	2.989 a	66	4.503 c
7	2.544 ab	37	2.215 ef	67	3.862 fg
8	2.087 de	38	2.724 bc	68	5.181 a
9	2.389 bc	39	2.377 def	69	4.720 b
10	2.135 d	40	2.172 ef	70	4.228 de
11	2.064 de	41	2.675 bcd	71	4.070 e
12	2.442 abc	42	2.679 bcd	72	2.823 l
13	2.470 abc	43	2.888 ab	73	3.452 h
14	2.225 cd	44	2.829 abc	74	3.282 ij
15	2.554 b	45	2.344 ef	75	3.311 i
16	1.764 g	46	2.536 cd	76	3.483 h
17	2.238 cd	47	2.739 bc	77	3.053 k
18	2.442 abc	48	2.445 de	78	3.443 hi
19	2.477 abc	49	2.481 cde	79	3.293 i
20	2.523 ab	50	2.985 a	80	3.396 hi
21	1.967 f			81	4.227 de
				82	3.687 g
				83	4.266 d
				84	3.576 gh

¹ Los valores unidos por la misma letra, en cada columna, no son estadísticamente diferentes, Duncan 0,05.

GM I presentaron un rango de rendimiento entre 1764 y 2601 kg · ha⁻¹, con un promedio de 2304 kg · ha⁻¹. El grupo de madurez intermedia dentro de este material (GM II), tuvo un rango de rendimiento entre 2102 y 2989 kg · ha⁻¹ y el promedio fue de 2566 kg · ha⁻¹, lo que equivale a un aumento de 11,4% en relación al GM I. Los genotipos más tardíos dentro de este germoplasma presentaron un rango de rendimiento entre 2823 y 5181 kg · ha⁻¹, con un promedio de 3817 kg · ha⁻¹. Este promedio representa un incremento del 48,8% respecto al GM I y del 65,7% respecto al GM I.

Estos resultados confirman información previa que indicaba que en siembras de primavera era recomendable utilizar cultivares cuyo ciclo de desarrollo les permitiera hacer máximo uso

de las condiciones climáticas de esta zona, lo que se ha expresado consistentemente en mayores rendimientos. Los cultivares más precoces, en este caso GM I y II no parecen ser adecuados para siembras de primavera, sino que deberían utilizarse en siembras tardías o en segunda siembra, sucesiva a la cosecha del trigo.

Dentro de cada GM hubo genotipos que demostraron mejor adaptación que otros. Así, en el GM I, donde el mayor rendimiento absoluto fue de 2.601 kg · ha⁻¹, hubo otros ocho genotipos cuyos rendimientos no fueron significativamente diferentes. En el GM II, cuyo mayor rendimiento absoluto fue de 2.989 kg · ha⁻¹, hubo otros cuatro genotipos que no difirieron significativamente en su rendimiento. Finalmente,

CUADRO 7
CONTENIDO DE ACEITE, BASE SECA, DE 65 GENOTIPOS DE SOYA PERTENECIENTES
A LOS GRUPOS DE MADUREZ I, II Y III
*Oil content, dry matter basis, of 65 soybean genotypes belonging to maturity
groups I, II and III*

Grupo de madurez I		Grupo de madurez II		Grupo de madurez III	
Genotipo	Contenido de aceite	Genotipo	Contenido de aceite	Genotipo	Contenido de aceite
Genotype	Oil content %	Genotype	Oil content %	Genotype	Oil content %
1	18,5	31	19,7	61	17,8
2	20,3	32	18,5	62	17,2
3	19,5	33	17,9	63	19,0
4	18,7	34	18,8	64	18,3
5	17,6	35	18,5	65	19,0
6	18,1	36	20,5	66	18,9
7	19,3	37	18,5	67	18,3
8	18,7	38	19,0	68	18,5
9	17,4	39	17,7	69	16,4
10	18,6	40	17,2	70	15,2
11	19,0	41	18,4	71	18,7
12	18,1	42	18,7	72	16,6
13	18,3	43	18,7	73	16,4
14	19,4	44	19,7	74	16,7
15	18,5	45	18,4	75	18,7
16	16,4	46	17,9	76	17,7
17	17,8	47	19,3	77	16,8
18	19,2	48	17,8	78	18,9
19	19,1	49	18,0	79	17,1
20	18,3	50	17,7	80	17,7
21	19,3			81	18,8
				82	16,4
				83	17,8
				84	17,1

en el GM III, donde el mayor rendimiento absoluto fue de 5.181 kg · ha⁻¹ no hubo otros genotipos estadísticamente no diferentes de ese valor, pero sí hubo otros ocho cuyos rendimientos superaron los 4.000 kg · há⁻¹.

Dado que las condiciones ambientales de una siembra de primavera no son idénticas a las de una realizada a comienzos de verano, no es posible seleccionar genotipos de los GM I y II sólo sobre la base de un rendimiento. La ecuación de selección debe considerar además las variables contenido de aceite y contenido de proteína, más bien para eliminar a aquellos claramente inferiores y sólo para continuar analizando a los mejores. La selección, aunque basada en datos de sólo un año es más directa

en los genotipos de más largo período de desarrollo (GM III).

Sobre la base de estos resultados y los que se discuten a continuación, contenido y rendimiento de aceite y proteína, se seleccionó en primer lugar genotipos de los GM I y II para siembra de verano, y genotipos del GM III para siembra de primavera, y en segunda instancia también genotipos de los GM I y II para siembras tardías de primavera.

Contenido de aceite

El contenido de aceite, estimado sobre base seca, de los genotipos estudiados, separados por GM, se presenta en el Cuadro 7. No se observaron diferencias importantes entre los

CUADRO 8
CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA, BASE SECA, DE 65 GENOTIPOS DE SOYA
PERTENECIENTES A LOS GRUPOS DE MADUREZ I, II Y III
*Crude protein content, dry matter basis, of 65 soybean genotypes belonging
to maturity groups I, II and III*

Grupo de madurez I		Grupo de madurez II		Grupo de madurez III	
Genotipo	Contenido de proteína	Genotipo	Contenido de proteína	Genotipo	Contenido de proteína
Genotype	Protein content %	Genotype	Protein content %	Genotype	Protein content %
1	37,4	31	34,5	61	36,7
2	35,9	32	36,7	62	35,2
3	35,4	33	37,0	63	35,2
4	36,3	34	34,5	64	35,9
5	38,0	35	34,6	65	35,6
6	36,4	36	34,3	66	36,6
7	33,9	37	35,9	67	38,0
8	34,1	38	35,3	68	35,4
9	36,5	39	35,3	69	39,1
10	36,3	40	37,6	70	38,1
11	36,4	41	34,7	71	37,1
12	36,9	42	37,2	72	38,3
13	36,8	43	36,8	73	37,2
14	35,6	44	36,2	74	38,0
15	34,8	45	35,4	75	35,6
16	39,1	46	35,6	76	36,8
17	37,3	47	34,1	77	36,4
18	34,8	48	36,9	78	35,9
19	34,6	49	36,5	79	38,5
20	37,5	50	33,2	80	37,6
21	34,3			81	36,4
				82	36,3
				83	36,8
				84	34,5

contenidos de aceite de los genotipos pertenecientes a cada uno de los GM estudiados. Así, los genotipos más precoces (GM I) presentaron un rango entre 16,4 y 20,3%, con un promedio de 18,6%; el material intermedio (GM II) presentó contenidos de aceite que fluctuaron entre 17,2 y 20,5% con un promedio de 18,5%; los genotipos más tardíos (GM III) mostraron un rango entre 15,2 y 19,0%, y un promedio de 17,7%.

Esta información sugiere que no es factible diferenciar entre GM por contenido de aceite, en esta fecha de siembra, y que dentro de cada GM se puede seleccionar genotipos con contenidos de aceite comparativamente superiores.

Los datos indican además que, al menos en esta época de siembra, el nuevo material no demuestra cambios en su contenido de aceite respecto a germoplasma más antiguo estudiado en esta misma localidad y confirma lo expresado con anterioridad en cuanto a que el contenido de aceite de la soya no es comparable al de las otras dos especies oleaginosas cultivadas en Chile, maravilla y raps.

Contenido de proteína

El contenido de proteína, expresado en base seca de los 65 genotipos estudiados se presenta en el Cuadro 8 separado por GM. Como ocurrió

CUADRO 9
 RENDIMIENTO DE ACEITE DE 65 GENOTIPOS DE SOYA PERTENECIENTES
 A LOS GRUPOS DE MADUREZ I, II Y III
*Oil yield of 65 soybean genotypes belonging to maturity
 groups I, II and III*

Grupo de madurez I		Grupo de madurez II		Grupo de madurez III	
Genotipo	Rendimiento de aceite	Genotipo	Rendimiento de aceite	Genotipo	Rendimiento de aceite
<i>Genotype</i>	<i>Oil yield</i> kg · ha ⁻¹	<i>Genotype</i>	<i>Oil yield</i> kg · ha ⁻¹	<i>Genotype</i>	<i>Oil yield</i> kg · ha ⁻¹
1	395	31	492	61	582
2	470	32	389	62	627
3	473	33	425	63	865
4	486	34	438	64	732
5	435	35	545	65	816
6	382	36	613	66	851
7	491	37	410	67	707
8	390	38	518	68	958
9	416	39	421	69	774
10	397	40	374	70	643
11	392	41	492	71	761
12	442	42	501	72	469
13	452	43	540	73	566
14	432	44	557	74	548
15	472	45	431	75	619
16	289	46	454	76	616
17	398	47	529	77	513
18	469	48	435	78	651
19	473	49	447	79	563
20	462	50	528	80	601
21	380			81	795
				82	605
				83	759
				84	612

CUADRO 10
 RENDIMIENTO DE PROTEÍNA DE 65 GENOTIPOS DE SOYA PERTENECIENTES
 A LOS GRUPOS DE MADUREZ I, II Y III
*Protein yield of 65 soybean genotypes belonging to maturity groups
 I, II and III*

Grupo de madurez I		Grupo de madurez II		Grupo de madurez III	
Genotipo	Rendimiento de proteína	Genotipo	Rendimiento de proteína	Genotipo	Rendimiento de proteína
<i>Genotype</i>	<i>Protein yield</i> kg · ha ⁻¹	<i>Genotype</i>	<i>Protein yield</i> kg · ha ⁻¹	<i>Genotype</i>	<i>Protein yield</i> kg · ha ⁻¹
1	798	31	861	61	1.200
2	831	32	771	62	1.282
3	858	33	879	63	1.603
4	944	34	804	64	1.435
5	938	35	1.020	65	1.529
6	769	36	1.025	66	1.648
7	862	37	795	67	1.468
8	712	38	962	68	1.834
9	872	39	839	69	1.845
10	775	40	817	70	1.611
11	751	41	928	71	1.510
12	901	42	997	72	1.081
13	909	43	1.063	73	1.284
14	792	44	1.024	74	1.247
15	885	45	830	75	1.178
16	690	46	903	76	1.282
17	835	47	934	77	1.111
18	850	48	902	78	1.236
19	857	49	906	79	1.268
20	946	50	991	80	1.277
21	675			81	1.539
				82	1.338
				83	1.570
				84	1.234

con el contenido de aceite, no se observó respecto a este componente una asociación definida con el GM a que pertenecía el material. Los 21 genotipos pertenecientes al GM I presentaron un rango de contenido de proteína que varió entre 33,9 y 39,1%, con un promedio de 36,1%. Dentro de los 20 genotipos pertenecientes al GM II, el contenido de proteína varió entre 34,1 y 37,6%, con un promedio de 35,6%. Finalmente, en el GM III, el rango de los 24 genotipos fluctuó entre 34,5 y 39,1%, con un promedio de 36,7%.

Se puede concluir que más que buscar un comportamiento asociado a GM, es necesario identificar genotipos dentro de cada GM que presenten un contenido de proteína comparativamente más alto, y seleccionar a aquellos que

junto con presentar esta característica, demuestren ser equilibradamente superiores en la expresión de los otros caracteres de interés agrónomico e industrial. Lo anterior debe ser también relacionado con la época de siembra del material, ya que sus diferentes precocidades facultan una importante variación en ese elemento del manejo tecnológico, que podría inducir a una interacción genotipo por medio ambiente distinta, y por ende a una mayor diferenciación respecto a este carácter.

Rendimiento de aceite

El rendimiento de aceite del material analizado, separado por GM, se presenta en el Cuadro 9. Como se indicó en la sección 4.6, las variacio-

nes en el contenido de aceite fueron de baja magnitud; no obstante, Cuadro 6, hubo diferencias en el rendimiento de grano. En consecuencia, el rango que se observa en el rendimiento de aceite por hectárea, Cuadro 9, está principalmente asociado a diferencias en el rendimiento de semilla, y en forma secundaria a variaciones en el contenido de aceite.

Al analizar el rendimiento de aceite de los genotipos más precoces (GM I) se debe tener en consideración que su rango de rendimiento presentó una variación del 47,5% entre el menor y mayor valor, y que su contenido de aceite tuvo una diferencia del 23,8% entre los extremos del rango observado. El rendimiento de aceite de los 21 genotipos pertenecientes a este

grupo de madurez fluctuó entre 289 y 486 kg · ha⁻¹, con un promedio de 428 kg · ha⁻¹. La diferencia porcentual entre los extremos del rango, 68,2%, refleja que aunque no necesariamente el genotipo de más alto rendimiento presentó el mayor contenido de aceite, ni tampoco el de menor rendimiento el más bajo contenido de aceite, hubo algún nivel de asociación entre estas variables, el que será presentado y discutido en una publicación posterior.

En los cultivares de precocidad intermedia (GM II) el rango de rendimiento presentó una diferencia del 42,2% entre los extremos, y el contenido de aceite del 19,2%. La unión de estas dos variables, expresada como rendimiento de aceite, mostró un rango entre 374 y

613 kg · ha⁻¹, con un promedio de 477 kg · ha⁻¹. La diferencia porcentual entre los extremos del rango, 63,9%, también sugiere un grado de asociación entre estos caracteres que será discutido en una publicación posterior.

Los genotipos pertenecientes al GM III, los más tardíos analizados en esta investigación, presentaron rendimientos superiores a los de los GM I y II. Su diferencia extrema de rendimiento de semilla fue del 83,5%, y su fluctuación porcentual en el contenido de aceite fue del 25%. El rendimiento de aceite de este material presentó un rango entre 469 y 958 kg · ha⁻¹, con un promedio de 676 kg · ha⁻¹. Expresado en porcentaje, los extremos del rango se diferenciaron en el 104,3%. El nivel de asociación entre estos caracteres será discutido posteriormente.

Con las limitaciones propias de resultados derivados de un ciclo en una localidad, los datos presentados sugieren que si la soya fuera la única fuente de abastecimiento nacional de aceite comestible, al cultivar los mejores genotipos se requeriría una superficie algo superior a las 100.000 ha para satisfacer la demanda nacional. No obstante, si la demanda se cubre también con aceite derivado de raps canola y maravilla, la meta de superficie a cultivar con soya estaría más bien circunscrita a las necesidades de proteína para alimentación animal y humana.

Rendimiento de proteína

El rendimiento de proteína del material estudiado se presenta en el Cuadro 10, separado por GM. Las variaciones en el contenido de proteína de los genotipos fueron de menor magnitud que las determinadas para el contenido de aceite, y como consecuencia las diferencias que se observan en el rendimiento de proteína por hectárea son principalmente atribuibles a las diferencias del rendimiento de semilla, y secundariamente al contenido de proteína.

Los genotipos más precoces (GM I) difirieron en los extremos de su rango de rendimiento en un 47,5%, y en un 15,3% en su contenido de proteína. El rendimiento de proteína de este material fluctuó entre 675 y 946 kg · ha⁻¹, con un promedio de 831 kg · ha⁻¹. Esto significa una diferencia del 40,2% entre el mayor y menor valor.

Los genotipos intermedios tuvieron un ran-

go de rendimiento que se expresó en una diferencia del 42,2% entre los extremos, mientras que su contenido de proteína presentó una fluctuación máxima del 10,2%. El rendimiento de proteína se expresó con un rango entre 771 y 1.063 kg · ha⁻¹ y un promedio de 869 kg · ha⁻¹. La variación en el rango de rendimiento de proteína fue, en consecuencia, del 37,9%.

Finalmente, los genotipos de mayor período de desarrollo, y también de mayor rendimiento, presentaron una variación entre los extremos de rendimiento del 83,5%, mientras que su contenido de proteína varió en un 13,3%. En estos genotipos el rendimiento de proteína estuvo entre 1.081 y 1.845 kg · ha⁻¹, con un promedio de 1.400 kg · ha⁻¹, lo que significó una variación máxima del 70,7%.

La asociación entre rendimiento de semilla y contenido de proteína de estos genotipos fue aparentemente de diferente magnitud que la observada entre rendimiento de semilla y contenido de aceite, y también será presentada y analizada en una publicación posterior.

Queda de manifiesto, no obstante, la alta capacidad de la soya de producir proteína, y los datos presentados refuerzan el concepto de que el aceite de soya, con todas sus características de calidad nutritiva e importancia comercial, no es el principal producto derivado del cultivo de esta especie. Así, los genotipos precoces del GM I produjeron en promedio 428 kg · ha⁻¹ de aceite y 831 kg · ha⁻¹ de proteína, una diferencia del 94,2% en favor de la proteína. En el caso de los genotipos intermedios (GM II) la producción de aceite fue de 477 kg · ha⁻¹ y la de proteína de 869 kg · ha⁻¹, lo que significa una producción de proteína superior en un 82,2% a la de aceite. Esta diferencia fue aun mayor en los genotipos de más largo período de desarrollo, en los cuales la producción promedio de aceite fue de 676 kg · ha⁻¹ y la de proteína de 1.400 kg · ha⁻¹, una diferencia de 107,1% en favor de la proteína.

La industria productora nacional de aves y cerdos ha reconocido las bondades del afrecho de soya, y lo importa en el volumen necesario para satisfacer sus requerimientos. Al producir soya en forma local se substituiría la importación de afrecho, y se dispondría además de una excelente materia prima proteica para ser transformada en alimentos humanos de costos comparativamente bajos.

RESUMEN

Se analizó en la localidad de Pirque, RM, 33°40' lat S y 70°36' long O, 645 m sobre el nivel del mar, 65 genotipos de soya de origen estadounidense, de los cuales 21 pertenecían al grupo de madurez GM I, 20 al GM II y 24 al GM III. Se evaluaron las características agronómicas, altura de planta adulta, reacción a la tendadura, días de siembra a madurez, humedad del grano a la cosecha, rendimiento corregido a 8% de humedad, y las variables industriales contenido de aceite y contenido de proteína. Se calculó además el rendimiento de aceite y proteína.

Los resultados demostraron que en general

LITERATURA CITADA

- BENTLEY, O.G. 1975. Soybeans and people. In D.K. Whigham (Editor). Soybean production, protection and utilization. Proceedings of a Conference for Scientists of Africa, the Middle East, and South Asia. INTSOY, Series N° 6. INTSOY, University of Illinois, Urbana-Champaign, IL, EUA.
- DAUBEAT, B.F. 1950. Chemical composition of soybean oil. In K.S. Marley (Editor), Soybeans and Soybean Products, Interscience, New York, N.Y., EUA.
- EMKEN, E.A. 1979. Nutritional aspects of soybean oil utilization. Abstracts, World Soybean Research Conference II, North Carolina State University, Raleigh, NC, EUA.
- HOWELL, R.W. 1988. Physiology of the soybean, U.S. Regional Soybean Laboratory. Publication N° 338. Urbana, IL, EUA.
- KRISHNAMURTHY, R.G. 1979. Storage, use and stability of soybean oil and its products. Abstracts, World Soybean Research Conference, North Carolina State University, Raleigh, NC, EUA.
- National Academy of Sciences, 1969. United States-Canada tables of feed composition. Pub. 1684, 2nda. revisión. NAS, Washington, DC, EUA.
- NEBRED, I.M., P.C. PARODI y L. CAMPOS. 1982. Comportamiento de 25 cultivares de soya (*Glycine max* (L.) Merrill) en la zona central de Chile. Cien. Inv. Agr. 9: 75-87.
- NEBRED, I.M., P.C. PARODI y L. GUROVICH. 1983. Respuesta del cultivar de soya, *Glycine max* (L.) Merrill, Amsoy 71, a la tensión hídrica. Cien. Inv. Agr. 10: 89-95.
- PARKMAN, G.K. 1975. Soybean research-More food for more people. In D.K. Whigham (Editor). Soybean production, protection and utilization. Proceedings of a Conference for Scientist of Africa, the Middle East and South Asia. INTSOY. Series N° 6. INTSOY, University of Illinois, Urbana-Champaign, IL, EUA.
- PARODI, P.C. e I.M. NEBRED. 1982. Respuesta de tres cultivares de soya (*Glycine max* (L.) Merrill) a tres variables de manejo. Cien. Inv. Agr. 9: 3-14.
- PARODI, P.C. e I.M. NEBRED. 1984. Soybeans in Chile. Abstracts: 237. World Soybean Research Conference III, Iowa State University, Ames, IA, EUA.
- PARODI, P.C., I.M. NEBRED, D. ÁLVAREZ y J.L. UNDURRAGA. 1981. Effects of *Rhizobium japonicum* and chemical nitrogen on two soybean cultivars. Agronomy Abstracts. American Society of Agronomy, Madison, WI, EUA.
- PROBST, A.H. y R.W. JUDD. 1973. Origin, US history and development, and world distribution. In B.E. Caldwell (Editor). Soybeans: Improvement production and uses. American Society of Agronomy Inc., Madison, WI, EUA.
- ZÚNIGA, D.O., I.M. NEBRED y P.C. PARODI. 1981. Respuesta de siete cultivares de soya (*Glycine max* (L.) Merrill) a la fecha de siembra. Cien. Inv. Agr. 8: 53-63.

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE CONDUCCIÓN EN VIDES DESTINADAS A LA PRODUCCIÓN DE PISCO¹

EVALUATION OF DIFFERENT TRELLISING SYSTEMS IN GRAPEVINES FOR "PISCO" PRODUCTION

PHILIPPO PSZCZOLKOWSKI, PATRICIO AZÓCAR, GONZALO GALLEGOS,

CECILIA PINO y LUIS G. SAZO

Departamento de Fruticultura y Enología

Facultad de Agronomía

Pontificia Universidad Católica de Chile

Casilla 306, Correo 22, Santiago

Summary

An important fraction of grapes for "Pisco" production are grown in coastal areas where heat summation is not higher than 1372 degree-days (Winkler Region I). The overhead trellis is the most popular trellising system, characterized by poor microclimatic conditions and high yields. Both aspects determine problems for a good ripening of grapes.

Between 1989-90 and 1991-92 (third to fifth bearing season) different trellising systems resulting from modifications of an overhead trellis were evaluated. Experiments were done in the Limarí area (IV Region) with a strong coastal influence, in Pedro Ximenez vineyards. Systems evaluated were the overhead trellis itself, a 1.5 m "Corral" (over corral trellis), a 1.5 m "Sobreespaldera" (over trellis), a modified DCG, Puglia and Gable.

Results obtained show that this systems modify the surface of leaves directly exposed to sunlight, light intensity and temperature close to the bunches, bearing capacity, ripening of grapes and the quality of wine.

The 1.5 m Corral, the 1.5 m Sobreespaldera, the modified DCG and the Puglia system were better than the overhead trellis while the Gable system behaved similarly to the overhead trellis. This result was explained by better microclimatic conditions in terms of light intensity and temperature in the canopy and close to the bunches in the first systems mentioned.

Systems that behaved better than the overhead trellis, as they reached full growth, also had much larger yields what limited grape ripening according to the criteria defined by the "Pisco" industry.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la Ley 18.455 de la República de Chile, "Pisco" corresponde a una "Denominación de Origen", reservada para el aguardiente producido y envasado, en unidades de consu-

mo, en las Regiones III y IV (Paralelos 27 a 32° latitud sur), elaborado por destilación de vino genuino potable, proveniente de las variedades de vides que determina el Reglamento de la Ley y plantadas en dichas regiones. Se caracteriza por ser un aguardiente con un estacionamiento reducido y producido en proporción importante con cultivares moscatel.

La producción vitivinícola se desarrolla en los valles transversales de los ríos Copiapó, Huasco (III Región), Elqui, Limarí y Choapa

¹ Trabajo financiado por FONDECYT. Proyecto N° 0539, 1989, y Cooperativa Control Pisquero de Elqui y Limarí Ltda.

Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica con el N° 540/92.

Fecha de recepción: 23 de noviembre de 1992.

(IV Región), todos ellos con una orientación básicamente Este-Oeste, es decir desde la Cordillera de los Andes hacia el Océano Pacífico.

De acuerdo a Santibáñez *et al.* (1987) en los sectores costeros de la III y IV Región el clima está fuertemente influenciado por el mar, el cual es especialmente frío en dichas latitudes, debido a la presencia de la corriente marina de Humboldt. Su presencia enfría las capas inferiores de la atmósfera originando nublados bajos y neblinas que penetran varios kilómetros por los valles de los ríos. Para el período brotación a cosecha (210 días) la acumulación térmica, que se ha determinado en el lugar donde se realizó la presente investigación, no supera los 1.372 grados-día (Zona I de Winkler). Por el contrario, hacia el interior de los valles, se aprecia una constante disminución de la humedad, aumento de la temperatura y de la luminosidad. En los sectores más calurosos la acumulación térmica puede alcanzar a los 2.400 grados-día (Zona V de Winkler).

Durante la década de los 80 la viticultura chilena experimentó profundos cambios estructurales. La viticultura de uva de mesa, destinada a la exportación, tuvo un gran desarrollo, que en el caso particular de los valles transversales de la III y IV Región se concentró, y prácticamente ocupó en su totalidad los sectores interiores más calurosos. Los viñedos destinados a la producción de "Pisco", aun cuando también aumentaron su superficie, lo hicieron en menor medida y de preferencia las plantaciones se concentraron en los sectores costeros más fríos y que tradicionalmente no se consideraban como aptos para la viticultura.

La plantación de los nuevos viñedos para "Pisco" se realizó, de preferencia, en suelos de alta fertilidad, característicos de las áreas costeras de los valles de la IV Región. Además, ellos cuentan con una abundante irrigación. El Parronal, con 625 plantas por hectárea, fue el sistema de conducción preferentemente empleado. Todas estas condiciones favorecieron una alta expresión vegetativa de las vides, provocando un deterioro del microclima en la copa y en el entorno de los racimos. Estas condiciones determinan trastornos en la maduración (Smart, 1985) y sanidad de la uva (Marois, *et al.*, 1986; Rosenquist y Morrison, 1989).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar, para el área costera del valle del río Limarí (IV Región), sistemas de conducción

alternativos al Parronal, en los cuales fuera posible mejorar la distribución del follaje, evitando los problemas derivados de un microclima deficiente.

Para el diseño de los sistemas alternativos a evaluar se consideró el gran número de Parronales existentes en el área, de donde los emplazamientos del follaje estudiados corresponden a modificaciones a la estructura básica de dicho sistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante 1989-90 a 1991-92, años que corresponden a las tres primeras temporadas productivas (tercera, cuarta y quinta hoja), se evaluaron diferentes sistemas de conducción, resultantes de la modificación estructural de un Parronal. El cv. utilizado fue Pedro Ximenez. Inicialmente las plantas estaban conducidas en dicho Parronal y su marco de plantación era de 4×4 m, plantación realizada en 1987. La ubicación corresponde a la localidad de Limarí, valle del río Limarí, IV Región. El área de Limarí se caracteriza por una fuerte influencia del litoral.

En las modificaciones estructurales implementadas al sistema Parronal (Figura 1), se consideró un marco de plantación de 4×4 ó 4×2 , lo que representa una densidad, respectivamente, de 625 ó 1.250 plantas/ha. En este segundo caso las modificaciones al Parronal original son más profundas y la orientación cardinal de las hileras fue Este-Oeste, determinada por el sentido del riego.

Las modificaciones se describen de acuerdo al esquema propuesto por Carbonneau *et al.* (1981) y son las siguientes:

Parronal español (Testigo)

- Estructura tradicional: Esquineros, cabezales, rodrigones centrales a 4×4 y un enrejado de alambres ubicado a 2 m de altura, en forma horizontal al suelo.
- Poda formación: Cuatro brazos, originados en el tronco bajo el enrejado y cuatro subbrazos adicionales, cada uno con un pitón y un cargador.
- Número de yemas: En las tres temporadas se dejaron respectivamente, en promedio, 40;

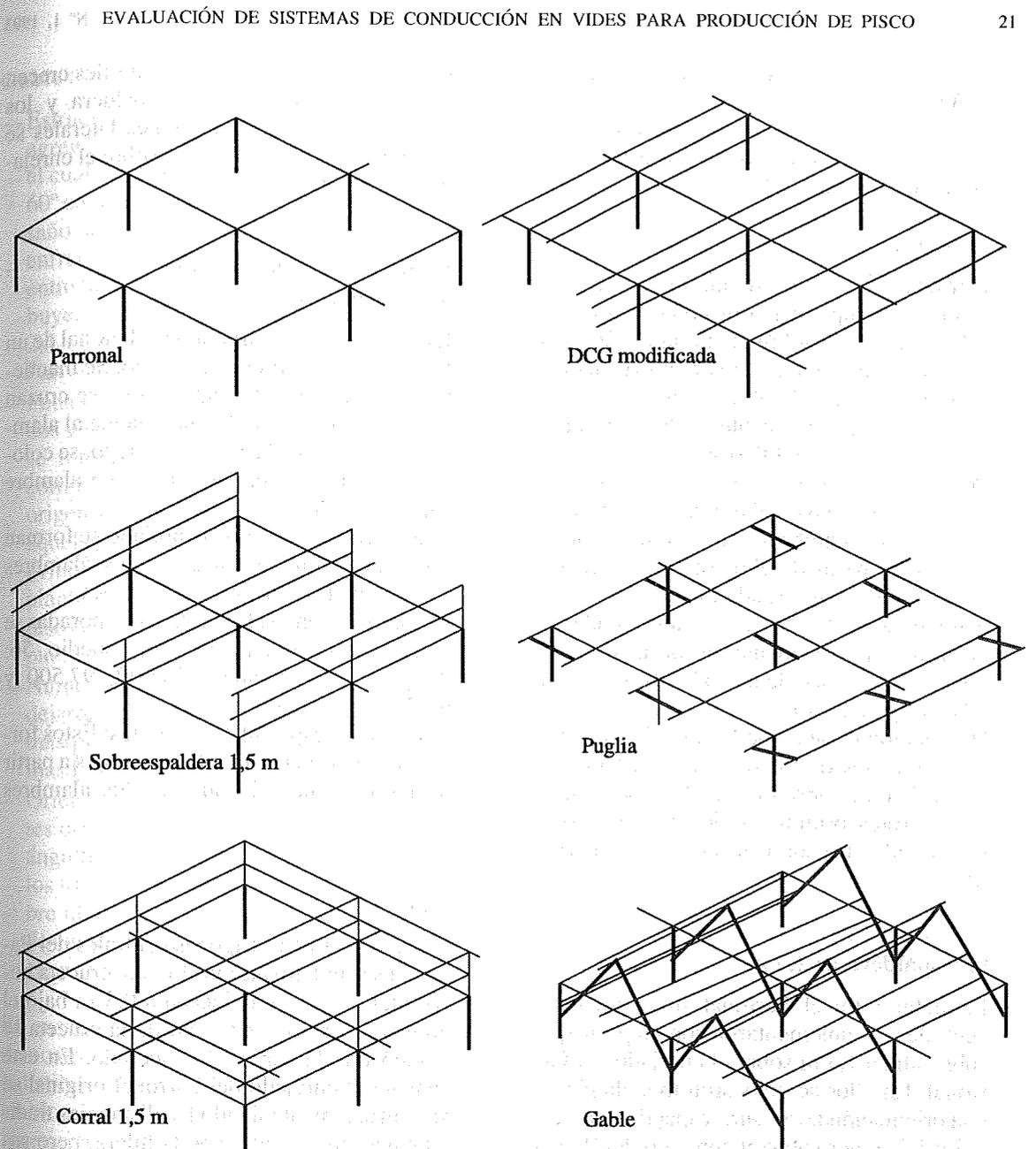


FIGURA 1
REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE UN PARRONAL Y DE SUS MODIFICACIONES ESTRUCTURALES (SOBREESPALDERA 1,5 M Y CORRAL 1,5 M) Y DE LOS SISTEMAS DCG MODIFICADOS, PUGLIA Y GABLE

109 y 177 yemas/planta (25.000; 68.125 y 110.625 yemas/ha).

—Orientación espacial de los brotes: Éstos se distribuyen horizontalmente sobre el enrejado del Parronal.

Corral de 1,5 m

—Estructura: En el Parronal, sus rodrigones centrales se suplementaron con un poste que sobresalía 1,5 m sobre el enrejado. En ellos se colocaron tres alambres con orientación norte-sur y tres alambres con orientación este-oste, respectivamente a 0,5 y 1,5 m por sobre el enrejado del Parronal.

—Poda formación: Cuatro cordones originados en el tronco bajo el enrejado y distribuidos bajo los alambres del Corral, en forma de cruz. A partir de ellos se forman cuatro cordones intermedios adicionales.

—Número de yemas: En las tres temporadas se dejaron respectivamente, en promedio, 70; 103 y 175 yemas/planta (43.750; 64.375 y 109.375 yemas/ha).

—Orientación espacial de los brotes: Los brotes originados de los brazos se distribuyen verticalmente sobre los alambres del Corral y los brotes originados de los sub-brazos horizontalmente sobre el enrejado del Parronal.

Sobreespaldera de 1,5 m

—Estructura: En el Parronal sus rodrigones centrales se suplementaron con un poste que sobresalía a 1,5 m sobre el enrejado del Parronal. En ellos se colocaron tres alambres, con orientación norte-sur, respectivamente a 0,5 y 1,5 m por sobre el enrejado del Parronal.

—Poda formación: Paralelamente al enrejado del Parronal se formó una "doble H" (Poda en tridente) con seis cordones. Los dos cordones centrales se colocaron bajo los alambres de la Sobreespaldera. Paralelos a estos cordones se distribuyeron cuatro cordones laterales, dos a cada lado de los centrales, a 0,5 m de ellos.

—Número de yemas: En las tres temporadas se dejaron respectivamente, en promedio, 60; 109 y 132 yemas/planta (37.500; 68.125 y 82.500 yemas/ha).

—Orientación espacial de los brotes: Los bro-

tes nacidos de los cordones centrales crecen verticalmente en la Sobreespaldera y los brotes nacidos de los cordones laterales se distribuyen horizontalmente sobre el enrejado del Parronal.

Doble Cortina de Geneva modificada (DCG)

—Estructura: En la estructura tradicional de un Parronal se modifica el enrejado. Se mantienen los alambres principales que se cruzan sobre cada rodrigón. Paralelamente al alambre colocado en el sentido del riego, se coloca a 0,7 m y a cada lado de él, un alambre 17/15 acerado.

—Poda formación: Bajo el enrejado se forman dos brazos, que se dirigen a los alambres 17/15. En él se forman los cordones.

—Número de yemas: En las tres temporadas se dejaron respectivamente, en promedio, 56; 78 y 75 yemas/planta (70.000; 97.500 y 93.750 yemas/ha).

—Orientación espacial de los brotes: Éstos forman cortinas verticales descendentes a partir de los cordones ubicados en los alambres 17/15.

Puglia

—Estructura: Los rodrigones centrales del Parronal se suplementaron con una cruceta horizontal de 1,4 m, colocada a 0,3 m bajo el enrejado. En cada extremo de la cruceta se colocó un alambre 17/15 acerado. En este sistema el enrejado del Parronal original se simplifica, manteniendo las distancias tradicionales, en el sentido de la hilera, pero suprimiendo los alambres que cruzan a los anteriores (excepto los principales).

—Poda formación: Bajo la cruceta se forman dos brazos que se dirigen a los alambres 17/15, colocadas en el extremo de la cruceta. En ellos se forman los cordones.

—Número de yemas: En las tres temporadas se dejaron respectivamente, en promedio, 42; 69 y 68 yemas/planta (52.500; 86.250 y 85.000 yemas/ha).

—Orientación espacial de los brotes: Éstos suben desde el alambre 17/15 al enrejado, para luego distribuirse horizontalmente sobre dicho enrejado.

Gable (Sudafricano)

—Estructura: A un metro de altura del suelo, se agregó a los rodrigones un travesaño de 4 m, el cual se dirige hacia arriba en un ángulo de 60° en relación al suelo, hasta topar un travesaño semejante colocado en el rodrigón de enfrente, formando así un triángulo en la entre hilera. Sobre estos travesaños se distribuyeron cinco alambres a 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 y 2,5 m a partir del rodrigón estructural del Parronal.

—Poda de formación. En los alambres ubicados a 0,5 y 1,5 m en el travesaño agregado, se formaron dos pisos, cada uno con dos cordones. El piso superior (1,5 m) tiene su origen en un brazo ubicado por debajo de aquel que da origen al piso inferior (0,5 m) evitando así problemas de acrotonía. Cada planta da origen a dos pisos inferiores y dos pisos superiores (ocho cordones por planta), puesto que el tronco se abre en dos brazos.

—Número de yemas: En las tres temporadas se dejaron, en promedio, 42; 109 y 100 yemas/planta (52.500; 136.250 y 125.000 yemas/ha).

—Orientación espacial de los brotes: Los brotes originados en cada piso ascienden en un ángulo de 60° sobre el enrejado colocado en los travesaños suplementarios hasta el alambre ubicado a 2,5 m, donde se procede a su despunte para permitir la entrada de luz a las capas internas del follaje.

El ensayo fue diseñado en grandes parcelas demostrativas, considerando para el análisis estadístico de los parámetros evaluados un diseño en bloques al azar, con tres tratamientos y seis repeticiones cada uno. Por consiguiente, se asumieron las restricciones sobre la selección aleatoria que faculta el diseño en grandes parcelas demostrativas (Little, 1984).

Las determinaciones realizadas corresponden a la última temporada, cuando las plantas habían alcanzado un completo desarrollo vegetativo o a un análisis de la evolución de un parámetro determinado durante las tres temporadas. Las determinaciones fueron las siguientes:

Desarrollo vegetativo

a) **Peso de poda.** Se evaluó el peso de poda de una planta, considerada como unidad expe-

rimental, en cada una de las seis repeticiones.

b) **Número de yemas por hectárea:** Se determinó el número promedio de yemas por hectárea, al término de la poda de la cuarta hoja.

c) **Cálculo de la superficie foliar expuesta.** Consistió en determinar, para una planta, la suma geométrica de la superficie foliar teórica expuesta a la radiación solar directa, de una primera capa de hojas, una vez que el sistema alcanza su total desarrollo.

Determinaciones del microclima:

a) **Microclima luminoso a nivel de los racimos.** La luz incidente y reflejada a nivel de los racimos, se determinó en pleno verano (febrero), en horas del medio día. Se realizaron 20 mediciones por repetición, de 10 s. cada una y en racimos diferentes. Para ello se utilizó un "Quantum-Radiómetro-Fotómetro LICOR 188 B" y un "sensor de Quantum Li 190 S.A.". Los valores se expresaron $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$.

b) **Microclima térmico de las bayas.** La temperatura de pulpa de las bayas se determinó en febrero, después del envero, en horas del medio día y antes que se manifestara el viento proveniente de la costa, característico del área. En cada uno de los tratamientos se realizaron 10 mediciones por repetición, en racimos diferentes. Para ello se utilizó un termómetro digital Jumo (-50a+175°C) TDAS 70.

Producción

Se evaluó la producción por planta, considerando a la planta como unidad experimental, en cada una de las seis repeticiones.

Madurez de la uva y evaluación sensorial del vino

a) **Determinación de algunos parámetros de la composición química del mosto.** En cada sistema de conducción se seleccionaron seis grupos de cinco plantas, cada uno de los cuales se consideró como repetición. En cada uno de ellos se muestrearon, al momento de cosecha, 50 bayas al azar provenientes de racimos diferentes. Para cada repetición se extrajo el mosto mediante una centrífuga Braun Multipres. En el mosto obtenido se

determinó el contenido de sólidos solubles (refractometría) y su acidez total (titulación con NaOH 0,1 N, en presencia de azul de bromotimol como indicador).

b) **Microvinificación:** Se cosecharon 30 kg de uva en cada uno de los sistemas de conducción. Ellos fueron divididos en tres lotes de 10 kg cada uno, constituyéndose así las repeticiones. A partir de cada uno de estos lotes se obtuvieron 5 L de mosto mediante una prensa hidráulica. A los mostos se les adicionaron 6 g/HL de metabisulfito de potasio ($K_2S_2O_5$) y se dejó decantar a 16°C durante 24 h, al cabo de las cuales se eliminó el 20% más turbio. Se agregaron 0,2 g/L de levaduras seleccionadas (*Saccharomyces cerevisiae*). Se homogenizó y se dejó fermentar entre 16 y 18°C, en una cámara isotérmica, en envases de vidrio de 5 L obturados con barboteador de agua. El desarrollo de la fermentación alcohólica se controló diariamente, midiendo densidad y temperatura. Cuando la densidad fue menor a 0,995 y se mantuvo constante durante 2 días, se realizó un descube aireado agregando 8 g/HL de $K_2S_2O_5$ y se trasegó a botellas que se obturaron herméticamente. Éstas se mantuvieron en una cámara a 0°C durante 10 días. Al cabo de este período se efectuó un segundo trasiego corrigiendo el sulfuroso libre a 40 mg/L, en aquellos vinos que presentaron menos de 30 mg/L.

c) **Evaluación sensorial del vino.** Los vinos obtenidos en cada una de las tres repeticiones se mezclaron entre sí, obteniéndose un solo tipo de vino por sistema de conducción. Estos vinos fueron evaluados por un panel de enólogos, los cuales fueron considerados como bloques (Usseglio-Tomasset, 1988). Para la evaluación se utilizó la ficha de notación propuesta por Ough y Winton (1976).

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y en los casos en que ésta señaló diferencias estadísticas, se realizó el test de rangos múltiples de Duncan. Los resultados de la evaluación sensorial de los vinos se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Friedman (Siegel, 1976).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo vegetativo

El peso de poda determinado después de la quinta hoja fue estadísticamente similar para los sistemas Puglia, Gable, DCG modificada y Sobreespaldera 1,5 m. En el caso de Gable esto se obtuvo a pesar del despunte de sus brotes, realizado durante el período de desarrollo vegetativo. Ello estaría indicando que la biomasa es similar y que esos sistemas habrían alcanzado su completo desarrollo vegetativo. En cambio, los sistemas Parronal y Corral 1,5 m alcanzarían su completo desarrollo vegetativo probablemente en la próxima temporada (Cuadro 1). Sin embargo, estos resultados permiten esperar que, con el transcurso de las temporadas, la biomasa de todos los sistemas terminará siendo semejante.

A pesar de lo anterior, el cálculo de la superficie foliar expuesta para una primera capa de hojas, considerando la arquitectura teórica de la copa una vez que ésta alcanzó su total desarrollo vegetativo, es muy diferente.

El Corral 1,5 m y la Sobreespaldera 1,5 m presentan una mayor superficie foliar expuesta a la radiación solar directa por planta y por hectárea, en comparación al Parronal. Esta situación deriva de una mejor distribución del follaje en los dos primeros sistemas, al permitir que parte de él tenga un crecimiento vertical y no sólo horizontal como en el Parronal (Figura 1). Desde un punto de vista fisiológico se produciría un aumento en el número de hojas bien iluminadas.

En el caso de los sistemas Gable, DCG modificada y Puglia, presentan una menor superficie foliar expuesta a la radiación solar directa por planta, respecto a la del Parronal. Sin embargo, en todos estos sistemas el número de plantas por hectárea es dos veces mayor al Parronal, lo cual determina valores por hectárea superiores a los calculados para éste (10.000 m²/ha) en el sistema Gable. En el caso de los sistemas DCG modificada y Puglia, la mayor densidad por hectárea no alcanza a compensar la baja superficie foliar de las plantas individuales. Para DCG modificada un menor crecimiento de sus brotes, dada la orientación descendente de ellos (Kliwer *et al.*, 1989) explicarían en parte esta situación. En el caso de la DCG modificada, sería la amplia cruceta

CUADRO 1

NÚMERO DE YEMAS POR HECTÁREA Y PESO DE PODA AL MOMENTO DE ALCANZAR LAS VIDES SU PLENO DESARROLLO VEGETATIVO; Y CÁLCULO DE LA SUPERFICIE FOLIAR EXPUESTA, PARA UNA PRIMERA CAPA DE HOJAS, EN DIFERENTES MODIFICACIONES ESTRUCTURALES IMPLEMENTADAS EN UN PARRONAL ESPAÑOL, cv. PEDRO XIMENEZ. LIMARÍ, IV REGIÓN

Buds per Hectare and pruning weight by the time of reaching full growth and estimation of the surface of leaves receiving direct sunlight (first layer of leaves) in different modifications of a overhead trellis, cv. Pedro Ximenez Limarí, IV Región

Sistema de conducción	Yemas/ha	Peso de poda kg/ha	Superficie foliar	
			m ² /pl	m ² /ha
Parronal	110.625	5.475 bc	16,0	10.000
Corral 1,5 m	109.375	5.038 c	26,2	16.375
Sobreespaldera 1,5 m	82.500	6.475 abc	23,2	14.500
DCG modificada	93.750	6.975 ab	7,2	9.000
Puglia	85.000	7.225 a	6,4	8.000
Gable	125.000	7.150 a	10,0	12.500

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren ($P \leq 0,05$) según la prueba de comparación múltiple de Duncan.

libre de follaje que considera el sistema, la cual explicaría la menor superficie foliar expuesta por hectárea (Figura 1).

Microclima luminoso a nivel de los racimos, y microclima térmico de las bayas

La luminosidad que se alcanzaría en el follaje de cada sistema no está necesariamente relacionada con aquella que se presenta y que fue determinada en el entorno de los racimos (Cuadro 2), dada la ubicación de estos últimos en la copa. Sin embargo, el microclima en torno a los racimos va a tener también una fuerte influencia sobre la maduración de la uva y calidad de los vinos producidos (Vautier *et al.*, 1978).

Los sistemas DCG modificada y Puglia presentaron racimos con una luminosidad incidente mayor a los demás sistemas evaluados, siendo además, el primero de los señalados, superior al segundo (Cuadro 2). En el caso de Parronal y Gable, ellos presentaron valores bajo o muy cercanos al punto de compensación fotosintética (Kriedemann, 1968 y 1977; Kliwer, 1981; Champagnol, 1984 y Schneider, 1989).

Aun cuando los valores de la luminosidad en el entorno de los racimos en la Sobreespaldera 1,5 m y el Corral 1,5 m, son dos a cuatro veces

superiores al punto de compensación fotosintética, no difieren estadísticamente de los determinados en los sistemas Parronal y Gable. Esto último podría estar determinado por la alta luminosidad registrada en los sistemas DCG modificada y Puglia, la cual enmascararía estas diferencias al comparar en conjunto todos estos sistemas. En efecto, Pszczolkowski *et al.* (1989) al comparar los sistemas Sobreespaldera y Corral solamente respecto al Parronal, señalaron diferencias estadísticas, en cuanto a luminosidad incidente, en favor de los dos primeros.

Las diferencias de luminosidad incidente a nivel de los racimos, están asociadas a la forma como se distribuye la copa (Baldini e Intrieri, 1985) y a la ubicación de los racimos en ella, más que al número de yemas/ha y/o biomasa que alcanzan las vides en su pleno desarrollo (Cuadro 1). En efecto, la Sobreespaldera 1,5 m y el Puglia presentan un similar número de yemas y biomasa por hectárea (Cuadro 1); sin embargo, difieren significativamente tanto en luminosidad incidente, como reflejada en el entorno de los racimos (Cuadro 2).

En cuanto a la luminosidad reflejada, el sistema DCG modificada presentó valores superiores al resto de los sistemas, excepto con Puglia, el cual sin embargo, no presentó diferencias estadísticas con Gable. Este último sis-

CUADRO 2

LUMINOSIDAD INCIDENTE Y REFLEJADA A NIVEL DE LOS RACIMOS, Y TEMPERATURA DE BAYAS, EN DIFERENTES MODIFICACIONES ESTRUCTURALES IMPLEMENTADAS EN UN PARRONAL ESPAÑOL, cv. PEDRO XIMENEZ. LIMARÍ, IV REGIÓN.

Incident and reflected light intensity close to the bunches, and berry temperature in different modifications of a overhead trellis, cv. Pedro Ximenez. Limarí, IV Region.

Sistema de conducción	Luminosidad				Temperatura	
	Incidente $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$	% (1)	Reflejada $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$	% (1)	°C	% (2)
Parronal	23 c	1,3	11 c	5,9	15,3 c	84,5
Corral 1,5 m	65 c	3,8	15 c	7,8	15,6 c	85,7
Sobreespaldera 1,5 m	56 c	3,3	11 c	5,8	18,7 b	93,3
DCG modificado	315 a	16,0	32 a	16,5	22,2 a	104,3
Puglia	182 b	10,8	23 ab	11,9	21,3 a	101,5
Gable	35 c	2,1	17 bc	9,0	16,4 c	76,1

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren ($P \leq 0,05$) según la prueba de comparación múltiple de Duncan.

(1) Porcentaje expresado en relación a la energía lumínica promedio, tanto incidente como reflejada, existente en torno al Parronal al momento de la medición.

(2) Porcentaje expresado en relación a la temperatura existente en torno a los racimos, al momento de la medición.

tema tampoco difiere estadísticamente con la Sobreespaldera 1,5 m, Corral 1,5 m y Parronal.

Las diferencias señaladas para la luminosidad reflejada en el entorno de los racimos, también se explican por la forma de la copa y la ubicación de los racimos en cada uno de los sistemas (Baldini e Intriери, 1985). Una distribución del follaje parcial o totalmente vertical (Puglia y DCG modificada), donde una parte significativa del suelo está iluminada, caracteriza los sistemas con mayor luminosidad reflejada. En cambio, cuando los sistemas presentan un significativo porcentaje de su follaje distribuido en forma horizontal (Parronal, Sobreespaldera 1,5 m y Corral 1,5 m), provocan un importante sombreado del suelo, lo cual determina valores de luminosidad reflejada reducidos, a nivel de los racimos. El sistema Gable puede considerarse como un sistema con características de follaje vertical y también horizontal; sin embargo en él, su gran biomasa y alto número de yemas/ha (Cuadro 1), como así también la distribución de ellas en dos niveles, considerada para su formación, estarían incidiendo en la baja luminosidad a nivel de los racimos.

Por otra parte, los sistemas con mayor temperatura de bayas corresponden a la DCG modificada y Puglia, le sigue Sobreespaldera 1,5 m. Los dos primeros sistemas difieren estadísticamente del tercero y los tres presentan una temperatura de bayas superior a la de los siste-

mas restantes (Cuadro 2). Los sistemas DCG modificada y Puglia poseen incluso una temperatura de bayas, superior al valor promedio de la temperatura determinada en el entorno de los racimos, al momento de la medición. Ello es producto de la alta insolación directa de sus racimos, tanto por luz incidente como reflejada. Además, esta última estaría reflejando una alta insolación directa del terreno, el cual sufriría un calentamiento (Wagner y Simon, 1983, Calo *et al.* 1984) contribuyendo, en este caso, a elevar la temperatura de las bayas por radiación.

Las diferencias de temperatura descritas representan en la práctica condiciones de madurez muy diferentes. Se puede afirmar que los sistemas que presentan bayas con mayor temperatura podrían asemejarse a viñedos ubicados más al interior de los valles de la zona productora de "Pisco", en que la acumulación térmica es superior al área donde se ubican los sistemas evaluados (Santibáñez *et al.*, 1987).

Producción

En todos los sistemas de conducción se observó un incremento de la producción por hectárea en la medida que éstos fueron alcanzando su completo desarrollo vegetativo (tercera a quinta hoja).

En la tercera hoja los sistemas DCG modificada, Puglia y Gable, alcanzaron producciones, del orden de dos veces superiores a los otros

CUADRO 3

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE UVA POR HECTÁREA, PARA LA TERCERA A QUINTA TEMPORADA DE PRODUCCIÓN; Y PRODUCCIÓN POR YEMA AL MOMENTO DE ALCANZAR SU PLENO DESARROLLO VEGETATIVO, PARA DIFERENTES MODIFICACIONES ESTRUCTURALES IMPLEMENTADAS EN UN PARRONAL ESPAÑOL, cv. PEDRO XIMENEZ. LIMARÍ, IV REGIÓN.

Evolution of grape yield per Hectare, from the third to the fifth season and yield per bud by the time of reaching full growth in different modifications of a overhead trellis, cv. Pedro Ximenez. Limarí, IV Region.

Sistema de conducción	Producción (kg/ha)			
	Temporada			kg/yema
	3	4	5	
Parronal	13.200 b	36.500 c	51.847 d	0,46
Corral 1,5 m	19.300 b	47.125 b	77.131 a	0,70
Sobreespaldera 1,5 m	15.000 b	46.625 b	67.007 bc	0,81
DCG modificado	34.900 a	63.075 a	72.225 ab	0,77
Puglia	27.500 a	62.112 a	60.400 c	0,71
Gable	29.500 a	44.825 b	52.075 d	0,41

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren ($P \leq 0,05$) según la prueba de comparación múltiple de Duncan.

sistemas. Ello debe atribuirse a una densidad de plantación (1.250 pl/ha) dos veces superior, en relación a la densidad (625 pl/ha) de los sistemas menos productivos.

Al cabo de la quinta hoja, los sistemas más precoces en la tercera hoja, casi duplicaron porcentualmente su producción, siendo entre ellos el sistema Gable el que tuvo el menor incremento porcentual. Por otra parte, los sistemas que presentaron producciones menores en la tercera hoja, prácticamente cuadruplicaron su producción al cabo de la quinta hoja. Sin embargo, en estos últimos fue el Parronal el que incrementó en menor porcentaje su producción.

De esta manera, al cabo de cinco hojas, los sistemas que presentaron una mayor productividad por hectárea fueron Corral 1,5 m y DCG modificada (Cuadro 3). Este último sistema fue semejante a la Sobreespaldera 1,5 m, la cual a su vez no presentó diferencias con Puglia. Los sistemas con menor productividad fueron Gable y Parronal.

La producción por hectárea aparece relacionada más bien al sistema de conducción que al nivel de yemas por hectárea (Cuadro 1). Ello queda claramente establecido al comparar la productividad por yema, la cual alcanza valores comprendidos entre 0,81 a 0,70 kg/yema en los sistemas Sobreespaldera 1,5 m, DCG modifi-

cada, Puglia y Corral 1,5 m. En cambio, en los sistemas Parronal y Gable ella sólo es respectivamente de 0,46 y 0,41 kg/yema (Cuadro 3).

La producción de cada uno de los sistemas, al no estar relacionada con el número de yemas por hectárea, debería estarlo con las condiciones microclimáticas, en particular luminosidad, que habrían afectado el desarrollo de las yemas en la temporada precedente. En efecto, en los sistemas Sobreespaldera 1,5 m y Corral 1,5 m, el hecho que parte de su follaje sea conducido en sentido vertical (Figura 1), disminuye el emboscamiento del resto del follaje que permanece horizontal, determinando un microclima más asoleado en sus sarmientos, particularmente en relación al Parronal, donde el follaje forma una única y gruesa capa horizontal de follaje. Desde un punto de vista fisiológico se produciría un aumento en la relación "Hoja bien iluminada / Producción" (Schneider, 1985).

En el caso del Gable, su alto número de yemas, alta biomasa por hectárea (Cuadro 1) y la distribución de su copa a nivel de la estructura de soporte (Figura 1), favorecería un fuerte emboscamiento de sus yemas. Situación contraria se observa en la DCG modificada y en el Puglia, los cuales presentan cordones despejados e iluminados. De acuerdo a Hopping (1977) una condición microclimática asoleada

CUADRO 4

EVOLUCIÓN DEL PORCENTAJE DE SÓLIDOS SOLUBLES Y ACIDEZ TOTAL DEL MOSTO, PARA LA TERCERA A QUINTA TEMPORADA DE PRODUCCIÓN, EN DIFERENTES MODIFICACIONES ESTRUCTURALES IMPLEMENTADAS EN UN PARRONAL ESPAÑOL, cv. PEDRO XIMENEZ. LIMARÍ, IV REGIÓN.

Evolution of sugars (% S.S.) and acidity; third to fifth season, in different modifications of a overhead trellis, cv. Pedro Ximenez. Limarí, IV Región.

Sistema de Conducción	% Sólidos Solubles Temporada			Acidez Total (g/l ác. Tartárico) Temporada		
	3	4	5	3	4	5
	Parronal	21,0 a	18,4 b	15,7 c	7,1 b	7,0 a
Corral 1,5 m	22,6 a	18,5 b	15,8 bc	6,3 c	5,5 c	6,1 b
Sobreepaldera 1,5 m	22,3 a	18,8 b	16,1 b	6,1 c	6,1 b	6,0 b
DCG modificado	20,3 b	18,1 bc	16,0 bc	7,0 b	6,2 b	5,9 b
Puglia	20,3 b	19,4 a	16,8 a	6,2 c	5,7 c	6,0 b
Gable	19,3 b	17,3 c	16,1 b	9,1 a	7,2 a	6,1 b

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren ($P \leq 0,05$) según la prueba de comparación múltiple de Duncan.

de los brotes favorece una mayor inducción y diferenciación de sus yemas; ello estaría determinando la mayor productividad para dichos sistemas, a pesar del menor número de yemas por hectárea. La productividad por yema, en los sistemas más iluminados, presenta valores casi un 100% superiores a aquellos sistemas de copas emboscadas y poco luminosas.

Además, los resultados obtenidos estarían reflejando una alta sensibilidad del cv. Pedro Ximenez a las condiciones de microclima de su follaje, en relación a los procesos de inducción, diferenciación y, probablemente también, brotación de sus yemas.

La alta productividad por yema alcanzada en los sistemas Sobreepaldera 1,5 m, DCG modificada y Corral 1,5 m, determinaron una relación "Producción/Peso de poda" superior a diez. De acuerdo a Bravdo *et al.* (1984), un valor como el señalado refleja una sobreproducción, situación que determinaría la escasa maduración de los racimos en la quinta hoja (Cuadro 4) y que podría afectar la longevidad de la planta. Sin embargo, es necesario recordar que un buen microclima luminoso y térmico a nivel de los racimos, favorece la maduración de ellos (Smart y Robinson, 1991), lo cual permite compensar en parte el alto nivel de producción. Además, en este caso se trabajó con el cv. Pedro Ximenez, de racimos y bayas grandes, por lo tanto muy productivo, donde la relación establecida por Bravdo *et al.* (1984) podría ser diferente.

En el caso de Puglia y Parronal los valores de la relación "Producción/Peso de poda" son superiores a ocho, situación que señalaría que están cercanos a su capacidad máxima de producción. Sin embargo, esta mejor relación sólo permite en el sistema Puglia una mayor madurez (Cuadro 4), la cual estaría además influida por el mejor microclima en que maduraron parte de sus racimos.

En el caso del Gable, uno de los sistemas emboscados, aparece como un sistema menos productivo (Cuadro 1), con alto crecimiento vegetativo (Cuadro 3) y escasa madurez de su uva (Cuadro 4). En estas condiciones se estaría produciendo el círculo vicioso descrito por Smart y Robinson (1991), en el cual se señala que una baja producción por yema incrementa el crecimiento vegetativo, aumenta la densidad del follaje, produciéndose un sombreado que deteriora la inducción y diferenciación de las yemas, cerrándose así el círculo vicioso de desbalance entre crecimiento y producción.

Madurez de la uva

La madurez de la uva estuvo determinada por los factores producción y microclima, los cuales interactuaron entre sí (Cuadro 4).

Si se compara el efecto de las producciones crecientes registradas entre la tercera y quinta hoja se observa, en cada uno de los sistemas de conducción, una disminución constante del porcentaje de Sólidos Solubles (Cuadro 4). Es-

CUADRO 5

EVALUACIÓN SENSORIAL DE VINOS PRODUCIDOS EN DIFERENTES MODIFICACIONES ESTRUCTURALES IMPLEMENTADAS EN UN PARRONAL ESPAÑOL, cv. PEDRO XIMENEZ. LIMARÍ, IV REGIÓN.

Sensory evaluation of wines coming from different modifications of a overhead trellis, cv. Pedro Ximenez. Limarí, IV Region.

Sistema de Conducción	Calidad Global (1)	Acidez (2)	Armonía (3)
Parronal	3,75 b	2,36 b	2,72 ab
Corral 1,5 m	5,75 a	2,27 b	2,72 ab
Sobreepaldera 1,5 m	5,50 a	2,18 b	2,72 ab
DCG modificado	5,20 a	2,27 b	2,90 a
Puglia	5,40 a	2,00 b	2,72 ab
Gable	4,00 b	2,72 a	2,45 b

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren ($P \leq 0,05$) según la prueba no paramétrica de Friedman.

(1) Calidad Global, 1 a 9: 1 = inaceptable; 9 = excelente.

(2) Acidez, 1 a 3: 1 = baja; 3 = alta.

(3) Armonía, 1 a 5: 1 = baja; 5 = alta.

te efecto del nivel de producción también se manifiesta para una misma temporada; así por ejemplo, en la primera temporada los sistemas Corral 1,5 m, Sobreepaldera 1,5 m y Parronal presentan un contenido de Sólidos Solubles mayor al resto de los sistemas, pero a su vez, una menor producción respecto a DCG modificada, Puglia y Gable (Cuadro 3).

En las temporadas siguientes, cuando las plantas van desarrollando su completa expresión vegetativa y capacidad de producción, el factor microclimático interactúa con el nivel de producción. Así por ejemplo, en la quinta temporada el nivel de producción de los sistemas Parronal y Gable es inferior al de los otros sistemas, pero al mismo tiempo su microclima luminoso en el entorno de los racimos es deficiente, situación que a esos niveles de producción determina una maduración incompleta, en particular en el Parronal. Por el contrario en un sistema como el Puglia, con una producción relativa media y con un adecuado microclima, se produce una mejor madurez de la uva.

Los niveles de acidez determinados en cada temporada y cada uno de los sistemas de conducción, reflejan las condiciones microclimáticas en que maduraron los racimos. En la medida que el microclima es más luminoso y por lo tanto la temperatura de sus bayas es mayor, se produce una disminución de los niveles de acidez total (Vautier *et al.*, 1978). Al alcanzar las

plantas su completo desarrollo vegetativo (quinta temporada), todos los sistemas evaluados presentan una menor acidez total en relación al Parronal.

Siendo el "Pisco" un aguardiente, la producción total de azúcar por hectárea, potencialmente factible de ser transformada en alcohol, es, en último término, el principal factor de producción. En la Figura 2 se observa este parámetro, resultando promisorios los sistemas cuyos racimos están bien iluminados, como son DCG modificada y Puglia o aquellos donde parte del follaje se distribuye verticalmente aumentando la relación "Hoja bien iluminada / Producción" (Schneider, 1985), es decir aumentando la eficiencia agronómica definida por Carbonneau (1989), como son la Sobreepaldera 1,5 m y el Corral 1,5 m. Los sistemas que producen una menor cantidad de azúcar por hectárea son Parronal y Gable, es decir aquellos que presentaron el follaje más emboscado y racimos sombríos.

Evaluación sensorial del vino

Los valores asignados a la calidad global (Ough y Winton, 1976) indican que todos los vinos fueron calificados como de calidad media, excepto en el caso de los vinos producidos a partir de uvas provenientes del sistema Parronal, donde la calificación correspondió a una

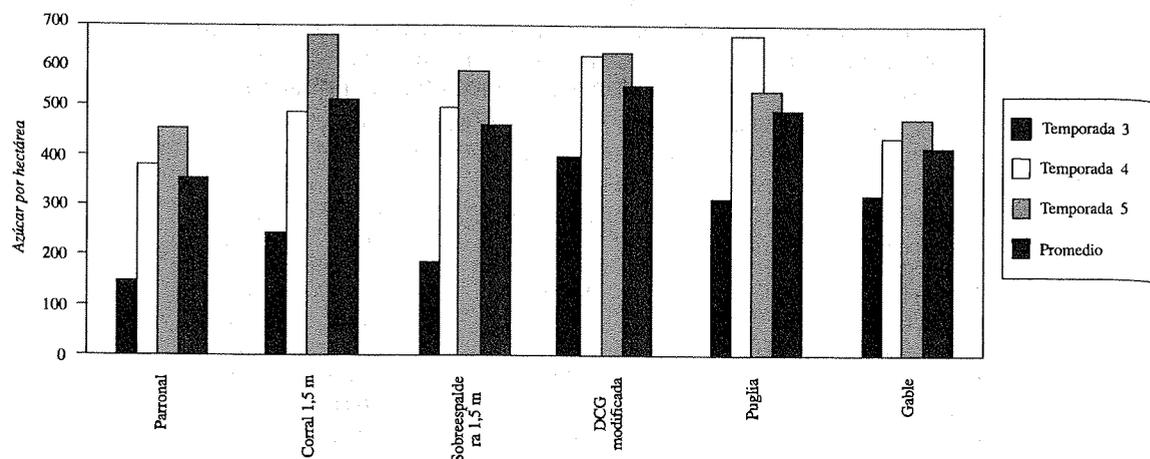


FIGURA 2

PRODUCCIÓN DE AZÚCAR POR HECTÁREA, PARA LA TERCERA A QUINTA TEMPORADA, EN MODIFICACIONES ESTRUCTURALES IMPLEMENTADAS EN UN PARRONAL, CV. PEDRO XIMÉNEZ. LIMARÍ, IV REGIÓN

calidad media con algunos defectos. Sin embargo, estadísticamente los vinos de Parronal y Gable no difieren entre sí, siendo su calidad global inferior al resto de los vinos (Cuadro 5).

En el caso de los vinos producidos a partir del sistema Gable, la evaluación sensorial de acidez fue significativamente superior al resto de los vinos, a pesar de su baja producción, lo cual nuevamente lleva a privilegiar el efecto del microclima sombrío en que maduraron sus racimos. En cuanto a la armonía de los vinos sólo se observaron diferencias significativas entre sistemas relativamente extremos en relación a su luminosidad incidente sobre los racimos y temperatura de bayas (Cuadro 2), es decir entre DCG modificada y Gable.

Estos resultados estarían señalando una cierta independencia de la madurez de la uva y de la calidad global de los vinos, con respecto a los niveles de producción obtenidos en cada uno de los sistemas (Cuadro 3), contrariamente a lo que sostienen numerosos autores (Gallay *et al.*, 1963; Pouget, 1985). Sin embargo, es necesario señalar que dichos autores trabajaron en un mismo sistema de conducción y no en diferentes sistemas como es el caso del presente trabajo. Por otra parte, los resultados señalan una mayor relación de la maduración de las uvas y de la calidad global de los vinos con una forma de copa que permita un menor emboscamiento

del follaje (Schneider, 1985) o de aquella forma de copa que permita un microclima más luminoso y más cálido en el entorno en que maduran los racimos, tal como lo señala Champagnol (1989) o Smart y Robinson (1991).

CONCLUSIÓN

1) Los sistemas de conducción, al determinar la forma de la copa, son capaces de modificar la superficie de hojas bien expuestas, el microclima luminoso y térmico a nivel de racimos, la capacidad de producción de la planta, la maduración de la uva y la calidad del vino obtenido.

2) Para las condiciones agroecológicas existentes, en áreas con fuerte influencia litoral de la zona productora de "Pisco", los sistemas Corral 1,5 m, Sobreespaldera 1,5 m, DCG modificada y Puglia presentan un mejor comportamiento que el sistema Parronal. Por el contrario, el sistema Gable presenta un comportamiento, en muchos aspectos, similar al Parronal. Ello está determinado por un mejor microclima luminoso y térmico a nivel del follaje y de los racimos, en los primeros sistemas nombrados.

3) No obstante el comportamiento promisorio de dichos sistemas, cuando la planta alcanza su pleno desarrollo vegetativo, también logra

niveles de producción muy superiores al Parronal, los cuales en definitiva impiden una adecuada maduración de las uvas, de acuerdo a los criterios señalados por la industria elaboradora de "Pisco".

RESUMEN

La uva destinada a "Pisco" se produce, en un porcentaje significativo, en áreas con fuerte influencia costera, donde la acumulación térmica no supera los 1.372 grados-día (Zona I de Winkler). Por otra parte, el sistema de conducción más empleado es el Parronal, el cual se caracteriza por un deficiente microclima y alta producción. Ambas condiciones impiden una adecuada maduración de las uvas.

Durante las temporadas 1989-90 a 1991-92 (tercera a quinta temporada de producción), en Limarí (IV Región), área que se caracteriza por presentar una fuerte influencia del litoral, se evaluaron con el cv. Pedro Ximenez, diferentes sistemas de conducción, resultantes de la modificación estructural de un Parronal. Los sistemas evaluados fueron el propio Parronal, el

Corral 1,5 m, la Sobreespaldera 1,5 m, la DCG modificada, el Puglia y el Gable.

Los resultados señalan que dichos sistemas de conducción son capaces de modificar la superficie de hojas bien expuestas, el microclima luminoso y térmico a nivel de racimos, la capacidad de producción de las uvas, la maduración de su uva y la calidad del vino obtenido.

Los sistemas Corral 1,5 m, Sobreespaldera 1,5 m, DCG modificada y Puglia presentaron un comportamiento superior al sistema Parronal. Por el contrario, el sistema Gable presentó un comportamiento, en muchos aspectos, similar al Parronal. Ello está determinado por un mejor microclima luminoso y térmico a nivel del follaje y de los racimos, en los primeros sistemas nombrados.

En los sistemas que presentaron un comportamiento promisorio respecto al Parronal, cuando la vid alcanza su pleno desarrollo vegetativo, también logra niveles de producción muy superiores al Parronal los cuales, en definitiva, impiden una adecuada maduración de las uvas, de acuerdo a los criterios señalados por la industria elaboradora de "Pisco".

LITERATURA CITADA

- BALDINI, E. y C. INTRIERI, 1985. Indagini comparative sull'energia radiante disponibile in alcune forme di allevamento della vite. *Inf. Agr.* 61(32): 58.
- BRAVDO, B.; Y. HEPNER; C. LOINGER; S. COHEN and H. TABACMAN, 1984. Effect of crop level on growth yield and wine quality of high yield Cargnane vineyard. *Am. J. Enol. Vitic.* 35(4): 247-252.
- CALO, A.; C.S. LIUNI; B. IANNINI; D. ANTONACCI; M. COLAPIETRA, 1984. Comportement de la vigne en fonction de la variation de quelques paramètres fondamentaux des modes de conduite. *Riv. Vitic. Enol. Conegliano* 37(1): 3-16.
- CARBONNEAU, A., 1989. L' exposition utile du feuillage. Definition du potentiel du système de conduite. *In* Systeme de conduite de la vigne et mecanisation. O.I.V.: 13-33.
- CARBONNEAU, A.; P. CASTERAN et PH. LECLAIR, 1981. Principes de choix de systems de conduite pur des vignobles temperes et definitions pratiques utilisables en reglementation. *Connaissance Vigne Vin* 15(2): 97-124.
- CHAMPAGNOL, F., 1984. Elements de physiologie de la vigne et de viticulture general. 351 pp.
- CHAMPAGNOL, F., 1989. Maîtrise des rendements et qualité. *Progres Agricole et Viticole.* 106(4): 91-98.
- Chile, República de, 1985. Ley 18.455. Diario Oficial de la República de Chile. 11 de noviembre, 32.318: 5.124-5.127.
- GALLAY, R.; H. LEYVRAZ et J. SIMON, 1963. Relation entre la charge de récolte et la qualité de la vendange. *Stations fédérales d'essais agricoles, Lausanne.* Publication 694, 7 pp.
- HOPPING, M.E. 1977. Effect of light intensity during cane development on subsequent cane development on subsequent bud break and yield of "Palomino" grape vines. *N.Z.J. Exp. Agric.* 5: 287-290.
- KLIEWER, W.M., 1981. Grapevine physiology. How does a grapevine make sugar? *Div. Agr. Sc. U. California.* Leaflet 21.231, 13 p.
- KLIEWER, W.M.; BOWEN and M. BENZ, 1989. Influence of shoot orientation on growth and yield development in Cabernet-Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* 44(4): 259-264.
- KRIEDEMANN, P.E., 1968. Photosynthesis in vine leaves as a function of light intensity, temperature and leaf age. *Vitis* 7: 213-220.

- KRIEDEMANN, P.E., 1977. La photosynthèse des feuilles de vigne. OIV Symposium international sur la qualité de la vendange. Le Cap. R.S. Africana. 67-87.
- LITTLE, T., 1984. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Ed. Trillas, México. 270 p.
- MAROIS, J.J.; J.K. NELSON; J.C. MORRISON; L.S. LILE and A.M. BLEDSOE, 1986. The influence of berry contact within grape clusters on the development of *Botrytis cinerea* and epicuticular Wax. Am. J. Enol. Vitic. 37(4): 293-296.
- OUGH, C.S. and W.A. WINTON, 1976. An evaluation of the Davis wines scorecard and individual expert panel members. Amer. J. Enol. Vitic. 27(3): 136-144.
- POUGET, R., 1985. Eléments de réflexion pour une meilleure maîtrise de la production. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 17(2): 117-122.
- PSZCZOLKOWSKI, PH.; M PARDO; O. RUBÍ y S. CAVA, 1989. Influencia de modificaciones estructurales en un Parronal español sobre el microclima, producción y calidad de los vinos. Cienc. Inv. Agr. 16(3): 143-153.
- ROSENQUIST, J.K. and J.C. MORRISON, 1989. Some factors affecting cuticle and wax accumulation on grape berries. Am. J. Enol. Vitic. 40(4): 241-244.
- SANTIBÁÑEZ F.; H. MERLET y H. CASTILLO, 1987. Caracterización agroclimática de la zona pisquera chilena: Fundamentos de la Denominación de Origen. In I Simposio internacional sobre la Denominación de Origen de productos vitivinícolas en América Latina. La Serena, Chile: 228-240.
- SCHNEIDER, C., 1985. Influence de la suppression des entrecoeurs des souches de vigne sur le microclimat lumineux et la récolte. Connaissance Vigne Vin 19(1): 17-30.
- SIEGEL, S., 1976. Estadística no paramétrica. Ed. Trillas, México. 336 p.
- SMART, R., 1985. Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review. Am. J. Enol. Vitic. 36(3): 230-239.
- SMART, R.E. and M. ROBINSON, 1991. Sunlight into wine. A handbook for vinegrape canopy management. Ministry of Agriculture and Fisheries, New Zealand. Winetitles, Adelaida, Australia. 88 pp.
- VAUTIER, H.; J.L. SIMON; F. GNAEGI; W. KOBLET; C. ZARNIER; H. TANNER, 1978. Procesus de maturation des grapes ensoleillées directment et des grapes situées a l'ombre du feuillage (*Vitis vinifera*) R. Suisse Vitic. Arboric. Hortic. 10(1): 7-12.
- WAGNER, R. et H. SIMON, 1983. Etude du microclimat thermique de plusieurs parcelles de vigne ayant le meme mesoclimat. In XVII Congrès international de la vigne et du vin de L'OIV. Le Cap., Afrique du Sud 24-28/10. Viticulture: Milieu Viticole: 37-48.

VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DE UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA EL DISEÑO, OPERACIÓN Y EVALUACIÓN DEL RIEGO POR SURCOS¹

EXPERIMENTAL VALIDATION OF A SIMULATION MODEL FOR THE DESIGN, OPERATION AND EVALUATION OF FURROW IRRIGATION

LUIS A. GUROVICH

Facultad de Agronomía
Pontificia Universidad Católica de Chile
Casilla 306, Santiago 22, Chile

Summary

Water application and distribution efficiencies in furrow irrigation can be significantly improved, if both the design and the operation of the irrigation system are optimized, as related to soil hydraulic characteristics, evaporative atmospheric demand and the increment of crop leaf area index throughout the season. This paper describes an original simulation model, developed as a tool to evaluate the effects of alternative furrow surface hydraulic section management and/or different water application treatments, on irrigation efficiency and its components. The model can be used to simulate furrow irrigation in soils with variable slope, effective depth profile and infiltrability along the irrigated unit; also, variable water inflow rates during the irrigation event can be defined and evaluated; thus, surge irrigation or a variable water inflow hydrogram, considering flow reductions after the end of the irrigation advance phase, can be simulated. Results obtained with the model are highly correlated with data obtained at equivalent field experimental trials.

RESUMEN

Las eficiencias de aplicación y de distribución del agua en el riego por surcos pueden ser mejoradas significativamente, si el diseño y la operación del sistema de riego son realizados considerando las características hidráulicas del suelo, la demanda evaporativa de la atmósfera y el incremento en el índice del área foliar del cultivo a lo largo de la estación de crecimiento de las plantas.

Este artículo describe la validación experimental de un modelo de simulación, que se ha

¹ Este artículo está basado en el trabajo realizado por el autor en el marco del Proyecto FONDECYT 706/90 "Riego Superficial de Alta Eficiencia Agronómica".

Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica con el N° 542/92. Fecha de recepción: 14 de diciembre de 1992.

desarrollado como una herramienta para evaluar los efectos de diferentes técnicas de manejo de la superficie interna de los surcos y/o de tratamientos alternativos de aplicación del agua, sobre la eficiencia del riego y sus componentes.

El modelo puede ser usado para simular el riego por surcos en suelos en pendiente, profundidad efectiva e infiltrabilidad variables a lo largo de la unidad de riego; asimismo, es posible evaluar el riego realizado con caudales de entrada variables durante el proceso, considerando, por ejemplo, la técnica del riego por pulsos o la reducción del caudal de entrada al finalizar la fase de avance.

Los resultados obtenidos con el modelo están altamente correlacionados con datos obtenidos en los ensayos experimentales presentados en este artículo.

INTRODUCCIÓN

El riego superficial es la técnica de aplicación de agua predominante en la agricultura mundial. Entre las diferentes alternativas de riego superficial, el riego por surcos está orientado a cultivos en hileras y huertos frutales que tienen una rentabilidad económica mayor, cuando se les compara con cultivos extensivos; de esta manera, es posible invertir algunos recursos para mejorar la eficiencia del riego por surcos, en aquellas situaciones en que el agua es escasa (Fukuda, 1976; Mejelde *et al.*, 1990, Kruse *et al.*, 1990).

Para aumentar la eficiencia de riego en siste-

$$\frac{\delta Q}{\delta x} + \frac{\delta A}{\delta t} + Ix = 0$$

Ecuación 1a

$$\frac{1}{g} + \frac{\delta V}{\delta t} + \frac{V}{g} + \frac{\delta V}{\delta x} + \frac{\delta y}{\delta x} = S_0 - S_f + \frac{I_x}{2gA}$$

Ecuación 1b

en que:

x = distancia, Q = la velocidad de flujo, t = tiempo, A = la sección hidráulica del surco, I = el flujo de infiltración por unidad de largo del canal o surco, g = la relación entre el peso y la masa V, Q/A = la velocidad promedio en la sección hidráulica, y = la altura del agua sobre el surco, S₀ = la pendiente en el fondo del surco, S_f = la pendiente de fricción del canal.

Las ecuaciones de Saint Venant pueden describir en forma precisa el flujo no permanente de agua en la superficie, en base a las siguientes suposiciones:

mas de riego por surco, su diseño y operación debe estar basado en relaciones cualitativas entre las características hidrodinámicas del suelo y el manejo del agua y del suelo en un campo específico (Gurovich, 1985). Se puede evaluar la calidad de un riego (los componentes de la eficiencia del uso agronómico del agua), utilizando relaciones matemáticas, modelos de simulación o por mediciones directas en parcelas experimentales en el campo (Strelkoff y Souza, 1984). Se han utilizado en forma extensiva las "ecuaciones de Saint Venant" (Saint Venant, 1871), analizadas por Henderson (1986) y Strelkoff (1969), para comprender cuantitativamente los procesos de riego superficial:

- flujo unidimensional.
- las pérdidas de carga con fricción pueden ser calculadas usando las ecuaciones que se aplican en el flujo permanente.
- las diferencias de presiones hidroestáticas se distribuyen a lo largo de una vertical.
- la pendiente del surco es pequeña.
- la densidad del agua es constante.

La infiltración en el perfil del suelo, suponiendo un flujo isotérmico vertical y sin incluir deformaciones del perfil, se puede describir usando la ecuación de Richards (1931).

$$\frac{\delta \theta}{\delta t} = \frac{\delta}{\delta Z} \left[K \frac{\delta h}{\delta Z} \right]$$

Ecuación 2

en que:

θ = Contenido de agua volumétrico, t = tiempo, Z = posición positiva de la coordenada, K = K(θ) = conductividad hidráulica no saturada y h = potencial motriz, expresado como carga hidráulica.

El análisis cuantitativo del riego por surcos se obtiene con la solución simultánea de las ecuaciones de Saint Venant y Richards; sin embar-

go, es difícil obtener soluciones analíticas para estas ecuaciones, para suelos con diferentes características hidrodinámicas y diferentes combinaciones de manejo del suelo y del agua.

Ejemplos de modelos matemáticos aplicados a la solución de las ecuaciones de Saint Venant y Richards han sido publicados por Wallender y Rayej (1985), Schwankl y Wallender (1988) y Bassett *et al.* (1983).

Algunos métodos desarrollados para simular el riego por surco se basan en el enfoque de "balance volumétrico", que está relacionado con la ecuación de continuidad (Yu-si y Bishop, 1965, Hart *et al.*, 1968, Gurovich y Ramos, 1984a, Levien y Souza, 1987, Yu y Singh, 1990, Gurovich, 1992). El modelaje simulativo por métodos numéricos ha sido utilizado para resolver varios problemas de flujo superficial y en muchos casos, la infiltración al interior del perfil del suelo y el avance sobre la superficie interna del surco (radio hidráulico), que ocurren simultáneamente en los campos regados por surcos, se han introducido en estos modelos.

En la mayoría de los modelos de simulación, el frente de avance del agua (flujo superficial) y la infiltración (flujo sub-superficial), están representados por ecuaciones empíricas obtenidas de mediciones de datos en el campo.

Una alta correlación entre las mediciones experimentales en el campo con los modelos de simulación, o sea la validación de los modelos, depende de la ecuación de infiltrabilidad del suelo seleccionada. Para extrapolar los resultados obtenidos con el uso de los modelos de simulación a sitios con suelos de características hidrodinámicas diferentes, los parámetros que se utilizan para definir el flujo de infiltración deben ser independientes de las condiciones iniciales y de bordes (Hillel, 1980).

En este trabajo se presenta la validación de un modelo de simulación de los procesos de avance e infiltración simultáneos del agua en el suelo, para el riego por surcos. Los resultados obtenidos con el modelo descrito por Gurovich (1992) son validados con datos de campo, obtenidos en mediciones realizadas en ensayos experimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo de simulación

El modelo de simulación desarrollado para este trabajo ha sido descrito en detalle por Gurovich (1992) y Salvo García (1992). El modelo permite simular el riego por surcos en suelos homogéneos o heterogéneos, y en base a los valores de caudal de entrada y tiempos de avance es posible determinar la sección hidráulica del surco, las láminas infiltradas a lo largo del

campo regado, el tiempo de contacto entre el suelo y el agua en cada punto a lo largo del surco, así como la eficiencia agronómica del riego y sus componentes.

La simulación del flujo de entrada en cada punto a lo largo del surco, y del tiempo de avance sobre la superficie, está basada en la iteración de las funciones que definen el flujo de agua simultáneo en el avance y en la infiltración. En el caso de suelos heterogéneos, el modelo realiza iteraciones encadenadas de estas funciones, en cada punto donde se producen cambios en las características del suelo. La versión actual del programa de computación que implementa el modelo, permite simular cambios de condiciones en un solo punto a lo largo del surco.

Validación del modelo en ensayos de campo

Los ensayos de campo presentados en este artículo se realizaron en la Estación Experimental de Pirque de la Universidad Católica de Chile, en la primavera 1991 y en el verano de 1992. Cuatro técnicas de riego por surcos fueron evaluadas:

- 1) Surco tradicional, con un caudal de entrada constante durante todo el evento de riego, sin cultivar o disturbar la sección hidráulica del surco después del primer riego.
- 2) Surco cultivado, tratamiento en el que se mantuvo un caudal de entrada constante, pero el surco se reconstruyó después de cada evento de riego.
- 3) Riego por pulsos, con cuatro aplicaciones de agua, separadas por 24 h, para cada evento de riego. La entrada de agua fue interrumpida cuando el frente de avance alcanzó 2/3 del largo del surco; el surco fue reconstruido antes de cada evento de riego.
- 4) Caudal reducido, tratamiento en el que el caudal de entrada se redujo un 50% después de terminarse la fase de avance: el surco se mantiene sin cultivar después del primer riego.

Durante cada evento de riego, la velocidad del flujo de agua en el surco se midió en el punto de entrada, en un punto ubicado en la mitad del largo del surco y al final del surco, por medio de aforadores triangulares nivelados y un

oscilómetro digital (Nixon Instrumentation Streamflow Velocity Meter, Mod. 422); se reguló con especial cuidado el caudal de entrada, con el fin de mantener una altura del agua dentro del aforador, que no modificara significativamente el perímetro de mojado. Las curvas de avance y recesión se determinaron con observaciones en el campo; asimismo, antes y después de cada riego, se determinó el contenido de agua a diferentes profundidades, con una sonda neutrométrica (Troloxer Electronic Laboratories Inc. Mod. 2551); el contenido gravimétrico de agua en la estrata 0 - 30 cm se determinó por doble pesada (suelo húmedo - suelo seco), en muestras de suelo.

El suelo en el sitio experimental se clasifica como un Ultic Haploxeroll (Mollisol), con una pendiente constante de 0,5% a lo largo del surco. Los datos necesarios para validar el modelo de simulación incluyen el largo del surco (87 m), su ancho, pendiente, caudal de entrada, duración de la entrada de agua al surco, curvas de avance y recesión, el coeficiente de rugosidad de Manning, estimado de acuerdo a Walker y Skogerboe (1983) y la infiltrabilidad del suelo, usando la técnica del U.S. Soil Conservation Service (1974). El cálculo de las láminas de agua infiltradas para cada intervalo de tiempo y para cada sección del surco, se realizó en base a un enfoque de "balance de volumen", descrito por Guróvich y Ramos (1984 a, b).

La distribución de láminas de agua infiltradas a lo largo del surco se calculó usando el análisis de regresión para el tiempo de contacto efectivo y el volumen de agua efectivamente infiltrado en cada sección del surco: la curva de regresión obtenida se comparó gráficamente con las curvas presentadas por el U.S. Soil Conservation Service (1974), para seleccionar una "familia de infiltración" que representa las características hidrodinámicas del suelo. Los parámetros definidos para cada curva (US-SCS, 1974), fueron usados en el modelo de simulación.

En la misma área experimental se utilizó un surco más largo (125 m), cuyos 42 m iniciales corresponden a un perfil que puede ser caracterizado en su infiltrabilidad por la "familia de infiltración" N° 14. El resto del surco corresponde a un suelo más arenoso, representado por la "familia de infiltración" N° 10 (US-SCS, 1974).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

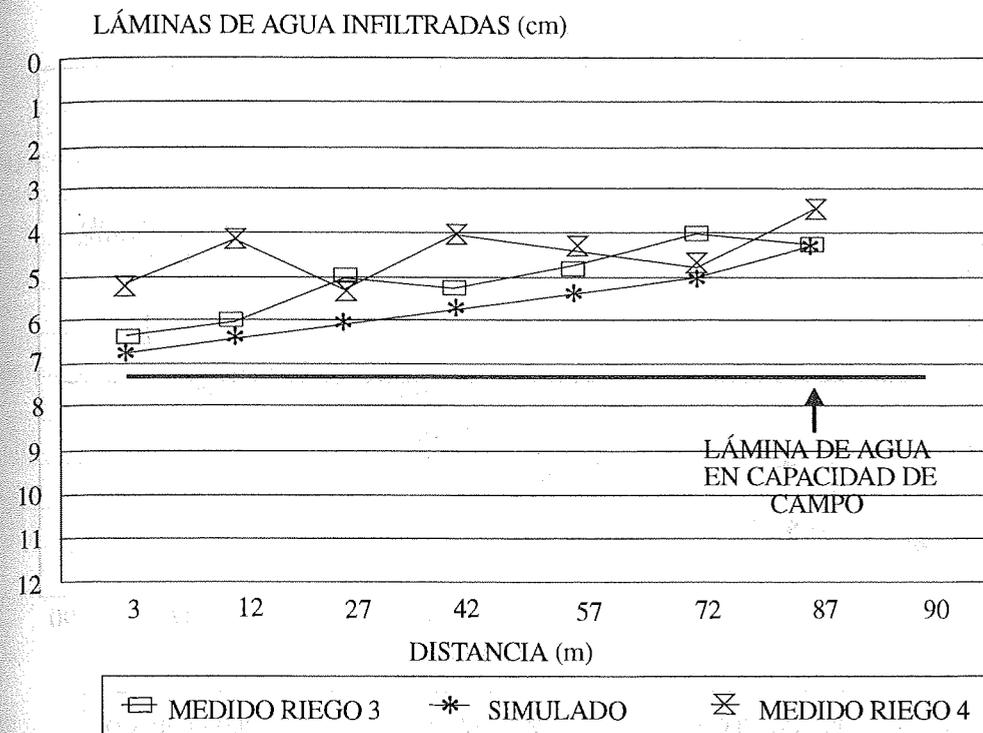
La distribución de láminas de agua infiltradas a lo largo del surco, para el tratamiento 1 (surco tradicional), se presenta en la Figura 1, para el tercer y cuarto eventos de riego; en este tratamiento, el surco no fue cultivado o reconstruido después del primer evento de riego de la temporada y no hay una reducción en el caudal de entrada durante toda la duración del riego. De esta manera, una parte muy significativa del volumen total de agua ingresado al surco se pierde por escurrimiento superficial al final del surco (Cuadro 1).

En el primer riego de la temporada, el tiempo de contacto [tc] = 330 min, ha sido adecuado para almacenar en el suelo suficiente agua como para dejar en capacidad de campo hasta 1 m de profundidad el perfil del suelo, en el último tercio del surco.

Después de dos riegos adicionales, la infiltrabilidad del suelo se ha reducido significativamente y la capacidad de campo no se alcanza en ningún punto a lo largo del surco; la reducción en las láminas de agua infiltradas y el incremento en el agua perdida por escurrimiento superficial, determinan una muy baja eficiencia de aplicación (8,6%); la eficiencia agronómica total (4,3%) indica las limitaciones de este sistema de riego por surco tradicional. Los valores anteriores son extremadamente bajos y se han medido en terreno en los suelos franco-limosos de la zona central de Chile, cuando se ha repetido el riego varias veces, sin alterar el radio hidráulico del surco entre riegos consecutivos.

Los resultados obtenidos con el modelo de simulación muestran buena correlación con los datos medidos en el ensayo; el modelo considera, desde un punto de vista cuantitativo, adecuadamente la reducción en la infiltrabilidad del suelo debida al sellamiento por la acción mecánica del flujo de agua y por la deposición de partículas de suelo presentes, en forma de sedimentos, en el agua de riego.

Para infiltrar en el tramo final del surco una lámina de agua equivalente a capacidad de campo [tc] debe ser incrementado por un factor 1,83 y así la eficiencia de aplicación se reduce aún más. En la mayoría de los casos, la descripción del tratamiento 1 corresponde a la situación real que se observa en la práctica del riego



PROYECTO FONDECYT 706/90

FIGURA 1

LÁMINAS INFILTRADAS A LO LARGO DEL SURCO.

T1: CAUDAL DE ENTRADA CONSTANTE, SUPERFICIE DEL SURCO NO DISTURBADA, INFILTRABILIDAD DEL SUELO HOMOGÉNEA, PENDIENTE Y RUGOSIDAD A LO LARGO DEL SUELO HOMOGÉNEAS

Water depths infiltrated along the furrow.

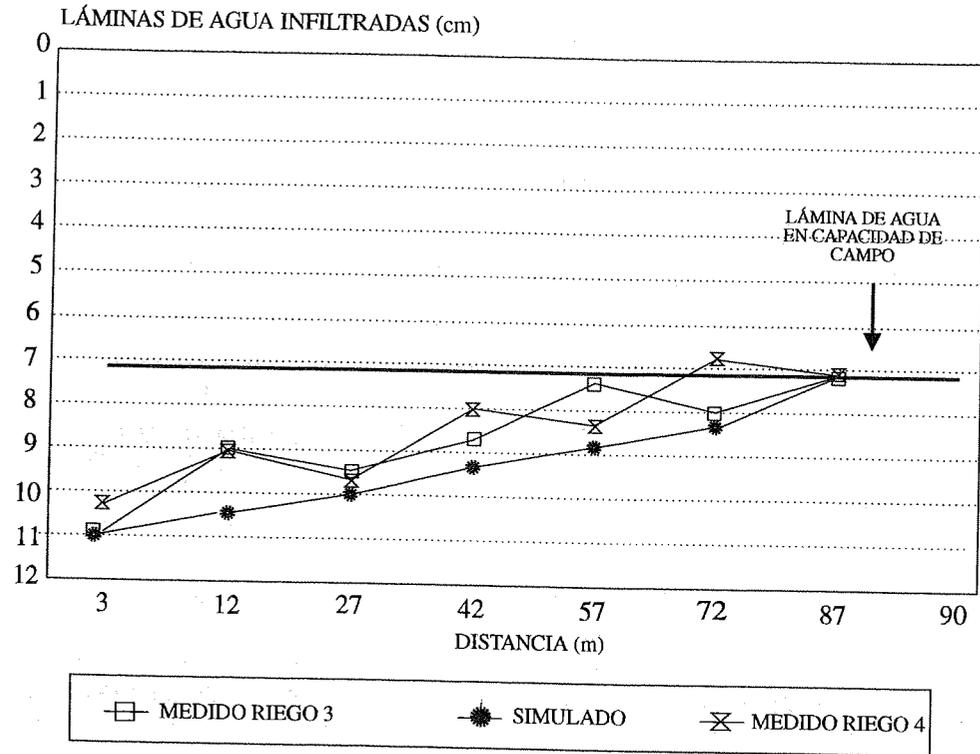
Treatment 1

CUADRO 1

EVALUACIÓN DEL RIEGO PARA SURCOS NO DISTURBADOS. TERCER Y CUARTO EVENTOS DE RIEGO DE LA TEMPORADA 1991-1992

Irrigation evaluation for undisturbed furrows. Third and fourth irrigation events in 1991 - 92 season

Parámetros para evaluar la eficiencia de riego	[unidades]	Riego 3		Riego 4	
		Medido en terreno	Modelo de simulación	Medido en terreno	Modelo de simulación
Tiempo de avance (ta)	[min]	27,00	24,50	27,00	24,50
Tiempo de contacto promedio (tc)	[min]	333,00	364,00	333,00	364,00
Lámina de infiltración promedio (hi)	[cm]	5,08	5,02	4,50	4,70
Volumen total de entrada	[m ³]	31,37	34,29	31,37	34,29
Eficiencia de aplicación	[%]	10,58	9,54	9,36	8,93
Volumen infiltrado	[m ³]	3,32	3,27	2,94	3,06
Volumen almacenado	[m ³]	3,32	3,27	2,94	3,06
Volumen de percolación profunda	[m ³]	0,00	0,00	0,00	0,00
Escurrecimiento superficial	[m ³]	28,05	31,02	28,43	31,23
Eficiencia de almacenamiento	[%]	93,21	86,01	62,52	78,80
Eficiencia de distribución	[%]	84,70	73,53	88,79	76,33
Eficiencia Agronómica	[%]	8,35	6,04	5,20	5,37



PROYECTO FONDECYT 706/90

FIGURA 2

LÁMINAS DE AGUA INFILTRADAS A LO LARGO DEL SURCO.

T2: CAUDAL DE ENTRADA CONSTANTE, SUPERFICIE DEL SURCO RECONSTRUIDA ANTES DE CADA EVENTO DE RIEGO, SUELO HOMOGÉNEO EN INFILTRABILIDAD, PENDIENTE Y RUGOSIDAD

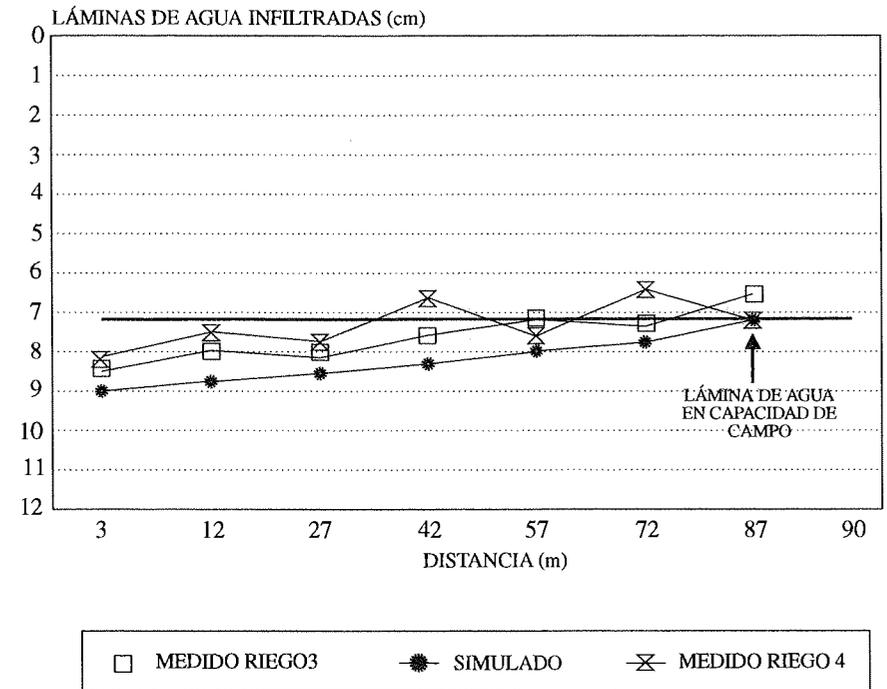
Water depths infiltrated along the furrow.
Treatment 2

CUADRO 2

DATOS DE RIEGO PARA SURCOS RECONSTRUIDOS ANTES DE CADA RIEGO. TERCER Y CUARTO EVENTOS DE RIEGO DE LA TEMPORADA 1991-92

Irrigation evaluation for reconstructed furrows.
Third and fourth irrigation events in 1991-92 season

Parámetros para evaluar la eficiencia de riego		Riego 3		Riego 4	
		Medido en terreno	Modelo de simulación	Medido en terreno	Modelo de simulación
Tiempo de avance (ta)	[min]	48,50	53,40	48,50	53,40
Tiempo de contacto promedio (tc)	[min]	455,00	502,00	455,00	502,00
Lámina de infiltración promedio (hi)	[cm]	8,67	9,30	8,41	9,30
Volumen total de entrada	[m ³]	42,86	47,29	42,86	47,29
Eficiencia de aplicación	[%]	10,94	9,72	10,85	9,72
Volumen infiltrado	[m ³]	5,66	6,07	5,49	6,07
Volumen almacenado	[m ³]	4,69	4,60	4,65	4,60
Volumen de percolación profunda	[m ³]	0,97	1,47	0,84	1,47
Escurrimiento superficial	[m ³]	37,20	41,22	37,37	41,22
Eficiencia de almacenamiento	[%]	79,56	70,73	81,07	70,73
Eficiencia de distribución	[%]	88,78	88,90	87,99	88,90
Eficiencia Agronómica	[%]	7,73	6,11	7,74	6,11



PROYECTO FONDECYT 706/90

FIGURA 3

LÁMINAS DE AGUA INFILTRADAS A LO LARGO DEL SURCO.

T3: RIEGO POR PULSOS. 4 CICLOS DE APLICACIÓN DEL AGUA SEPARADOS POR 24 HORAS, CAUDAL DE ENTRADA CONSTANTE. EL FLUJO DE ENTRADA SE INTERRUMPE CUANDO SE HAN COMPLETADO 2/3 DE LA FASE DE AVANCE

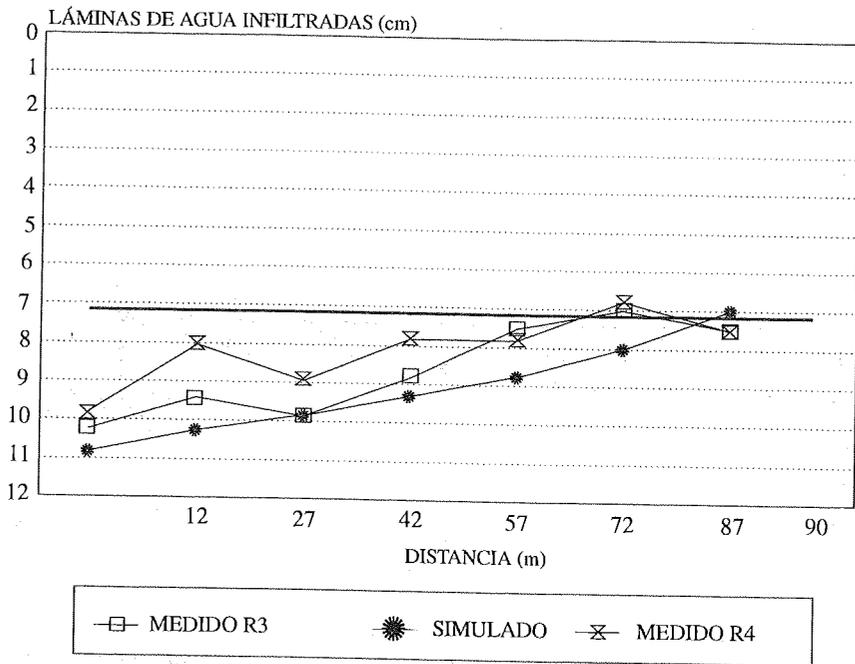
Water depths infiltrated along the furrow.
Treatment 3

CUADRO 3

EVALUACIÓN DEL RIEGO POR PULSOS (4 CICLOS EN CADA EVENTO DE RIEGO). TERCER Y CUARTO EVENTOS DE RIEGO EN LA TEMPORADA

Surge irrigation evaluation.
Third and fourth irrigation events in 1991-92 season

Parámetros para evaluar la eficiencia de riego		Riego 3		Riego 4	
		Medido en terreno	Modelo de simulación	Medido en terreno	Modelo de simulación
Tiempo de avance (ta)	[min]	41,00	46,00	41,00	46,00
Tiempo de contacto promedio (tc)	[min]	341,00	392,00	341,00	392,00
Lámina de infiltración promedio (hi)	[cm]	6,39	6,93	6,16	6,93
Volumen total de entrada	[m ³]	32,12	36,93	32,12	36,93
Eficiencia de aplicación	[%]	65,92	70,69	65,01	70,69
Volumen infiltrado	[m ³]	4,17	4,52	4,02	4,52
Volumen almacenado	[m ³]	4,12	3,90	3,68	3,90
Volumen de percolación profunda	[m ³]	0,05	0,62	0,34	0,62
Escurrimiento superficial	[m ³]	10,90	10,20	10,90	10,20
Eficiencia de almacenamiento	[%]	92,84	86,01	93,21	86,01
Eficiencia de distribución	[%]	77,71	81,60	80,98	81,60
Eficiencia Agronómica	[%]	47,55	49,61	49,07	49,61



PROYECTO FONDECYT 706/90

FIGURA 4

LÁMINAS DE AGUA INFILTRADAS A LO LARGO DEL SURCO.
T4: REDUCCIÓN DE UN 50% DEL CAUDAL DE ENTRADA DESPUÉS QUE LA FASE DE AVANCE SE HA COMPLETADO. SUELO HOMOGÉNEO EN INFILTRABILIDAD, PENDIENTE Y RUGOSIDAD A LO LARGO DEL SURCO

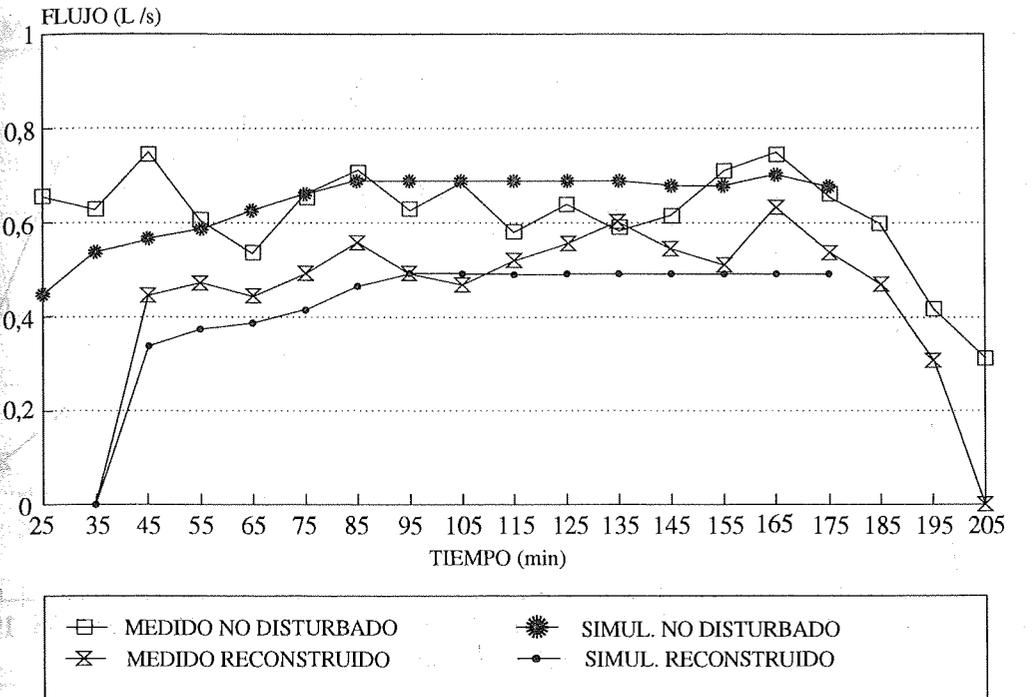
Water depths infiltrated along the furrow.
Treatment 4

CUADRO 4

DATOS DE RIEGO PARA EL TRATAMIENTO 4, QUE REDUCE EL CAUDAL DE ENTRADA EN 50% DESPUÉS QUE SE COMPLETA LA FASE AVANCE; EL SURCO NO ES RECONSTRUIDO ANTES DE CADA EVENTO DE RIEGO

Irrigation evaluation for treatment 4
(50 percent reduction in inflow rate after the advance phase is completed)

Parámetros para evaluar la eficiencia de riego	Unidad	Riego 3		Riego 4	
		Medido en terreno	Modelo de simulación	Medido en terreno	Modelo de simulación
Tiempo de avance (ta)	[min]	48,50	53,40	48,50	53,40
Tiempo de contacto promedio (tc)	[min]	487,00	499,00	487,00	499,00
Lámina de infiltración promedio (hi)	[cm]	7,11	7,56	6,70	7,56
Volumen total de entrada	[m ³]	25,22	26,02	25,22	26,02
Eficiencia de aplicación	[%]	55,77	54,76	56,49	54,76
Volumen infiltrado	[m ³]	4,64	4,93	4,37	4,93
Volumen almacenado	[m ³]	3,78	3,70	3,82	3,70
Volumen de percolación profunda	[m ³]	0,87	1,23	0,55	1,23
Ecurrimiento superficial	[m ³]	10,29	10,54	10,43	10,54
Eficiencia de almacenamiento	[%]	79,90	72,96	85,75	72,96
Eficiencia de distribución	[%]	66,04	71,41	70,87	71,41
Eficiencia Agronómica	[%]	29,43	28,53	34,33	28,53



PROYECTO FONDECYT 706/90

FIGURA 5

HIDROGRAMAS DE FLUJO DE AGUA MEDIDOS EN UN PUNTO UBICADO A 50 M DE LA ENTRADA DEL AGUA AL SURCO, POR MEDIO DE UN VERTEDERO TRIANGULAR Y CON UN MEDIDOR DE FLUJO EVENTO DE RIEGO N° 3

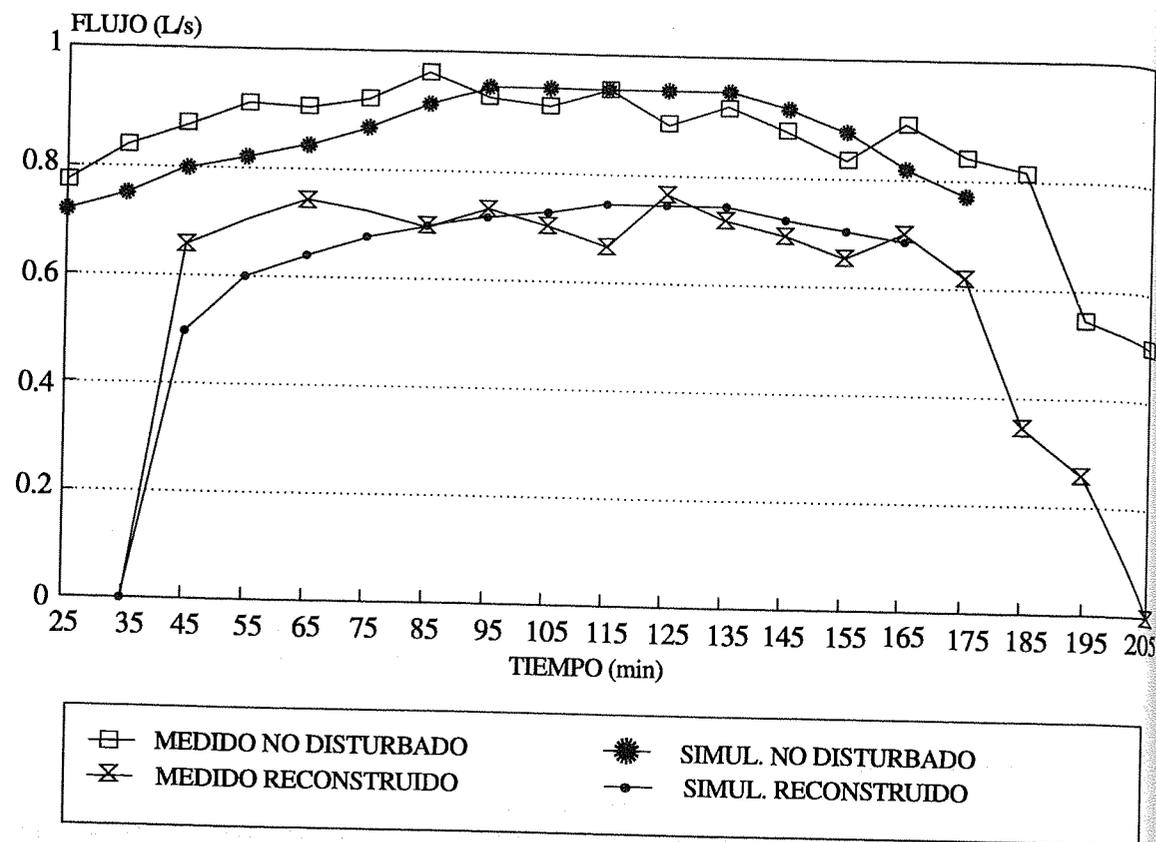
Hydrograms measured at the center of the furrow.
Treatments 1 and 2. Irrigation event N° 3

CUADRO 5

SUELO HETEROGÉNEO, CON UN CAMBIO EN LA FAMILIA DE INFILTRACIÓN A LOS 42 M. EL FLUJO DE AGUA SE REDUCE 50% AL FINAL DE LA FASE DE AVANCE Y EL SURCO ES RECONSTRUIDO ANTES DE CADA EVENTO DE RIEGO

Irrigation evaluation for an heterogeneous soil. A change in infiltration rate occurs at 42 m (Water inflow rate is reduced 50 percent after the advance phase is completed and the furrow is reconstructed before each irrigation event)

Parámetros para evaluar la eficiencia de riego	Unidad	Riego 3		Riego 4	
		Medido en terreno	Modelo de simulación	Medido en terreno	Modelo de simulación
Tiempo de avance (ta)	[min]	38,00	42,00	38,00	42,00
Tiempo de contacto promedio (tc)	[min]	345,00	352,00	345,00	352,00
Lámina de infiltración promedio (hi)	[cm]	8,90	8,70	8,20	8,30
Volumen total de entrada	[m ³]	18,00	18,60	18,00	18,60
Eficiencia de aplicación	[%]	39,10	38,50	34,20	36,50
Volumen infiltrado	[m ³]	8,00	7,80	7,40	7,40
Volumen almacenado	[m ³]	7,00	7,10	6,20	6,80
Volumen de percolación profunda	[m ³]	1,00	0,70	1,20	0,70
Ecurrimiento superficial	[m ³]	10,00	10,70	10,70	11,10
Eficiencia de almacenamiento	[%]	59,30	62,80	71,10	70,00
Eficiencia de distribución	[%]	97,40	98,10	98,80	99,90
Eficiencia Agronómica	[%]	22,60	23,70	24,00	25,50



PROYECTO FONDECYT 706/90

FIGURA 6

HIDROGRAMAS DE FLUJO DE AGUA MEDIDOS EN UN PUNTO UBICADO A 50 M DE LA ENTRADA DEL AGUA AL SURCO, POR MEDIO DE UN VERTEDERO TRIANGULAR Y CON UN MEDIDOR DE FLUJO. EVENTO DE RIEGO Nº 4

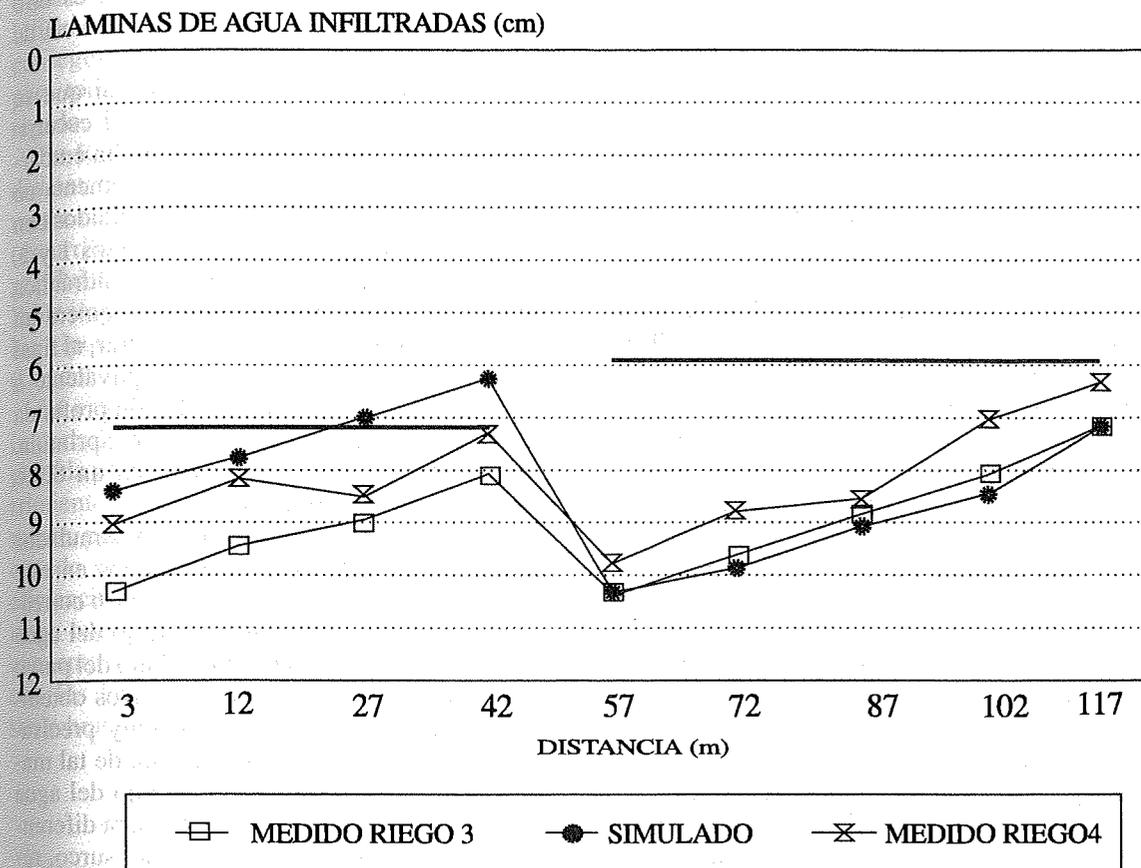
*Hydrograms measured at the center of the furrow.
Treatments 1 and 2. Irrigation event Nº 4*

por surcos en el campo y las láminas infiltradas rara vez recuperan el contenido del agua del suelo correspondiente a capacidad de campo hasta la profundidad efectiva del perfil, creando así una disponibilidad restringida de agua para las plantas en el suelo. Este riego deficitario se hace más y más severo, a medida que la estación de riego avanza hacia el verano, afectando negativamente los rendimientos de los cultivos, aun si la frecuencia de riego, calculada en base a estimaciones de evapotranspiración, es establecida correctamente, y cada

evento de riego se programa de acuerdo con esta estimación.

Para el tratamiento 2 (surcos reconstruidos antes de cada riego) la distribución de láminas infiltradas a lo largo del surco se presenta en la Figura 2. Las láminas de agua almacenadas en el perfil hasta 1 m de profundidad, en el último tercio del largo del surco, corresponden a capacidad de campo (lámina equivalente a 7,2 cm). La eficiencia agronómica del riego y sus componentes se presentan en el Cuadro 2.

Un mejoramiento en la eficiencia de aplica-



PROYECTO FONDECYT 706/90

FIGURA 7

LÁMINAS DE AGUA INFILTRADAS A LO LARGO DEL SURCO.

T5: SUELO HETEROGÉNEO, CAMBIO EN LA FAMILIA DE INFILTRABILIDAD EN EL PUNTO 42 M. EL SURCO ES RECONSTRUIDO ANTES DE CADA EVENTO DE RIEGO. EL CAUDAL DE AGUA ES REDUCIDO EN UN 50% AL FINALIZAR LA FASE DE AVANCE

*Water depths infiltrated along the furrow.
Heterogenous soil (see Table 5)*

ción se alcanza cuando el surco es reconstruido antes de cada riego, comparado con el tratamiento 1 (suelo no disturbado). Los datos calculados con el modelo de simulación son similares a aquellos obtenidos en mediciones hechas en el campo, indicando que el modelo de simulación puede proveer predicciones ciertas acerca de la forma del frente de infiltración dentro del perfil del suelo, así como de los componentes de la eficiencia agronómica, considerando la reducción de la infiltrabilidad del suelo cuando la sección hidráulica del surco se mantiene inalterada entre eventos de riego.

Para infiltrar una lámina de agua equivalente a capacidad de campo al final del surco, el tiempo de contacto en el punto de entrada causa una percolación profunda equivalente al 17,1% del volumen total infiltrado para el tercer riego y de 15,3% para el cuarto riego. Esta disminución paulatina de la percolación profunda se debe el sellamiento paulatino del suelo, más abajo de la estrata (3 a 5 cm) removida cada vez que el surco es reconstruido.

En este tratamiento, el flujo de entrada no se reduce, por eso el escurrimiento superficial representa 86,7% del total del volumen de entra-

da. Estas dos fuentes de pérdidas de agua determinan una baja eficiencia de riego, tal como es presentada en el Cuadro 2. El único mejoramiento alcanzado con la reconstrucción del surco antes de cada evento de riego, es la posibilidad del frente interno de agua de alcanzar una mayor profundidad en el perfil, en menos tiempo que aquel que es necesario en el suelo no disturbado (tratamiento 1).

La evaluación del riego por pulsos (tratamiento 3) se presenta en la Figura 3, en relación con la distribución de láminas de agua infiltradas a lo largo del surco. Con esta técnica de riego se logra un incremento significativo en la uniformidad de las láminas infiltradas dentro del perfil del suelo, comparado con los resultados correspondientes a los tratamientos 1 y 2. Para el tratamiento de riego por pulsos, los datos relevantes para evaluar la eficiencia agronómica y sus componentes se presentan en el Cuadro 3.

El escurrimiento superficial se reduce en el riego por pulsos, porque, después de terminar los 4 ciclos o pulsos de riego, el caudal de entrada se reduce a un 50% del valor inicial, hasta que se completa el tiempo de contacto [tc] necesario para infiltrar la lámina correspondiente a capacidad de campo al final del surco.

El modelo de simulación desarrollado en este trabajo se valida con los datos presentados en la Figura 3 y en el Cuadro 3. La eficiencia de aplicación del agua se incrementa dramáticamente cuando se usa el riego por pulsos, comparado con un flujo continuo de agua, debido a la reducción en el escurrimiento superficial.

Es posible que la eficiencia obtenida con el riego por pulsos pueda ser mejorada aún más, incrementando el número de ciclos necesario para completar este evento de riego y con el uso de un criterio aún más restrictivo para fijar el momento de interrupción del flujo de entrada de agua al surco en cada pulso. Restricciones económicas o de disponibilidad de agua o mano de obra para operar un sistema de riego por pulsos altamente sofisticado, pueden ser factores limitantes, que deben considerarse para aumentar adicionalmente la eficiencia agronómica del riego, al incrementar el número de ciclos o pulsos y realizar el corte de agua cuando el frente de avance en el surco alcance 1/3 o 1/2 del largo total de éste.

La reducción del caudal de entrada en un 50% de su valor inicial, una vez que se comple-

ta la fase de avance (tratamiento 4), es otro enfoque usado para aumentar la eficiencia de riego (Cuadro 4).

Los datos en el Cuadro 4 indican que se logra una reducción significativa del escurrimiento superficial con esta técnica. Sin embargo, la percolación profunda se incrementa en forma notoria, al comparar estos resultados con aquellos obtenidos con los tratamientos 1 y 2, debido a la reducción en la sección hidráulica dentro del surco; en este caso, se requiere un mayor tiempo de contacto para infiltrar, al final del surco, una lámina de agua equivalente a capacidad de campo y la percolación profunda en el punto de entrada no puede ser suprimida. La percolación profunda representa un 8,5% del total de agua infiltrada.

Hidrogramas de flujo medidos y simulados para 2 de los tratamientos estudiados en este trabajo se presentan en las Figuras 5 y 6 correspondiendo a las velocidades de flujo del agua en un punto situado 50 m aguas abajo del punto de entrada de agua al surco. Los datos obtenidos con el modelo representan muy precisamente el flujo real de agua medido, de tal manera que las predicciones en el flujo del agua que son obtenidas con el modelo, para diferentes sistemas de diseño y manejo del surco, resultan totalmente validadas. Resultados similares se obtienen para las medidas de flujo obtenidas en vertederos ubicados al comienzo y al final del surco.

En este modelo, la información de velocidad de flujo del agua es altamente relevante para calcular las láminas de agua infiltradas y para establecer el escurrimiento superficial total. La alta correlación ($r^2 = 0,91$) entre datos medidos y valores predichos mediante el uso del modelo, indican que nuevas validaciones del modelo deben concentrarse más en la evaluación de las láminas de agua infiltradas, que en las mediciones de los caudales en puntos diferentes a lo largo del surco.

La distribución de las láminas de agua infiltradas a lo largo de un surco de 125 m que tiene una infiltrabilidad no uniforme se presenta en la Figura 6, indicando el efecto de cambios en la infiltrabilidad del suelo sobre los componentes de la eficiencia de riego. Estos resultados (Figura 7 y Cuadro 5) indican la necesidad de separar ambos tipos de suelos en términos de manejo del riego, y de establecer estrategias de riego diferentes en cada unidad de manejo, para

obtener uniformidad en las láminas de agua infiltradas a lo largo del surco, con el objeto de conseguir una disponibilidad de agua similar para todas las plantas, a lo largo del campo regado.

En forma similar a los resultados presentados anteriormente, el modelo simula correctamente tanto el flujo de agua sobre la superficie (escurrimiento), como el flujo al interior del perfil del suelo (infiltración), cuando la "familia de infiltración" que representa a cada uno de los tipos de suelo se define correctamente (Cuadro 5).

En este suelo heterogéneo, una proporción importante del volumen de agua infiltrado es perdida por percolación profunda, pero el escurrimiento superficial se reduce considerablemente, por la reducción en el caudal de entrada cuando se completa la fase de avance; así, la eficiencia agronómica y sus componentes en el riego realizado en este suelo heterogéneo se encuentra en un rango intermedio, comparada con los tratamientos 1, 2 y 3, evaluados en suelo homogéneo en cuanto a su infiltrabilidad.

LITERATURA CITADA

- ALEMI, M. and D. GOLDHAMER. 1988. Surge Irrigation Optimization Model. Trans. of the ASAE 28(6): 519-526.
- BASSETT, D.L.; W.E. BOWE; G.J. WEATHERLY y R.G. EVANS. 1983. FURROW performance under temporally varied inflow. Am. Soc. Agr. Eng. Paper 83-2015.
- DUKE, H. y P.G. McCORMIK. 1988. Field Evaluation Procedure for Surge Irrigation. Am. Soc. Agr. Eng. Paper 88-2081.
- ELLIOT, R.L.; W.R. WALKER y G.B. SKOGERGÖE. 1982. Infiltration Parameters from FURROW Irrigation Advance Data. Trans. of the ASAE 26(6): 1726-1731.
- FUKUDA, H. 1976. Irrigation in the World. Tokyo: University of Tokyo Press. 341 p.
- GUROVICH, L. 1985. Fundamentos y Diseño de Sistemas de Riego. IICA: Interamerican Institute for Cooperation in Agriculture. San José, Costa Rica. 431 p.
- GUROVICH, L. 1992. Un Modelo de Simulación para la Evaluación de Alternativas de Diseño y Operación del Riego por Surco. Ciencia e Investigación Agraria. 19(2): 137-153.
- GUROVICH, L. y R. RAMOS. 1984a. Un modelo computarizado para diseñar sistemas de riego por bordes. Ciencia e Investigación Agraria 11(1): 35-48.
- GUROVICH, L. y R. RAMOS. 1984b. Parametrización del diseño del sistema de riego por bordes. Ciencia e Investigación Agraria 11(1): 49-62.
- HART, W.E.; D.L. BASSETT y T. STRELKOFF. 1968. Surface Irrigation Hydraulics-Kinematics. Proc. Am. Soc. Civ. Engr. Irig. and Drain. J. 94(IR-4): 419-440.
- HENDERSON, F.M. 1966. Open Channel Flow. MacMillan, N. York. 522 p.
- HILLEL, D. 1980. Application of soil physics. Academic Press Inc. New York. 413 pp.
- KRUSE E.G.; D.A. BUCKS y R.D. VAN BERNUTH. 1990. Comparison of Irrigation Systems. In: Irrigation of Agricultural Crops. Editors: B.A. Stewart and D.R. Nielsen, 475-508, Madison, WI: ASA - CSSA - SSA.
- LEVIEN S. y SOUZA, F. 1987. Algebraic computation of flow in furrow irrigation. J. Irrig. and Drain. Engrg., ASCE, 113(3): 367-377.
- MJELDE, J.W.; R.D. LACEWELL; H. TALPAZ y C.R. TAYLOR. 1990. Economics of Irrigation Management. In: Management of Farm Irrigation Systems. Editors: G.J. Hoffman, T.A. Howell and K.H. Solomon. American Society of Agricultural Engineers Monograph.

CONCLUSIONES

Un incremento significativo en la eficiencia de riego puede obtenerse con procedimientos de manejo simple, como por ejemplo, remover antes de cada riego el sello delgado que se forma en la sección hidráulica del surco, reducir el caudal de entrada después que se termina la fase de avance, separar en diferentes unidades de manejo suelos con diferente infiltrabilidad, y por medio del uso de la técnica de riego por pulsos.

El modelo para la evaluación del riego por surcos desarrollado en este trabajo ha sido validado con procedimientos experimentales y puede ser usado para predecir la eficiencia agronómica del riego y sus componentes, resultante de diferentes prácticas de manejo del suelo y de hidrogramas variables de entrada de agua al surco.

- RICHARDS A. 1931. Capillary conduction of liquids in porous mediums. *Physics* 1: 318-333.
- SAINT VENANT, A.J.; C. BARRÉ DE. 1871. Theory of the non permanent movement of waters with application to the floods of rivers. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences* 73: 147-54 and 237-240.
- SCHWANKL, W. y W. WALLENDER. 1988. Zero inertia furrow modeling with variable infiltration and hydraulic characteristics. *Trans. of the ASAE* 31(5): 1470-1475.
- SALVO, J. y L. GARCÍA. 1992. Optimización de la Eficiencia Agronómica del Método de Riego por Surcos. Tesis, P. Universidad Católica de Chile. 234 p.
- STRELKOFF, T. 1969. One dimensional equation of open Channel Flow. *Proc. Am. Soc. Civ. Eng., Hydr. Div. J.*: 95(HY-3): 861-876.
- STRELKOFF, T. y N.D. KATOPODES. 1977. End depth under zero inertia conditions. *Proc. Am. Soc. Civ. Engr., Hydr. Div. J.* 103(HY-7): 699-711.
- STRELKOFF, T. y F. SOUZA. 1984. Modeling effect of depth on furrow infiltration. *ASCE J. of the Irrig. and Drain. Div.* 110(IR-4): 375-387.
- US Soil Conservation Service. 1974. Border Irrigation. Ch. 4 Sect. 15 National Engineering Handbook.
- WALKER, W. y A. HUMPHERYS. 1983. Kinematic wave in irrigation furrow. *J. Irrig. and Drain. Engr.* ASCE 109(4): 377-382.
- WALKER, W. y SKOGERBOE, G. 1983. Teoría y práctica del riego superficial. Diseño y evaluación. Utah State University, Logan. Utah, Estados Unidos.
- WALLENDER, W. y M. RAYEJ. 1985. Zero inertia surge model with wet dry advance. *Trans. of the ASAE* 28(5): 1530-1534.
- YU-SI, F. y A.A. BISHOP. 1965. Analysis of water advance in surface irrigation. *Proc. Am. Soc. Civ. Engr., Irrig. and Drain. Div. J.* 91: 101-115.
- YU, F.X. y V. SING. 1990. Analitical model for furrow irrigation. *J. Irrig. Drain Eng., ASCE* 116(2): 154-170.

EFFECTO DE MICORRIZAS V-A SOBRE LA FIJACIÓN DE N₂ EN TRÉBOL BLANCO EN SUELOS DE LA ZONA SUR DE CHILE

EFFECT OF V-A MYCORRHIZAE ON N₂ FIXATION IN WHITE CLOVER GROWING IN SOILS OF THE SOUTHERN REGION OF CHILE

HORACIO URZÚA, PATRICIO MUÑOZ y FERNANDO BORIE¹

Departamento de Ciencias Vegetales

Facultad de Agronomía

Pontificia Universidad Católica de Chile

Casilla 306, Correo 22, Santiago

Summary

V-A mycorrhizas were tested on their infection ability and their effect on N₂ fixation by white clover growing in pots with soils from the southern region of Chile, which are characterized by their high P retention capacity. Treatments were: control (non-mycorrhizas, non-P); native mycorrhizas (non-P); selected mycorrhizas (non-P) (*Glomus spp.*); native mycorrhizas + P; selected mycorrhizas + P and P as superphosphate (non-mycorrhizas). All seeds were inoculated with effective *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* strains. Two cuttings of clover were done after 14 and 19 weeks. Dry matter production of clover, N-accumulation, nodules number, nitrogenase activity (C₂H₂), mycorrhizal infection and P-uptake were determined. Additionally, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe and Mn-uptake were measured.

Inoculation with mycorrhizas V-A resulted in a larger P nutrition. This had a positive effect on N₂ fixation. However, mycorrhizas were only able to partially substitute P needs. Also increased K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe and Mn-uptake. Results varied with soils, being always selected mycorrhizas the most effective.

INTRODUCCIÓN

Las praderas mixtas de gramíneas y leguminosas constituyen una alternativa promisoría para elevar la producción ganadera de la zona a través de la fijación simbiótica producida por el trébol blanco (*Trifolium repens* L.) asociado a cepas efectivas de *Rhizobium* (Urzúa *et al.*, 1987). Sin embargo, para que estos fenómenos ocurran en forma eficiente es necesario que las plantas de trébol estén bien nutridas, siendo el fósforo uno de los nutrientes requeridos en una mayor proporción (Smith y Daft, 1977).

Los suelos de la región son derivados de cenizas volcánicas (Andisoles) y poseen algunas características que pueden influenciar negativamente el desarrollo de los cultivos. Entre ellas se destaca el elevado poder de retención de fosfatos que se traduce en una baja disponibilidad de P, haciendo indispensable el uso masivo de fertilizantes fosforados. Así, cualquier esfuerzo orientado a mejorar la eficiencia del aprovechamiento del P del suelo y del fertilizante, cobra gran importancia.

Es sabido que las micorrizas vesículo-arbusculares (V-A) incrementan el crecimiento de las plantas que ellas infectan y que esto ocurre principalmente en suelos con niveles bajos de nutrientes, especialmente P (Powell, 1980). Además, las plantas leguminosas han mostrado ser muy susceptibles a la infección por micorri-

¹Departamento de Ciencias Químicas, Universidad de la Frontera, Casilla 54-D, Temuco, Chile.

Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la P. Universidad Católica con el N° 535/92.

Fecha de recepción: 14 de julio de 1992.

zas (Urzúa *et al.*, 1992), lo que hace interesante su utilización con miras a lograr una mejor nutrición fosforada y, por ende, una fijación de N₂ más eficiente (Barea y A-Aguilar, 1984; Muñoz, 1985; Linderman y Hendrix, 1991; Powell, 1980; Urzúa *et al.*, 1986).

El presente trabajo tiene por objeto hacer un estudio preliminar del efecto de la inoculación con micorrizas V-A sobre la fijación simbiótica de N₂ en trébol blanco en condiciones de invernadero, en suelos representativos de la zona sur de Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

Suelos

Se utilizaron suelos provenientes de las tres zonas edafoclimáticas más importantes de la X Región: suelo Puyehue (precordillera andina) andisol, francoarcilloso, pH 5,0; materia orgánica 18%, P-Olsen 5 ppm. Suelo Osorno (llano central) andisol, francoarcilloso, pH 5,4; materia orgánica 11%, P-Olsen 4 ppm. Suelo Cudico (precordillera de la Costa) ultisol, francoarcilloso, pH 4,9; materia orgánica 7%, P-Olsen 5 ppm.

Ensayos de invernadero

Los suelos se tamizaron por 4 mm y se esterilizaron con vapor fluente. Se reinocularon con la microflora nativa exenta de esporas de micorrizas, salvo los tratamientos con micorrizas nativas donde no se eliminaron dichas esporas. Se probaron seis tratamientos, con cuatro repeticiones: testigo sin micorrizas y sin P mineral; micorrizas nativas; micorrizas seleccionadas (*Glomus* sp.); micorrizas nativas y P; micorrizas seleccionadas y P; P-mineral (1,3 g superfosfato triple/maceta). Se sembró trébol blanco (*Trifolium repens* L.) cv Pitau en macetas de 1,6 L dejando finalmente 10 plantas por maceta. Todos los tratamientos se inocularon con cepas efectivas de *Rhizobium* (Urzúa, 1987), adicionando los nutrientes necesarios, excepto N y P.

Mediciones

Se determinó la producción de materia seca (MS) en dos cortes de la parte aérea (14 y 19 semanas) y en las raíces. Se determinó N en los

tejidos (Kjeldahl) para calcular el N-acumulado (N-ac). Se determinó la actividad de la nitrogenasa (C₂H₄) y el número de nódulos al final del experimento. La intensidad de la infección por micorrizas se estimó microscópicamente (Borie y Barea, comunicación personal). Se determinó P en los tejidos y, adicionalmente, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe y Mn en el segundo corte del trébol.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de los tratamientos de micorrización sobre la producción total de materia seca (2 cortes parte aérea y raíces) se presenta en el Cuadro 1. Puede apreciarse que, en general, la micorrización produce un incremento en la producción, lo que coincide con la información de la literatura (Azcón *et al.*, 1986; A-Aguilar y Barea, 1980; Dissing-Nielsen y Jensen, 1983; Hayman *et al.*, 1986; Smith y Daft, 1977). No se observa, sin embargo, un efecto favorable debido al uso combinado de las micorrizas con P mineral, lo que podría deberse a la dosis de fósforo empleada (1,3 g de superfosfato/maceta), la cual podría considerarse algo elevada (Barea y A-Aguilar, 1984). Sin embargo, para obtener una alta producción en condiciones de invernadero en estos suelos es necesario aplicar cantidades más altas de P (Urzúa, 1987). Las micorrizas seleccionadas se comportaron superiores a las nativas al menos en dos de los suelos estudiados.

Por otra parte, se determinó que la micorrización mostró un efecto estimulador sobre la acumulación de nitrógeno (Cuadro 2). En el suelo Puyehue este efecto se manifestó incluso en los tratamientos combinados que contenían micorrizas y P mineral.

Las cifras promedio de N-acumulado están altamente relacionadas con las del número de nódulos ($r = 0,96^*$) y reflejan la influencia de la infección por micorrizas sobre la nodulación y fijación simbiótica de N₂ (Abbott y Robson, 1977; Barea *et al.*, 1980; Linderman y Hendrix, 1991; Smith y Daft, 1977). Esta información aparece en el Cuadro 3.

Por su parte, la actividad de la nitrogenasa considerada como otro parámetro importante y determinada en las macetas *in situ* con anterioridad al segundo corte del trébol (Ruiz y Urzúa, 1980), también reflejó efectos similares (Cua-

CUADRO 1
EFECTO DE MICORRIZAS V-A SOBRE LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE TRÉBOL BLANCO
Effect of V-A mycorrhizae on white clover dry matter production

Tratamientos	Suelos		
	Puyehue	Osorno	Cudico
	MS (g/maceta)		
Testigo	1,0 c*	4,8 c	2,3 e
Micorrizas nat.	1,9 c	7,4 b	5,8 d
Micorrizas sel.	4,5 b	8,6 b	8,4 c
P + M. nativas	11,8 a	16,9 a	13,0 b
P + M. selec.	12,7 a	17,6 a	14,2 ab
P mineral	12,0 a	19,0 a	15,6 a

* Duncan, P ≤ 0,01

CUADRO 2
EFECTO DE MICORRIZAS V-A SOBRE LA ACUMULACIÓN TOTAL DE N EN TRÉBOL BLANCO
Effect of V-A mycorrhizae on white clover total N accumulation

Tratamientos	Suelos		
	Puyehue	Osorno	Cudico
	N-ac. (mg/maceta)		
Testigo	41 d*	143 e	82 c
Micorrizas nat.	75 d	194 d	194 b
Micorrizas sel.	127 c	269 c	270 b
P + M. nativas	333 a	464 b	391 a
P + M. selec.	369 a	518 a	427 a
P mineral	277 b	494 ab	434 a

* Duncan, P ≤ 0,01

CUADRO 3
EFECTO DE MICORRIZAS V-A SOBRE EL NÚMERO DE NÓDULOS DEL TRÉBOL BLANCO
Effect of V-A mycorrhizae on white clover number of nodules

Tratamientos	Suelos		
	Puyehue	Osorno	Cudico
	(Nº nod/planta)		
Testigo	0 b*	7 b	10 c
Micorrizas nat.	1 b	40 a	49 b
Micorrizas sel.	6 b	42 a	55 b
P + M. nativas	29 a	54 a	67 ab
P + M. selec.	34 a	57 a	75 a
P mineral	29 a	52 a	82 a

* Duncan, P ≤ 0,01

CUADRO 4
EFECTO DE MICORRIZAS V-A SOBRE LA ACTIVIDAD
DE LA NITROGENASA EN TRÉBOL BLANCO
*Effect of V-A mycorrhizae on white clover nitrogenase
activity*

Tratamientos	Suelos		
	Puyehue	Osorno	Cudico
	C ₂ H ₄ (mg/mac/día)		
Testigo	0 d*	0 d	17 d
Micorrizas nat.	1 d	26 b	28 cd
Micorrizas sel.	4 c	32 ab	35 c
P + M. nativas	22 b	35 a	55 ab
P + M. selec.	24 b	37 a	39 bc
P mineral	29 a	16 c	60 a

* Duncan, P ≤ 0,01

CUADRO 5
EFECTO DE MICORRIZAS V-A SOBRE LA ABSORCIÓN
DE P TOTAL (DOS CORTES MÁS RAÍCES)
EN TRÉBOL BLANCO
*Effect of V-A mycorrhizae on white clover total P absorption (two cuttings plus
roots)*

Tratamientos	Suelos		
	Puyehue	Osorno	Cudico
	P (mg/maceta)		
Testigo	2 e*	10 f	5 e
Micorrizas nat.	4 e	16 e	17 d
Micorrizas sel.	8 d	23 d	25 cd
P + M. nativas	24 b	43 b	36 ab
P + M. selec.	32 a	51 a	42 a
P mineral	17 c	32 c	32 bc

* Duncan, P ≤ 0,01

CUADRO 6
EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON MICORRIZAS V-A SOBRE LA
INTENSIDAD DE INFECCIÓN
EN RAÍCES DE TRÉBOL BLANCO
*Effect of V-A mycorrhizae inoculation on infection
intensity on white clover roots*

Tratamientos	Suelos		
	Puyehue	Osorno	Cudico
	Intensidad (%)		
Testigo	0,14 b*	0,08 b	0,83 b
Micorrizas nat.	3,10 a	2,63 a	1,87 ab
Micorrizas sel.	3,27 a	3,01 a	2,54 a
P + M. nativas	0,56 b	2,69 a	1,55 ab
P + M. selec.	2,49 a	1,87 ab	2,57 a
P mineral	0,15 b	0,15 b	0,83 b

* Duncan, P ≤ 0,01

dro 4). Esto, a su vez, es coincidente con los trabajos de otros autores (Abbott y Robson, 1977, Barea y A-Aguilar, 1984; Smith y Daft, 1977).

Todos estos resultados llevan a asumir que el factor limitante de la fijación de N₂ en estos suelos es el P y que aportándolo, ya sea como fertilizante o a través de las micorrizas, este elemento estaría disponible para las plantas y susceptible de ser absorbido (Rubio *et al.*, 1991). Esto se confirma con los resultados del Cuadro 5, que muestran que la fijación de N₂ es función directa del P absorbido. Sin embargo, el mayor aporte de P logrado a través de los hongos en los tratamientos combinados micorrizas y P, no se tradujo en mayor producción de materia seca o fijación de N, debido probablemente a la dosis de P empleada.

Estos resultados se confirman con las cifras de infección por micorrizas que presentaron las raíces de las plantas al final del experimento (Cuadro 6). Estos valores están de acuerdo con Lim y Cole (1984).

Aun cuando se observa una cierta contaminación en los testigos y en los tratamientos con P mineral, puede apreciarse una tendencia (no significativa) a disminuir la infección en los tratamientos combinados de P y micorriza, como era de suponer.

Adicionalmente se determinó la influencia de la agregación de micorrizas al suelo sobre la absorción de otros nutrientes, debido a que existe información que la simbiosis raíz-endófito puede proveer a las plantas de elementos deficitarios, como Cu, Zn y otros (Barea y A-Aguilar, 1984). Aunque el experimento no tenía este objetivo, se determinaron macro y micronutrientes en el segundo corte de las plantas de trébol.

Los efectos de la micorrización sobre el contenido y la absorción promedio de K, Ca y Mg en el trébol se presentan en los Cuadros 7 y 8, respectivamente.

Analizando dichos cuadros puede apreciarse una tendencia a lograr una mayor concentración y sobre todo una mayor extracción de los nutrientes en los tratamientos inoculados con micorrizas respecto a sus equivalentes que no incluían los endófitos, esto debido principalmente al efecto favorable del P aportado sobre la nutrición y fisiología general de las plantas (Dissing-Nielsen y Jensen, 1983).

Los valores promedio de micronutrientes

CUADRO 7
EFECTO DE MICORRIZAS V-A
SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE K,
Ca y Mg EN EL SEGUNDO CORTE
DEL TRÉBOL.
PROMEDIO DE LOS TRES SUELOS
*Effect of V-A mycorrhizae on K, Ca and
Mg concentration in white clover
(second cutting). Mean of the three soils*

Tratamientos	K	Ca	Mg
	%		
Testigo	3,91	1,02	0,27
Micorrizas nat.	4,41	1,15	0,26
Micorrizas sel.	4,02	1,01	0,29
P + M. nativas	3,58	1,03	0,32
P + M. selec.	3,38	1,08	0,35
P mineral	3,12	1,03	0,31

determinados en la parte aérea del segundo corte del trébol aparecen en el Cuadro 9. Pudo apreciarse una leve tendencia a aumentar la concentración de Zn y Cu en los tejidos debido a la inoculación con micorrizas. El Fe y el Mn, por su parte, mostraron una cierta disminución en sus concentraciones por acción de los hongos en ausencia de P. En el caso del manganeso esto resultaría interesante, ya que dadas las características de acidez de estos suelos este elemento se encuentra muy activo, pudiendo alcanzar valores cercanos a la toxicidad.

En el Cuadro 10 se observan los valores de absorción de los micronutrientes, en los diferentes tratamientos.

De acuerdo a lo previsto, se aprecia un efecto claro en la absorción de estos micronutrientes por acción de los diferentes tratamientos que significan mayor aporte de nutrientes y, por consiguiente, mayor crecimiento y producción de las plantas (Dissing-Nielsen y Jensen, 1983).

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio preliminar permitieron concluir que la inoculación del suelo con micorrizas V-A se tradujo en un aumento de la producción de materia seca de las plantas de trébol blanco, debido principalmente a una mejora en la nutrición fosforada. También se apreció un efecto favorable sobre la fijación

CUADRO 8
EFECTO DE MICORRIZAS V-A
SOBRE LA ABSORCIÓN DE K, Ca y Mg EN EL SEGUNDO CORTE
DEL TRÉBOL. PROMEDIO DE LOS TRES SUELOS

*Effect of V-A mycorrhizae on K, Ca and
Mg absorption in white clover (second cutting).
Mean of the three soils*

Tratamientos	K	Ca	Mg
	(mg/maceta)		
Testigo	76 c*	19 c	5 c
Micorrizas nat.	148 b	42 b	9 b
Micorrizas sel.	188 b	44 b	12 b
P + M. nativas	233 a	67 a	22 a
P + M. selec.	239 a	77 a	25 a
P mineral	217 a	73 a	22 a

* Duncan, P ≤ 0,01.

CUADRO 9
EFECTO DE MICORRIZAS V-A SOBRE
LA CONCENTRACIÓN DE Cu, Zn, Fe y Mn
EN EL SEGUNDO CORTE DEL TRÉBOL BLANCO.
PROMEDIO DE LOS TRES SUELOS

*Effect of V-A mycorrhizae on Cu, Zn, Fe and Mn concentration in white
clover (second cutting). Mean of the three soils*

Tratamientos	Cu	Zn	Fe	Mn
	(ppm)			
Testigo	18	64	1.306	150
Micorrizas nat.	19	67	897	130
Micorrizas sel.	20	67	676	136
P + M. nativas	17	74	418	191
P + M. selec.	18	73	516	213
P mineral	15	69	610	196

CUADRO 10
EFECTO DE MICORRIZAS V-A SOBRE LA ABSORCIÓN
DE Cu, Zn, Fe y Mn EN EL SEGUNDO CORTE
DEL TRÉBOL BLANCO.
PROMEDIO DE LOS TRES SUELOS

*Effect of V-A mycorrhizae on Cu, Zn, Fe and Mn absorption
in white clover (second cutting).
Mean of the three soils*

Tratamientos	Cu	Zn	Fe	Mn
	(mg/maceta)			
Testigo	0,03 c*	0,11 c	2,08 d	0,24 c
Micorrizas nat.	0,06 b	0,21 b	2,88 c	0,46 b
Micorrizas sel.	0,09 a	0,28 b	2,74 c	0,61 b
P + M. nativas	0,11 a	0,47 a	2,55 c	1,22 a
P + M. selec.	0,12 a	0,51 a	3,57 b	1,47 a
P mineral	0,10 a	0,47 a	4,52 a	1,34 a

* Duncan, P ≤ 0,01.

simbiótica de N₂ medida a través de varios parámetros: acumulación de N por las plantas, nodulación y actividad nitrogenásica. La acción de estos endófitos significó, además, una mayor absorción de K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y Mn. Todos estos parámetros variaron en los diferentes suelos, apreciándose una mayor eficiencia generalizada de las micorrizas seleccionadas usadas como inoculantes, comparadas con las nativas.

RESUMEN

Se realizaron ensayos en macetas para determinar el efecto de la inoculación con micorrizas VA sobre la fijación simbiótica de N₂ en trébol blanco (*Trifolium repens* L.) en suelos derivados de cenizas volcánicas con alta capacidad de fijación de P, representativos de la zona sur de Chile. Los tratamientos compararon la aplicación de micorrizas nativas y seleccionadas (*Glomus* sp.) con testigos sin inoculación, con y sin fertilización fosforada (superfosfato). Todos los tratamientos se inocularon con cepas efectivas de *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii*. Se dieron dos cortes, a las 14 y 19 semanas. Se determinó producción de materia seca,

acumulación de N por las plantas, características de la nodulación, actividad de la nitrogenasa (C₂H₄), infección por micorrizas y absorción de P. Adicionalmente se determinó absorción de otros nutrientes: K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y Mn.

La inoculación con micorrizas VA se reflejó en la intensidad de la infección y produjo un aumento de la producción de materia seca debido a una mejor nutrición fosforada, que se tradujo en un incremento de los parámetros que miden la fijación de N₂. Sin embargo, la acción de estos hongos sustituyó sólo parcialmente la fertilización con P.

En presencia de P mineral, la micorrización se reflejó en un aumento significativo de la absorción de este nutriente, pero no se produjo una mayor nodulación ni producción de materia seca.

La micorrización produjo, además, un aumento en la absorción de K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y Mn.

Los resultados variaron en los diferentes suelos, comportándose más efectivas en su acción las micorrizas seleccionadas.

LITERATURA CITADA

- ABBOTT, L.K. y D.A. ROBSON. 1977. Growth stimulation of subterranean clover with vesicular arbuscular mycorrhizas. *Aust. J. Agric. Res.* 28: 639-649.
- AZCON, R.; BAREA, J.M.; AZCON-AGUILAR, C. y R.M. DÍAZ-RODRÍGUEZ. 1986. Effect of mycorrhizal inoculation on N-fixation by a forage legume under field conditions as evaluated by using a 15-N technique. *En: Physiological and genetical aspects of mycorrhizae* (V. Gianinazzi-Pearson; S. Gianinazzi, eds.), pp. 457-465. CNRS-INRA, Dijon, Francia.
- AZCON-AGUILAR, C. y J.M. BAREA. 1980. Field inoculation of *Medicago sativa* with V-A mycorrhiza and *Rhizobium* in phosphate-fixing agricultural soil. *Soil Biol. y Biochem.* 13: 19-22.
- BAREA, J.M.; ESCUDERO, J.L. y C. AZCON-AGUILAR. 1980. Effects of introduced and indigenous V-A mycorrhizal fungi on nodulation, growth and nutrition of *Medicago sativa* in phosphate-fixing soils as affected by P fertilizers. *Plant and Soil* 54: 283-296.
- BAREA, J.M. y C. AZCON-AGUILAR. 1984. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. *Advances in Agronomy* 36: 1-54.
- DISSING-NIELSEN, J. y A. JENSEN. 1983. Influence of vesicular - arbuscular mycorrhiza fungi on growth and uptake of various nutrients as well as uptake ratio of fertilizer P for lucerne (*Medicago sativa*). *Plant and Soil* 70: 165-172.
- HAYMAN, D.S.; DAY, J.M. y M. DYE. 1986. Preliminary observations on dual inoculation of white clover. *En: Physiological and genetical aspects of mycorrhizae* (V. Gianinazzi-Pearson; S. Gianinazzi, eds.), pp. 467-473. CNRS-INRA, Dijon, Francia.
- LIM, L.L. y A.L.J. COLE. 1984. Growth response of white clover to vesicular-arbuscular mycorrhizal infection with different levels of applied phosphorus. *New Zealand Journal of Agricultural Research.* 27: 587-592.
- LINDERMAN, R.G. y J.W. HENDRIX. 1991. Evaluation of plant response to colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *A. Host Variables. En: Methods and Principles of Mycorrhizal Research* (N.C. Schenck, ed.), pp. 69-76. APS Press, St. Paul, Minnesota.

- MUÑOZ, P. 1985. Efecto de micorrizas V-A sobre la fijación de nitrógeno y la nutrición del trébol blanco en suelos de la zona sur de Chile. Tesis Ing. Agr., Depto. de Ciencias Vegetales, Facultad de Agronomía, P.U. Católica de Chile, Santiago, 96 p.
- POWEL, C.L. 1980. Phosphate response curves of mycorrhizal and non-mycorrhizal plants. *N.Z. Journal of Agricultural Research* 23: 225-231.
- RUBIO, R.; CASTILLO, C.; MORAGA, E. y F. BORIE. 1991. Algunos parámetros fisiológicos de cuatro variedades de trigo de primavera (*Triticum aestivum* L.) en simbiosis con hongos de las micorrizas vesículo-arbusculares. *Agricultura Técnica (Chile)* 51: 151-158.
- RUIZ, M. y H. URZÚA. 1980. Evaluación de la actividad de la nitrogenasa por cromatografía de gases en praderas de la X Región (Chile). *Bol. Extr. Soc. Chil. Quím.* 25(4): 205-206.
- SMITH, S.E. y M.J. DAFT. 1977. Interactions between growth, phosphate content and nitrogen fixation in mycorrhizal and non-mycorrhizal *Medicago sativa*. *Aus. J. Plant Physiol.* 4: 403-413.
- URZÚA, H.; MUÑOZ, P. y F. BORIE. 1986. Efecto de micorrizas vesículo-arbusculares sobre la fijación de N₂ en trébol blanco en suelos de la zona sur de Chile. *En: Anales XII Reunión Latinoamericana sobre Rhizobium*. Oct. 1984 (E.S. Lopes, ed.); pp. 413-420. IAC, Campinas, SP, Brasil.
- URZÚA, H.; RUIZ, M. y R. BERNIER. 1987. Fijación de nitrógeno en praderas de la X Región. *Ciencia e Investigación Agraria* 14: 217-223.
- URZÚA, H.; MUÑOZ, P. y F. BORIE. 1992. Infección natural por micorrizas V-A en suelos de Osorno (X Región). *Ciencia e Investigación Agraria* 19: 131-135.

EFFECTO DE LA UBICACIÓN DEL FRUTO SOBRE EL RENDIMIENTO DE SEMILLA EN TOMATE (*Lycopersicon esculentum*)¹

EFFECT OF FRUIT LOCATION IN THE PLANT UPON SEED YIELD IN TOMATO (*Lycopersicon esculentum*)

VERÓNICA VALDÉS y PATRICIA ANGUITA

Departamento de Ciencias Vegetales

Facultad de Agronomía

Pontificia Universidad Católica de Chile

Casilla 306, Correo 22, Santiago

Summary

The effect of fruit location in the plant upon the number of seeds per fruit and seed weight was determined in tomato, cultivar Carmelo F₁, under field conditions. The plants were trained to one stem. The seven first trusses and three most proximal fruits per truss were considered. The fruits were harvested at the mature red stage. The truss position in the plant significantly affected the number of seeds per fruit and seed weight. The fruit position in the truss only affected the seed weight. In terms of seed yield per fruit, the first and third trusses were the least and most productive, respectively. Almost 70% of the total seed yield per plant was harvested from the trusses located from the second to the fifth position.

INTRODUCCIÓN

El país ha experimentado un gran aumento en la exportación de semillas de hortalizas en los últimos años, pasando de 3,2 millones de dólares en 1982 a 12,4 millones en 1990. Durante todo este período la semilla de tomate ha ocupado el primer lugar, representando un 30% del total en 1990 (Anónimo, 1991). Gran parte de esa semilla ha correspondido a cultivares de polinización abierta. Sin embargo, el interés en producir semilla híbrida en Chile es creciente, tanto por parte de las empresas extranjeras, como por las nacionales. Se debe destacar que este cultivo requiere de gran cantidad de mano de obra, llegando a ocupar 1.800 a 2.100 jornadas hombre/ha. Por lo tanto, es fundamental realizar un trabajo de hibridación eficiente, que

resulte en un alto rendimiento y una óptima calidad genética de la semilla.

Aparte de factores genéticos y ambientales, diversas prácticas de manejo inciden en el rendimiento de semilla híbrida de tomate. Considerando el manejo, sería conveniente invertir tiempo y trabajo sólo en aquellas flores que originarán frutos más productivos, desechando aquellas que tendrán poca incidencia en el rendimiento. En Chile, por diversos motivos, normalmente se dejan de polinizar los dos primeros racimos, especialmente cuando se trabaja con plantas indeterminadas. Como éstas florecen en forma continuada por un largo período, se supone que se dispondrá de un número suficiente de flores para hibridar.

El efecto de la posición del fruto en tomate se ha estudiado sólo en relación a rendimiento de fruto, y no de semilla. Ho y Hewitt (1986) señalan que en la mayoría de los cultivares de tomate el tamaño final del fruto depende de su posición en el racimo. El fruto proximal tiene un mayor potencial de crecimiento, estando

¹Trabajo realizado como parte del proyecto PNUD CHU/87/017.

Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la P. Universidad Católica con el Nº 521/91.

Fecha de recepción: 29 de noviembre de 1991.

esto posiblemente determinado morfogénicamente antes de que ocurra la cuaja del mismo. Además, el crecimiento diferencial entre los frutos de un racimo también podría deberse a un efecto de competencia.

Por otra parte, Slack y Calvert (1977), bajo condiciones de invernadero, determinaron que al eliminar cualquier racimo de la planta de entre los nueve primeros, los restantes racimos aumentan su rendimiento en comparación a aquellos equivalentes de la planta testigo. Sin embargo, el rendimiento total de frutos por planta puede disminuir hasta un 91%, dependiendo del racimo eliminado.

La literatura indica que se ha encontrado una correlación positiva significativa entre el tamaño de un fruto de tomate y el número o peso de las semillas. La relación varía de acuerdo al cultivar (Ho y Hewitt, 1986), y a las condiciones de temperatura durante la etapa reproductiva de la planta (Rylski, 1979).

En relación con la calidad de la semilla, Varis y George (1981) encontraron que la ubicación de los frutos de tomate no afectaba la germinación ni el vigor de la plántula cuando ellos son cosechados al estado rojo maduro.

De acuerdo a los antecedentes expuestos, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la ubicación del fruto de tomate en la planta sobre el rendimiento de semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó en plantas del cultivar Carmelo F₁, las cuales fueron trasplantadas el 14 de noviembre de 1990 en la Estación Experimental de la Pontificia Universidad Católica de Chile, ubicada en Curacaví. Las plantas fueron podadas a un eje. Se cosecharon los tres primeros frutos de los siete primeros racimos en la medida que alcanzaban el estado rojo maduro, dejando los demás frutos en el racimo. El experimento se realizó en un diseño completamente al azar con una estructura factorial 7 x 3, con diez repeticiones.

Las plantas se decapitaron sobre el séptimo racimo, dejando una hoja sobre él. Se determinó el número de semillas por fruto y el peso seco de las semillas después de ser sometidas a un proceso de fermentación por 24 horas a temperatura ambiente y de ser lavadas con abundante agua. El peso seco se obtuvo des-

pués de secar 25 semillas por fruto en estufa a 70°C por 48 horas.

Los resultados obtenidos fueron evaluados mediante análisis de varianza. Las diferencias significativas entre los tratamientos se determinaron mediante la prueba de rango múltiple de Duncan, para un nivel de probabilidad del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para las tres variables evaluadas no se encontró un efecto significativo de la interacción entre la posición del racimo en la planta y la posición del fruto en el racimo. En el Cuadro 1 se observa que la ubicación del racimo en la planta afectó significativamente el número de semillas por fruto, obteniéndose la menor cantidad en aquellos frutos del primer racimo. Desde el tercer al séptimo racimo el número de semillas por fruto resultó ser estadísticamente igual, alcanzando su máximo valor.

El peso seco de la semilla también se vio afectado significativamente por la ubicación del racimo en la planta. Los primeros dos racimos produjeron las semillas de mayor peso. Las semillas más livianas fueron obtenidas de los racimos cuarto a séptimo, sin existir diferencias significativas entre ellos (Cuadro 1).

La ubicación del racimo afectó significativamente el rendimiento de semilla por fruto. En el Cuadro 1 se aprecia que el menor rendimiento de semilla por fruto se obtuvo en el primer racimo; el rendimiento aumentó hasta llegar a un máximo a nivel del tercer racimo, y luego disminuyó paulatinamente. Sólo en los racimos ubicados desde la segunda hasta la quinta posición se superó los 0,6 g de semilla por fruto.

Ho y Hewitt (1986) señalan que cuando el primer racimo de la planta de tomate está floreciendo, recibe una pequeña proporción de los asimilados debido a que el ápice y las raíces son los principales receptores o depósitos. En ese momento, tanto la inflorescencia como el ápice y las raíces reciben los asimilados de las mismas hojas que actúan como fuente. Esto explicaría el bajo rendimiento de semilla por fruto obtenido por el primer racimo. Por otra parte, Atherton y Harris (1986) señalan que el extender la etapa vegetativa en tomate resulta en una mayor área fotosintética, capaz de sustentar el crecimiento de inflorescencia y frutos. Esto sugiere que la eliminación del primer racimo

CUADRO 1
EFECTO DE LA UBICACIÓN DEL RACIMO EN LA PLANTA
SOBRE EL NÚMERO DE SEMILLAS POR FRUTO, PESO SECO
DE SEMILLAS Y RENDIMIENTO POR FRUTO

Effect of truss location in the plant upon the number of seeds per fruit, seed dry weight and yield per fruit

Ubicación del racimo ¹	Número semillas por fruto	Peso seco de 1.000 semillas (g)	Rendimiento por fruto (g) ²
1	114 c ³	3,46 ab	0,39 c
2	186 b	3,69 a	0,69 ab
3	237 a	3,33 b	0,79 a
4	221 ab	2,89 c	0,64 ab
5	241 a	2,80 c	0,68 ab
6	197 ab	2,89 c	0,57 b
7	199 ab	2,83 c	0,56 b

¹ Se refiere a la ubicación en la planta, siendo el primer racimo el basal.

² Se calculó multiplicando el número de semillas/fruto por el peso seco de la semilla.

³ Valores seguidos por la misma letra en una columna no son significativamente diferentes de acuerdo a Duncan, a un nivel de P ≤ 0,05.

CUADRO 2
EFECTO DE LA POSICIÓN DEL FRUTO EN EL RACIMO
SOBRE EL NÚMERO DE SEMILLAS POR FRUTO, PESO SECO
DE SEMILLAS Y RENDIMIENTO POR FRUTO

Effect of fruit location in the truss upon the number of seeds per fruit, seed dry weight and yield per fruit

Posición del fruto	Número semillas por fruto	Peso de 1.000 semillas (g)	Rendimiento por fruto (g) ¹
1	211 a ²	3,30 a	0,70 a
2	185 a	3,11 ab	0,57 b
3	195 a	3,04 b	0,60 ab

¹ Se calculó multiplicando el número de semillas/fruto por el peso seco de la semilla.

² Valores seguidos por la misma letra en una columna no son significativamente diferentes de acuerdo a Duncan, a un nivel de P ≤ 0,05.

efectivamente puede ser positiva en la producción de semilla.

La formación y crecimiento de tallos y hojas en tomate continúa mientras la planta florece y produce frutos (Atherton y Harris, 1986). Cuando los tres primeros racimos están creciendo rápidamente, ellos son los receptores más importantes (Ho y Hewitt, 1986). A medida que la planta crece, la relación entre el peso seco de la parte aérea y el de las raíces aumenta, ya que el crecimiento de las raíces cesa en etapas tempranas de fructificación (Picken *et al.*, 1986). Ho y Hewitt (1986) indican que el crecimiento neto de raíces cesa a las cuatro semanas después de la primera antesis, y el crecimiento de las hojas se reduce fuertemente cuando la tasa total de crecimiento de frutos es máxima. La obtención, en el presente trabajo, de los mayores rendimientos de semilla en aquellos racimos ubicados en posiciones intermedias de la planta podría explicarse entonces por una mayor fuerza de esos frutos como receptores, en relación con los órganos vegetativos.

En relación a la ubicación del fruto en el racimo, se observa en el Cuadro 2 que no hubo diferencias significativas para número de semillas por fruto. Independiente del racimo, el fruto más proximal produjo, en promedio, semillas significativamente de mayor peso que el tercer fruto (Cuadro 2).

El rendimiento de semilla por fruto, independientemente del racimo, varió significativamente de 0,58 a 0,70 g, obteniendo el mayor rendimiento aquel más proximal (Cuadro 2). Esto se relaciona con lo señalado en la literatura, en cuanto a la ubicación del fruto en el racimo y a su tamaño (Ho y Hewitt, 1986), y al tamaño del fruto y a su rendimiento de semilla (Rylski, 1979).

Se debe destacar que a nivel de los racimos sexto y séptimo hubo aborto de flores, especialmente de aquellas ubicadas en la segunda y tercera posición. Considerando este aspecto, el aporte de cada racimo al rendimiento total de semilla por planta difirió de manera importante. Es así como el primer racimo significó, en promedio, un 11% del rendimiento total de semilla por planta; el segundo y tercer racimo representaron un 18 y 19%, respectivamente. Luego, el aporte de cada racimo descendió paulatinamente, hasta alcanzar los racimos sexto y

séptimo un 12 y 8%, respectivamente. Picken *et al.* (1986) indican que la presencia de frutos en la planta puede conducir a una disminución del tamaño de las inflorescencias más nuevas, y provocar aborto de yemas florales. Esto fue lo que ocurrió a nivel de los racimos sexto y séptimo.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos parece recomendable, en producción de semilla híbrida de tomate indeterminado, trabajar las flores de los racimos segundo a quinto, ya que éstos son los más productivos. Los frutos del primer racimo produjeron los menores rendimientos de semilla.

Los racimos sexto y séptimo presentaron porcentajes mayores de aborto de flores, por lo cual también dieron bajo rendimiento de semillas. Será interesante evaluar el efecto que tiene sobre la producción de semilla el dejar sólo los racimos centrales de la planta, entre el segundo o tercero, hasta el quinto. También se debería estudiar el efecto de eliminar frutos terminales de los racimos, y determinar el número óptimo de frutos que deben dejarse por racimo.

RESUMEN

Se trabajó bajo condiciones de campo con el cultivar de tomate Carmelo F₁ con el objetivo de determinar el efecto que tiene la ubicación del fruto en la planta sobre el número y peso de semillas. Las plantas fueron podadas a un eje. En la evaluación se consideraron los siete primeros racimos de cada planta y los tres primeros frutos de cada racimo. Los frutos fueron cosechados al estado rojo maduro.

La posición del racimo dentro de la planta afectó significativamente el peso y número de semillas por fruto. En cambio, la posición del fruto en el racimo sólo afectó el peso de la semilla. En términos de rendimiento de semilla por fruto, el primer racimo resultó ser el menos productivo, y el tercero, el más productivo. Casi el 70% del rendimiento total de semilla por planta fue aportado por los racimos ubicados entre la segunda y la quinta posición, inclusive.

LITERATURA CITADA

- Anónimo. 1991. Diagnóstico del mercado de semillas de hortalizas. Panorama Económico de la Agricultura. 77: 21-29.
- ATHERTON, J.G. and G.P. HARRIS. 1986. Flowering. *En: The tomato crop: A scientific basis for improvement* (Ed. E.H. Roberts). Chapman and Hall, London, pp. 167-200.
- HO, L.C. and J.D. HEWITT. 1986. Fruit development. *En: The tomato crop: A scientific basis for improvement* (Ed. E.H. Roberts). Chapman and Hall, London, pp. 201-240.
- PICKEN, A.J.F., K. STEWART and P. KLAPWIJK. 1986. Germination and vegetative development. *En: The tomato crop: A scientific basis for improvement* (Ed. E.H. Roberts). Chapman and Hall, London, pp. 111-166.
- RYLSKI, I. 1979. Fruit set and development of seeded and seedless tomato fruits under diverse regimes of temperature and pollination. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104: 835-838.
- SLACK, G. and A. CALVERT. 1977. The effect of truss removal on the yield of early sown tomatoes. *J. Hort. Sci.* 52: 309-315.
- VARIS, S. and R.A.T. GEORGE. 1981. The influence of fruit position on progeny performance in the tomato. *Acta Horticulturae* 111: 153-158.

**PREDICCIÓN DEL CONSUMO DE MATERIA SECA EN BOVINOS
A PARTIR DEL COMPORTAMIENTO RUMINAL Y CONTENIDO DE
FIBRA DETERGENTE NEUTRO (FDN) DE LOS ALIMENTOS**

PREDICTION OF DRY MATTER INTAKE IN BOVINE, FROM FEED RUMINAL
BEHAVIOURS AND NEUTRAL DETERGENT FIBER (INDF) CONTENTS

PABLO CHILIBROSTE¹, CLAUDIO AGUILAR y FERNANDO GARCÍA

Departamento de Zootecnia

Facultad de Agronomía

Pontificia Universidad Católica de Chile

Casilla 306, Correo 22, Santiago

Summary

Utilization of forages based diets involves complex interactions among plants, microbes in the gastrointestinal tract and the animal.

A quantitative model was developed to predict daily dry matter intake in bovine, from rumen degradation and passage characteristics of the feed.

The model results were compared with experimental research carried out with cows and steers using Student t Distribution. No significant difference ($p > 0.1$) was found between the model and experimental results.

The model was used to predict relationship between rate of passage, degradation rate, digestibility and daily dry matter intake. Results obtained indicated that while the daily dry matter intake increases in linear form, the digestibility decreases in curvilinear form when the rate of passage increases.

It is concluded that the model is useful to predict daily dry matter intake. Further it is a solid conceptual tool for future works in this area.

INTRODUCCIÓN

El consumo voluntario de un animal se define como la cantidad de alimento consumido cuando el control del consumo es ejercido principalmente por el animal. Existe abundante información en la bibliografía sobre el conjunto de factores que afectan el consumo voluntario de rumiantes, sobre todo en animales en confinamiento (Freer, 1981; Hodgson, 1982; Minson, 1982, 1992).

En los sistemas de producción en los que el forraje es el principal componente de la dieta existe una estrecha asociación entre comportamiento animal y nivel de consumo de materia seca.

La regulación del consumo voluntario en estas condiciones de alimentación es por llenado del rumen (Gassa *et al.*, 1991; Orskov, 1990) donde se realiza más del 90% de la digestibilidad real de la materia orgánica (Beever *et al.*, 1986a; Elizalde *et al.*, 1992a).

Adicionalmente, más del 60% de la proteína bruta que llega al intestino delgado es de origen microbiano (Elizalde *et al.*, 1992b; INRA, 1978), lo que pone de manifiesto la importancia de los procesos que se dan a nivel ruminal en la productividad de los rumiantes.

¹ Estación Exp. M.A. Cassinoni. Facultad de Agronomía. Paysandú, Uruguay.

Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la P. Universidad Católica con el N° 548/93.

Fecha de recepción: 26 de enero de 1993.

El potencial de llenado del rumen, en un momento dado (estático), depende de la capacidad ruminal del animal y de la capacidad del alimento para ocupar espacio: "efecto llenado del alimento" (Mertens, 1987). El potencial de llenado, en un período de tiempo (dinámico), implica que a los elementos anteriores se agrega la velocidad de desaparición o vaciado del alimento desde el rumen. Cuanto más rápido sea el proceso de vaciado, menor es el tiempo de permanencia de la digesta en el retículo-rumen y, por tanto, mayor la velocidad de reposición de la digesta.

La desaparición del alimento desde el retículo-rumen ha sido descrita por dos procesos principales: digestión y pasaje (Mertens *et al.*, 1982). Éstos se dan en forma simultánea y competitiva en el rumen, afectándose por complejas interacciones entre el alimento, los microorganismos ruminales y el animal huésped.

En el Cuadro 1 se presenta una descripción de los principales factores involucrados en el proceso de desaparición del alimento del rumen.

En los sistemas de producción animal, cuya base de alimentación es el pastoreo directo del forraje, existe un grupo de factores adicionales inherentes al comportamiento animal. En estos sistemas los animales seleccionan su dieta y modifican su comportamiento ingestivo según las condiciones de la pastura (disponibilidad, estructura, altura, especies y/o variedades predominantes), sistema de pastoreo (franjas, rotativo, continuo) y la existencia o no de fuentes de alimentación suplementarias (Chilibroste, 1992a).

La degradación de un alimento o fracción de éste a nivel ruminal queda definida por: tasa fraccional de degradación, fracción potencialmente digestible o extensión de la digestión y fase lag (Pezo, 1990).

El término tasa de digestión fue primeramente usado en referencia a las curvas de digestión acumulativa obtenida de los experimentos de fermentación *in vitro* en los años 50 (Mertens *et al.*, 1982). Al mismo tiempo, la tasa de digestión determina por cuánto tiempo el material potencialmente digestible puede ocupar espacio (Orskov, 1990).

Cuantitativamente, la tasa de digestión requiere que la desaparición de la fibra pueda ser descrita matemáticamente como función del tiempo. Waldo (1969), citado por Mertens *et al.*

(1982), observó que parte de la celulosa en el alimento es potencialmente indigestible y que esta fracción podría seguir una cinética de primer orden, pudiendo ser descrita por una simple tasa fraccional constante de digestión.

La extensión de la digestión potencial determina la mínima proporción que persiste como residuo indigestible después de un tiempo de incubación (Orskov, 1990). También se define la degradación potencial como la desaparición que sufriría un alimento en el ecosistema ruminal si las condiciones presentes y el tiempo de retención en el mismo no fueran limitantes (Pezo, 1990).

La fase lag se define como el período que ocurre entre la ingestión del alimento y el comienzo de la digestión enzimática. También se la menciona como el tiempo necesario para que los microorganismos o las enzimas por ellos producidas alcancen cierto nivel al cual el proceso de digestión pueda comenzar (Orskov, 1990).

Varios autores (Blaxter *et al.*, 1956; Brandt y Tacker, 1958, citados por Mertens *et al.*, 1982) han propuesto que el pasaje del alimento puede ser descrito matemáticamente como un modelo de primer orden con dos compartimentos, en el que cada uno sigue una cinética de primer orden. Un compartimento corresponde al retículo rumen y el otro compartimento al resto del aparato gastrointestinal.

Según Hungate (1966), citado por Lascano y Quiroz (1990), el primer compartimento, con una tasa de pasaje rápida, representaría la reducción de tamaño de partícula y, el segundo con una tasa lenta, representaría la salida de partículas pequeñas del retículo-rumen.

La hipótesis que se desea probar es que cuando el consumo voluntario del animal está limitado por mecanismos de tipo físicos llenado, más importante que la composición química *per se* de los alimentos o su concentración energética son sus características de degradación y de pasaje. Se postula que en estas condiciones el consumo diario de materia seca, y en consecuencia la productividad animal, está estrechamente asociado a la degradación y pasaje de la fracción fibrosa del alimento.

El objetivo del presente trabajo es desarrollar un procedimiento cuantitativo para predecir el consumo de materia seca a partir de las características de degradación y pasaje de los alimentos y su contenido de fibra detergente

CUADRO 1
FACTORES PRINCIPALES QUE AFECTAN LA DESAPARICIÓN DEL ALIMENTO DESDE EL RETÍCULO-RUMEN¹

Main factors affecting reticulo-rumen feed disappearance¹

Factores inherentes a: <i>Factors dealing with:</i>		
Alimento <i>Feed</i>	Microorganismos <i>Microorganisms</i>	Animal hospedero <i>Host animal</i>
Morfología. <i>Morphology</i>	Nivel de acidez <i>Acidity level</i>	Masticación <i>Chewing</i>
Cristalinidad. <i>Crystallinity</i>	Nivel de nitrógeno disponible. <i>Nitrogen available level</i>	Rumia. <i>Rumination.</i>
Fracciones solubles <i>Solubles fractions.</i>		Salivación. <i>Salivation.</i>
Fracciones no solubles <i>Nonsoluble fractions.</i>		Frecuencia de consumo. <i>Intake frequency.</i>
Tamaño y densidad partículas. <i>Particle size and density</i>		Reciclado de nitrógeno. <i>Nitrogen recycling.</i>
Distribución de partículas. <i>Particle distribution.</i>		Especie. <i>Specie.</i>
Relación forraje-concentrado. <i>Forage-concentrate relationships.</i>		Variabilidad individual <i>Individual Variability</i>
		Nivel consumo. <i>Intake level.</i>
		Lactancia y temperatura. <i>Lactation and temperature.</i>

¹ Adaptado de Chilibroste, 1992b).
Adapted from Chilibroste, 1992b).

neutro, que permita experimentar, para una amplia gama de situaciones, la relación teórica entre tasa de pasaje, tasa de degradación, consumo de materia seca y digestibilidad real de la fibra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolló un modelo de simulación para estimar el proceso simultáneo de degradación y pasaje de la fibra detergente neutro en el retículo-rumen.

En el Cuadro 2 se presentan los principales componentes y variables exógenas del modelo.

Por componentes se entiende las partes que constituyen el todo y que, una vez reunidas, representan el sistema de interés (Aguilar y Cañas, 1991). La variable, en tanto, es la medida de un atributo o componente. Será exógena o de entrada, si es independiente del sistema, y endógena si es generada dentro del sistema (Aguilar y Cañas, 1991).

CUADRO 2
COMPONENTES Y VARIABLES EXÓGENAS DEL MODELO
Model components and exogenous variables

Componente <i>Component</i>	Variable <i>Variable</i>
Alimento <i>Feed</i>	Fibra detergente neutro (FDN % de MS) <i>Neutral detergent fiber (NDF % of DM)</i>
	Fracción potencialmente digestible (%) <i>Potentially digestible fraction (%)</i>
	Tasa de degradación (Kd %/ hora) <i>Degradation rate (Kd %/ hour)</i>
	Tasa de pasaje (Kp %/ hora) <i>Rate of passage (Kp %/hour)</i>
Animal <i>Animal</i>	Fase lag (horas) <i>Lag phase (hours)</i>
	Peso vivo (kg) <i>Body weight (kg)</i>
	Alimentos disponibles (kg) <i>Feed availability (kg)</i>
Manejo <i>Management</i>	Hora en que está disponible <i>Time when is available</i>

DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES

Capacidad de consumo

Para poder integrar en un mismo análisis la capacidad física o volumen ruminal del animal, por un lado, y el efecto llenado o capacidad de ocupar espacio del alimento, por otro, fue necesario identificar algún atributo del alimento funcional a este objetivo.

Referido a la capacidad de llenado de los animales, Mertens (1985), citado por Mertens (1987), resumió datos de varios experimentos estimando la capacidad de consumo de FDN en $1,2 \pm 0,1\%$ del peso vivo por día, en dietas que produjeron la máxima producción de leche corregida por materia grasa.

En el modelo propuesto se tomó $1,1\%$ del peso vivo como capacidad potencial de los animales para consumir FDN.

Efecto llenado del alimento

De las distintas fracciones del alimento posibles de ser separadas químicamente se seleccionó la FDN como la variable que en forma individual está más estrechamente relacionada a la capacidad de llenado de los alimentos y capacidad de consumo de los animales.

Van Soest *et al.* (1991), establecieron que la FDN está más asociada al tiempo de rumia diario, al llenado del tracto gastrointestinal y al consumo de materia seca, que a otras fracciones tales como fibra cruda y fibra detergente ácido.

Degradación y pasaje del alimento

Los valores de tasa de degradación, extensión de la digestión y fase lag que requiere el modelo son los valores potenciales del alimento de terminados *in situ*, en condiciones controladas y estables de alimentación.

Los valores de tasa fraccional de pasaje de la fibra también deben ser los potenciales del alimento, determinados con marcadores de fase sólida en animales consumiendo *ad libitum*.

Orskov *et al.* (1988), encontraron alta correlación entre repeticiones de medidas de tasa de pasaje en diferentes experimentos; las diferencias en tasa de pasaje entre grupos de vacas seleccionadas por velocidad de pasaje, alimentadas con distintos niveles de consumo y con distintas relaciones forraje-concentrados, fueron muy consistentes.

En función de estos antecedentes y los informados por Hartnell y Satter (1979) se definió la tasa de pasaje como un proceso aleatorio, con

templando así la variabilidad natural que presentan los animales para esta característica. Para definir la variable aleatoria, se siguió la metodología propuesta por Naylor *et al.* (1973) para procesos con distribución normal.

Hora y nivel de alimentación

Las variables de manejo se refieren a las decisiones de alimentación, pudiéndose definir las cantidades y horas del día en que se le ofrece cada alimento al animal y la cantidad de días en que se desea mantener ese patrón de alimentación. El modelo contempla la combinación simultánea de hasta 5 alimentos (2 concentrados y 3 forrajes).

Dado el conjunto de factores involucrados, su alta correlación y el carácter dinámico del proceso de desaparición del alimento del rumen, se determinó la unidad hora como la unidad de tiempo más apropiada para simular el proceso digestivo.

FUNCIONAMIENTO DEL MODELO

La lógica funcional del modelo es la siguiente:

- 1) Se ingresan las variables exógenas: características del alimento, del animal y de manejo.
- 2) Se calcula la tasa de pasaje mediante función estocástica.
- 3) Comienza la iteración de días, partiendo en el día 1.
- 4) Comienza la iteración de horas, partiendo en la hora 0.
- 5) Se calcula consumo de FDN y materia seca en función de la disponibilidad de alimento y disponibilidad ruminal.
- 6) Se corrige la cantidad remanente de fibra de cada alimento al comienzo de la hora que transcurre.
- 7) Se corrige la tasa de degradación en función de la relación forraje/concentrado presente en cada hora.
- 8) Se corrige la tasa de pasaje en función del nivel de consumo.
- 9) Se calcula la degradación y el pasaje de la hora, multiplicando las tasas fraccionales de degradación y pasaje por las cantidades remanentes de fibra detergente neutro disponibles para degradación y pasaje, respectivamente.
- 10) Se corrigen las cantidades remanentes de FDN para cada alimento y remanente de

FDN total, con la que se calcula la disponibilidad de espacio ruminal para la hora siguiente.

11) Se retorna al ítem 4, pasando a la hora siguiente si está entre la hora 1 y 23; si es la hora 24 retorna al ítem 3, pasando al día siguiente.

12) Luego de iterar los días que se haya indicado, imprime los resultados y termina.

VARIABLES DE SALIDA

Las variables de salida del modelo son:

Consumo de materia seca de cada alimento y total.

Consumo de fibra detergente neutro de cada alimento y total.

Degradación acumulada de FDN para cada alimento y total.

Desaparición (degradación + pasaje) acumulada de FDN para cada alimento y total.

Relación degradación/desaparición de FDN para cada alimento.

Degradación de FDN en cada hora y para cada alimento.

Desaparición de FDN en cada hora y para cada alimento.

VALIDACIÓN DEL MODELO

Para validar el modelo se utilizaron dos trabajos experimentales, en que se informan las variables de entrada que requiere el modelo.

El experimento 1 corresponde al reportado por Gasa *et al.* (1991) y el 2 al reportado por Fernández *et al.* (1984).

Los tratamientos en el experimento 1 fueron:

Tratamiento 1 (T 1). Ensilaje de gramínea, corte temprano, *ad libitum* + 3 kg de concentrados.

Tratamiento 2 (T 2). Ensilaje de gramínea, corte temprano, *ad libitum* + 9 kg de concentrados.

Tratamiento 3 (T 3). Ensilaje de gramínea, corte tardío, *ad libitum* + 3 kg de concentrados.

Tratamiento 4 (T 4). Ensilaje de gramínea, corte tardío, *ad libitum* + 9 kg de concentrados.

Los ensilajes fueron preparados a partir de una pastura única de ballica perenne (*Lolium perenne*) y el concentrado fue elaborado a partir de cebada (*Hordeum vulgare*) (37%), trigo (*Triticum aestivum*) (18,3%), afrecho de trigo

CUADRO 3
VARIABLES INHERENTES AL ALIMENTO Y AL ANIMAL
Feed and animal inherent variables

Exp.	Animal <i>Animal</i>	Alimento <i>Feed</i>	FDN (% Ms)	Kd (%/h)	Kp (%/h)	B (%)	Lag (h)
1	Vacas <i>Cows</i> Frisian 550 ¹ kg	Silo corte temp. <i>Early silage</i>	47,1	3	T1 2,7 T2 2,1	75,6	15
		Silo corte tard. <i>Late silage</i>	57,5	3	T3 3,1 T4 2,8	68,4	12
		Concentrado <i>Concentrate</i>	22,1	9*	2,5*	70*	10*
2	Novillos <i>Steers</i> Aberdeen Angus 290 kg	Heno <i>Hay</i>	74,4	3,4	4,5*	65,8 63,5 42,3	17
		Concentrado <i>Concentrate</i>	15,0	5*	2,5*	80*	14*

Exp.= experimento; FDN= fibra detergente neutro en porcentaje; Kd= tasa fraccional de degradación en porcentaje/hora; Kp= tasa fraccional de pasaje en porcentaje/hora; B= fracción potencialmente digestible de la FDN en %; Lag= fase lag en horas.

¹ Valores estimados; valor de los concentrados, estimados a partir de los trabajos reportados por Tamminga *et al.* (1990).

Exp.= experiment; FDN= neutral detergent fiber; Kd= fraccional rate of degradation in percentage/hour; Kp= fraccional rate of passage in percentage/hour; B= potentially digestible fraction of FDN in percentage; Lag= lag phase in hours.

¹ Estimated values; concentrate values estimated from Tamminga *et al.* (1990).

CUADRO 4
RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DE SIMULACIÓN
Experimental and simulation results

Exp.	Variable <i>Variable</i>		T1	T2	T3	T4
1	CMST	Exp.	12,26	15,59	12,51	16,36
		Mod.	12,74	16,15	11,89	16,06
		D.E.	±1,44	±1,70	±1,19	±1,08
	CMSE	Exp.	9,28	6,63	9,53	7,41
		Mod.	9,74	7,15	8,89	7,06
		D.E.	±1,44	±1,70	±1,19	±1,08
2	CMST	Exp.	4,70	4,87	5,19	
		Mod.	4,51	5,05	5,44	
		D.E.	±0,37	±0,41	±0,45	

CMST = consumo de materia seca total; CMSE = consumo de materia seca de ensilaje; Exp. = resultados experimentales; Mod. = resultados simulación; D.E. = desviación estándar.

CMST = total dry matter intake; CMSE = silage dry matter intake; Exp. = experimental results; Mod. = simulation results; D.E. = standard deviation.

(13,9%), gluten feed (*Zea maiz* gluten) (13,9%), harina de soya (*Glicine max*) (9,6%), harina de pescado (fishmeal) (3,4%), minerales y vitaminas (minerals and vitamins).

Los tratamientos en el experimento 2 fueron: Tratamiento 1 (T1). 9, 13, 16 y 19 horas: 1,6 kg de heno de agropiro (*Agropyron elongatus*).

Tratamiento 2 (T2). 9, 13 y 16 horas: 1,6 kg de heno de agropiro; 9 horas: 1,6 kg de grano de maíz.

Tratamiento 3 (T3). 9 horas: 1,2 kg de heno de agropiro; 11 y 16 horas: 1 kg de heno de agropiro; 9 horas: 3,2 kg de grano de maíz.

En el Cuadro 3 se presentan las variables inherentes al alimento y al animal informadas en los experimentos y que se utilizaron en la corrida del modelo.

Gasa *et al.* (1991) no informaron el valor de peso vivo de los animales; el valor de 550 kilogramos se asumió en función de que se trató de vacas en lactancia, multíparas y con 20 litros diarios de producción promedio durante el ensayo.

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de simulación obtenidos con el modelo y los informados en los experimentos. Para todos los pares de valores experimentales y del modelo se realizó una comparación de medias utilizando la distribución t de Student, por ser un procedimiento apropiado para muestras pequeñas de poblaciones normales (Mendenhall *et al.*, 1986).

Para ello se calculó un valor de T a partir de la siguiente expresión:

$$T = \frac{Y - u_0}{S/\text{SQR}_n}$$

donde Y = media muestral a comparar; u_0 = media testigo; S = desviación estándar de la media muestral; SQR = raíz cuadrada; n = número de repeticiones (10 para este caso). El valor de T obtenido es comparado con T de tabla, con n-1 grados de libertad.

Los valores de T calculados son menores que los T de tablas en todos los tratamientos ($p = 90\%$), de manera que se acepta que las medias son estadísticamente iguales.

En el experimento 1 el modelo tiende a sobrestimar los consumos de materia seca total y de ensilaje respecto a los valores experimentales para los tratamientos 1 y 2 (ensilaje corte temprano).

Los autores informaron que en estos trata-

mientos el consumo de ensilaje pudo estar limitado por otros factores más que por el llenado ruminal. Si el peso de los animales y/o los valores de degradación y pasaje del concentrado hubiesen sido mayores que los utilizados en las corridas del modelo, estas diferencias entre las medias se hubieran extremado, dado que el modelo está restringido a los casos de regulación física.

En los tratamientos 3 y 4 el modelo tiende a subestimar los valores medios. En estos tratamientos el mecanismo aparente de regulación del consumo fue físico y las diferencias se hubieran estrechado si se dieran las condiciones expresadas en el párrafo anterior.

Por otra parte, es conocido el efecto depresivo de la suplementación con grano sobre la digestibilidad de la pared celular. La característica común de los resultados provenientes de ensayos de suplementación es la sustitución de cierta proporción de forraje por concentrado, aumentando el consumo de materia seca total y disminuyendo el consumo de forraje. Este fenómeno de sustitución es mayor cuanto mayor sea la digestibilidad del forraje, explicándose generalmente por una depresión en la tasa de degradación de la fibra.

A los efectos de evaluar el comportamiento de este parámetro, se calculó la tasa de sustitución y adición con los resultados predichos por el modelo. La tasa de sustitución se define como kg de materia seca de forraje que el animal deja de consumir por kg de materia seca de concentrado consumido. La tasa de adición se define como aumento en el consumo total de materia seca por kg de materia seca de concentrado consumido.

Para el ensilaje temprano (T1 y T2), la sustitución calculada a partir de los resultados de simulación fue de 0,43 y para el ensilaje tardío (T3 y T4) de 0,30 kg/kg de materia seca de concentrado, en tanto la adición fue de 0,57 y 0,70 kg de materia seca para ensilaje temprano y tardío, respectivamente. Los valores de sustitución reportados por los autores fueron de 0,44 y 0,35 kg/kg de materia seca de concentrado para el ensilaje temprano y tardío, respectivamente.

En el experimento 2 se estimó el valor de tasa de pasaje del heno de agropiro a partir de resultados informados por Colucci *et al.* (1990) y los resultados obtenidos no son significativamente diferentes de los informados por los au-

tores del trabajo. Al igual que en el caso anterior, el modelo predice bien el consumo total y la depresión del consumo de materia seca de heno al aumentar el suministro de concentrado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se experimentó con un animal de 500 kg de peso vivo y una pastura con un contenido de 50% de FDN por kg de materia seca.

Se simuló, por un lado, el efecto de aumentar la tasa de pasaje sobre el consumo de materia seca, asumiendo 3 tasas de degradación diferentes (2, 4 y 6%).

Posteriormente se simuló el efecto de aumentar la tasa de pasaje, sobre la relación degradación/desaparición (degradación + pasaje), para una gama amplia de tasas de degradación.

En la Figura 1 se presenta el efecto de aumentar la tasa de pasaje sobre el consumo de materia seca y en la Figura 2 el efecto de aumentar la tasa de pasaje sobre la relación degradación / desaparición de la fibra detergente neutro.

En ambas figuras se observa que, mientras el consumo tiende a aumentar linealmente con aumentos sucesivos en la tasa de pasaje, las digestibilidades decrecen asintóticamente y con tasas crecientes a medida que disminuye la tasa de degradación del alimento.

Mertens (1987) informó que el porcentaje de depresión de la digestibilidad por cambios en el consumo, expresado como múltiplo de mantenimiento (% DEPR), es función del contenido de FDN y nutrientes digestibles totales (NDT) del alimento. La ecuación de predicción informada es:

$$\%DEPR = 0,033 + 0,132 (\%FDN) - 0,033 (NDT)$$

El coeficiente de regresión negativo para el NDT indica que los alimentos con mayor digestibilidad (mayor tasa de degradación) van a tener menor depresión en la digestibilidad por cambios en el consumo, a un mismo nivel de FDN, lo cual concuerda con los resultados de la simulación.

Sin embargo, tanto esta ecuación como las sugeridas por el NRC (1988) asumen que la depresión en digestibilidad por aumentos en el

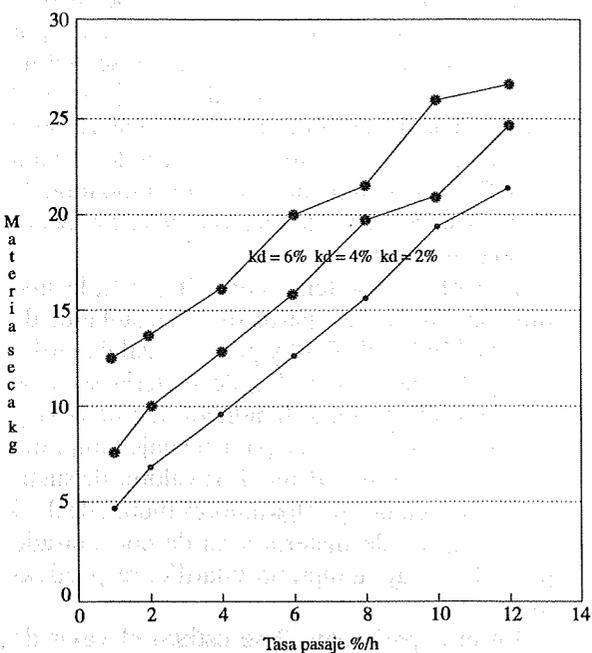


FIGURA 1
RELACIÓN TASA PASAJE - CONSUMO
Intake - rate of passage relation

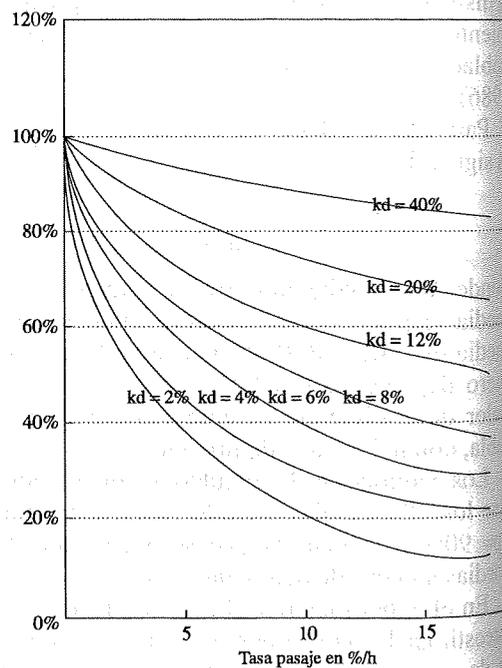


FIGURA 2
RELACIÓN TASA PASAJE - DIGESTIBILIDAD
Digestibility - rate of passage relation

consumo son lineales, en tanto en el modelo se plantean como curvilíneas. Mertens (1987), analizando este problema, estableció que si la relación entre consumo y tasa de pasaje es lineal, la depresión en digestibilidad con aumentos en el consumo bien puede ser curvilínea. Los resultados del modelo propuesto por Waldo *et al.* (1972), citado por Mertens (1987), son concordantes con el tipo de relación entre digestibilidad y consumo que predice el modelo.

El conocimiento de este tipo de relaciones es importante para poder tomar decisiones de alimentación, con el objetivo de maximizar el aprovechamiento del forraje, el que es, generalmente, el recurso alimenticio más económico.

Es conocido que el aporte de energía y proteína en el rumen de los forrajes verdes es desfasado en el tiempo respecto a los requerimientos y capacidad de utilización de dichos nutrientes por la población microbiana (Rearte *et al.*, 1989; Beever *et al.*, 1986a, 1986b; Vuuren *et al.*, 1990).

La suplementación es una alternativa atractiva para equilibrar el aporte de los forrajes frescos y mejorar su utilización (Vuuren *et al.*, 1990), pero para ello se requiere conocer el comportamiento a nivel ruminal de las diferentes fracciones, dada la amplia variabilidad encontrada entre los diferentes suplementos (Tamminga *et al.*, 1990).

Restricciones del modelo

El modelo propuesto se limita a las situaciones de alimentación en que la restricción del consumo se debe a limitaciones físicas.

La corrección de la tasa de degradación del forraje se realiza en función de la relación forraje/concentrado. Si bien es reconocida la asociación entre estos dos parámetros, también existe una gran variación dentro de forrajes y concentrados en sus efectos sobre la degradación de la fibra (Van Soest *et al.*, 1991).

El modelo tampoco contempla las situaciones en que la depresión en la degradación de la fibra se deba a limitaciones en la disponibilidad de nitrógeno a nivel ruminal, situación que es frecuente en la alimentación de rumiantes y tan importante para los microorganismos ruminales como los bajos niveles de acidez (Hoover *et al.*, 1991).

CONCLUSIONES

A pesar de las restricciones marcadas, el modelo predice exitosamente el consumo de materia seca en animales con diferentes pesos vivos, consumiendo forrajes distintos y con distintos niveles de concentrados.

Un modelo, con la base conceptual del propuesto en este trabajo, que integre a la degradación de fibra detergente neutro, la degradación de la proteína y de los carbohidratos solubles, sería una base firme para evaluar distintas estrategias de alimentación, en los sistemas el consumo voluntario del animal está restringido por mecanismos físicos.

RESUMEN

La utilización del alimento por bovinos consumiendo dietas basadas en forrajes involucra complejas interacciones a nivel ruminal entre el animal huésped, los microorganismos hospederos y el alimento. Se postula que cuando el consumo voluntario del animal está limitado por mecanismos de tipo físicos, más importante que la composición química *per se* de los alimentos o su concentración energética son las características de degradación y de pasaje de la fracción fibra por el retículo rumen. Con el objetivo de probar la hipótesis postulada se desarrolló un modelo de simulación para predecir el consumo de materia seca en bovinos, a partir de las características de degradación y pasaje de los alimentos y su contenido de fibra detergente neutro. En la validación se utilizó información proveniente de ensayos de alimentación con vacas Frisian consumiendo ensilajes de gramíneas (corte temprano y tardío) suplementadas con 2 niveles de concentrados (3 y 9 kg/vaca/día) y novillos A. Angus consumiendo heno con 3 niveles de concentrados (0, 25 y 50% de la dieta). Los valores de las medias fueron comparadas mediante una distribución *t* de Student, no detectándose diferencias significativas ($p > 0,1$) entre los valores observados y los predichos por el modelo. El modelo también fue utilizado para experimentar la relación teórica entre consumo de materia seca, tasa de pasaje, tasa de degradación y digestibilidad de la fibra detergente neutro. Los resultados obtenidos indican que mientras el consumo de ma-

teria seca aumenta en forma lineal, la digestibilidad decrece curvilinealmente, a medida que se incrementa la tasa de pasaje. Un modelo, con la base conceptual del propuesto en este trabajo que integre la dinámica de degradación de la fibra detergente neutro, de la proteína y de

los carbohidratos solubles (almidonados o no) sería una herramienta relevante en la toma de decisiones de alimentación en sistemas intensivos de producción animal, donde se combinan habitualmente forrajes frescos, conservados y concentrados.

LITERATURA CITADA

- AGUILAR, C. y CAÑAS, R. 1991. Modelo de simulación de producción ovina para el altiplano de Puno, Perú. *Ciencia e Investigación Agraria*, 18:23-46.
- AGUILAR, C. y CAÑAS, R. 1992. Análisis de sistemas y simulación en el planteamiento de modelos para la resolución de problemas agrícolas. *Ciencia e Investigación Agraria* 19 (1-2): 75-93.
- BEEVER, D.E., DHANOA, M.S., LOSADA, H.R., EVANS, R.T., CAMMELL, S.B. y FRANCE, J. 1986a. The effect of forage species and stage of harvest on the processes of digestion occurring in the rumen of cattle. *British Journal of Nutrition* 56: 439-454.
- BEEVER, D.E., LOSADA, H.R., EVANS, R.T., CAMMELL, S.B., EVANS, R.T. y HAINES, M.J. 1986b. The effect of forage species and season on nutrient digestion and supply in grazing cattle. *British Journal of Nutrition* 56: 209-225.
- CHILIBROSTE, P. 1992a. Factores no nutricionales y de comportamiento que afectan el consumo de bovinos en pastoreo. Seminario 1. Departamento de Zootecnia. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Mimeografiado. 23 p.
- CHILIBROSTE, P. 1992b. Parámetros ruminales y potencial de mejoramiento de la eficiencia de producción en sistemas pastoriles. Seminario 2. Departamento de Zootecnia. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Mimeografiado. 39 p.
- COLUCCI, P.E., MACLEOD, G.K., GROVUM, W.L., McMILLAN, I. and BARNEY, D.J. 1990. Digesta kinetics in sheep and cattle feed diets with different forage to concentrates ratios at high and low intakes. *J. Dairy Sci.* 73: 2143-2156.
- ELIZALDE, J.C., SANTINI, F.J. y PASINATO, A.M. 1992a. Digestión de forraje fresco de Avena. I. Materia orgánica y síntesis proteína ruminal. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol. 12 Sup. 1. NA 2.
- ELIZALDE, J.C., SANTINI, F.J. y PASINATO, A.M. 1992b. Digestión de forraje fresco en Avena. II. Proteína bruta. *Rev. Agr. Prod. Anim.* Vol. 12 Sup. 1. NA 3.
- FERNÁNDEZ, H., SANTINI, F. y COCIMANO, M. 1984. Efectos de la suplementación energética sobre la digestión de la pared celular. *Rev. Agr. Prod. Anim.* Vol. 4 Nº 11-12: 1121-1135.
- FREER, M. 1981. The control of food intake by grazing animals. *En: Grazing Animals* (Editor: F.H.W. Morley). World animal science, B1. Amsterdam, Elsevier, pp. 105-124.
- GASA, J., HOLTENIUS, K., SUTTON, J.D., DHANOA, M.S. and NAPPER, D.J. 1991. Rumen fill and digesta kinetics in lactating Friesian cows given two levels of concentrates with two types of grass silage *ad libitum*. *British Journal of Nutrition* 66: 381-398.
- HARTNELL, G.F. and SATTER, L.D. 1979. Determination of rumen fill, retention time and ruminal turnover rates of ingesta at different stages of lactation in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 48: 381-392.
- HODGSON, J. 1982. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. *En: Nutritional limits to animal production from pastures* (Editor J.B. Hacker). Farnham Royal, U.K., Commonwealth Agricultural Bureaux, pp. 153-166.
- HOOVER, W.H. and STOKES, S.R. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.* 74: 3630-3644.
- INRA. 1978. Alimentación de rumiantes. Ed. Mundo Prensa. Madrid.
- LASCANO, C. y QUIROZ, R. 1990. Metodología para estimar la dinámica de la digestión en rumiantes. *En: Nutrición de rumiantes: guía metodológica de investigación* (Editores: Ruiz, M.E. y Ruiz, A.), San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal en Latinoamérica. 344 p.
- MENDENHALL, W., SCEAFFER, R.L. and WACKERLA, D.D. 1986. Estadística matemática con aplicaciones. Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V. México.
- MERTENS, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.* 64: 1548-1558.
- MERTENS, D.R. and ELY, L.O. 1982. Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization. A dynamic model evaluation. *J. Anim. Sci.* 54 Nº 4: 895-905.
- MINSON, J.D. 1982. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. *En: Nutritional limits to animal production from pastures* (Editor: J.B. Hacker), Farnham Royal, U.K., Commonwealth Agricultural Bureaux, pp. 167-198.
- MINSON, J.D. 1990. Intake of forage by housed ruminants. *En: Forage in Ruminant Nutrition*. Ed. by Cunha J.T. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization St. Lucia, Queensland, Australia, pp. 9-59.
- NAYLOR, T.H., BALLYNTFY, J.L., BURDICK, D.S. and CHU, K. 1973. Técnicas de simulación en computadoras. Editorial Limusa, S.A. México.
- NRC. 1988. Nutrient requirement of dairy cattle. Sixth Revised Edition. National Academy Press. Washington, D.C.
- ØRSKOV, E.R., ØJWANG, I. and REID, G.W. 1988. A study on consistency of differences between cows in rumen outflow rate of fibrous particles and other substrates and consequences for digestibility and intake of roughages. *Anim. Prod.* 47: 45-51.
- ØRSKOV, E.R. 1990. In *Energy Nutrition in Ruminant*. Ed by Elsevier Science Publishers Ltd. Grown House, Linton, England. 149 p.
- PEZO, D.A. 1990. Medición de las tasas de degradación ruminal en alimentos. *En: Nutrición de rumiantes: guía metodológica de investigación* (Editores: Ruiz, M.E. y Ruiz, A.), San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal en Latinoamérica. 344 p.
- REARTE, D.H. y SANTINI, F.J. 1989. Digestión ruminal y producción en animales en pastoreo. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol. 9, Nº 2: 93-105.
- TAMMINGA, S., VAN VUUREN, A.M., VAN DER KOELEN, C.J., KETELAAR, R.S. y VAN DER TOGT, P.L. 1990. Ruminal behaviour of structural carbohydrates, non-structural carbohydrates and crude protein from concentrates ingredients in dairy cows. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 38: 513-526.
- VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B. and LEWIS, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- VAN VUUREN, A.M., TAMMINGA, S. y KETELAAR, R.S. 1990. Ruminal availability of nitrogen and carbohydrates from fresh and preserved herbage in dairy cows. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 38: 499-512.

CAPTURAS DE *Agrotis ipsilon*, *Heliothis zea* Y *Trichoplusia ni* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) CON TRAMPAS DE FEROMONAS SINTÉTICAS EN LA REGIÓN METROPOLITANA¹

Agrotis ipsilon, *Heliothis zea* and *Trichoplusia ni* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)
PHEROMONE TRAPPING IN THE METROPOLITAN REGION

JAIME U. APABLAZA y ALDO L. NORERO

Departamento de Ciencias Vegetales

Facultad de Agronomía

Pontificia Universidad Católica de Chile

Casilla 306, Correo 22, Santiago

Summary

Synthetic pheromone traps of Agrotis ipsilon, Heliothis zea, Trichoplusia ni and Spodoptera frugiperda were located in Curacaví and Pirque, Metropolitan Region, to monitor their male flights for two years. The traps were served weekly and daily temperatures were obtained from meteorological stations in both places.

Trap catches varied yearly and between localities. Flights of A. ipsilon peaked in late october and early november; other peaks were registered in january-february, and in april-may. Massive captures of H. zea concentrated in march. Instead, captures of T. ni showed several peaks: one during the second half of november, another in january and early february, and others mainly in april and may. S. frugiperda was not found.

Based on the thermal constant of each species and temperatures in both localities. A. ipsilon should complete two generations a year, H. zea only one, and T. ni three. The use of these traps to predict critical periods of attack of the pests is proposed using corn and cole crops as examples.

INTRODUCCIÓN

El gusano cortador negro o grasiento, *Agrotis ipsilon* (Hüfnagel), el gusano del choclo, *Heliothis zea* (Boddie)², y el gusano medidor del repollo, *Trichoplusia ni* (Hübner), son tres noctuidos considerados como importantes plagas de cultivos u hortalizas en la Región Metropolitana. De similar importancia es el gusano co-

gollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), que estaría sólo en el extremo norte del país (González, 1989; Prado, 1991). *Heliothis zea* también ha sido llamado *Helicoverpa zea* creando cierta confusión. Acá, tras consultar al especialista Angulo (2), se opta por considerar a *Helicoverpa* como subgénero de *Heliothis*. González (1989) y Prado (1991) también le denominan *Heliothis zea*.

La severidad del ataque de estos lepidópteros suele ser impredecible. Por otro lado, el empleo de trampas de feromonas sintéticas (TFS) y la consideración de los respectivos requerimientos calóricos para alcanzar estados ontogénicos dañinos, permitirían precisar los períodos críticos de infestaciones y decidir medidas oportunas de control.

¹Investigación financiada por el Proyecto FONDECYT N° 0826-90.

Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la P. Universidad Católica con el N° 552/93.

Fecha de recepción: 13 de mayo de 1993.

²Angulo, A. 1993. Departamento de Zoología, Universidad de Concepción, Concepción. Comunicación personal.

Las feromonas sexuales de los insectos constituyen un medio de comunicación que facilita el encuentro y cópula de machos y hembras. Mayer y McLaughlin (1990) presentan los trabajos de numerosos autores que han llevado a identificar los componentes de las feromonas naturales emitidas por las hembras de diversas especies, incluyendo las que trata el presente estudio. La posterior síntesis de los principales componentes ha hecho posible el empleo de trampas para monitorear e incluso controlar especies plagas. El monitoreo se realiza en base a las capturas y los requerimientos térmicos de las especies, expresados en grados días (GD). Willson y Barnett (1983) informan sobre el empleo de los GD en el manejo de plagas agrícolas.

En Chile se han estudiado trampas para el monitoreo de importantes plagas de frutales (González, 1982, 1984; González y Barría, 1983, 1984), la aplicación del método de la inundación y confusión (González *et al.*, 1990), el empleo de los GD (González, 1985), y se continúan trabajos en esa línea. De hecho, varias de estas TFS están siendo empleadas en huertos comerciales. No ha sido igual con TFS de noctuidos de importancia agrícola. Estudios preliminares con la TFS de *A. ipsilon* fueron presentados por Apablaza en el XXXVII Congreso Agronómico (1986) y en el X Congreso Nacional de Entomología (1988).

Los objetivos del presente trabajo fueron determinar las fluctuaciones poblacionales de *A. ipsilon*, *H. zea* y *T. ni*, calcular el número de generaciones anuales de esas especies, precisar sus períodos críticos de ataque y proponer el eventual empleo de estas trampas como una herramienta para su oportuno control en caso de ser necesario. Para *S. frugiperda* sólo se intentó confirmar su ausencia de la Región Metropolitana.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló durante el período 1990-1993 y consistió en monitorear semanalmente estos noctuidos, mediante trampas de feromonas sintéticas en dos localidades de la Región Metropolitana: Curacaví y Pirque.

El material de trampas fue importado directamente de Scentry Inc., Buckeye, Arizona, EE.UU., en cantidad suficiente para monitorear

dos temporadas completas. La feromona sintética de *A. ipsilon* contiene Z-7-Dodecenyl acetato y Z-9-Tetradecenyl acetato en cápsula de goma; la correspondiente a *H. zea* con Z-11-Hexadecenal y Z-9-Hexadecenal, en cápsula de goma; y la de *T. ni* con Z-7-Dodecenyl acetato más Dodecyl acetato más Z-9-Tetradecenyl acetato y Z-7-Dodecen-1-ol, en emisor de tubos capilares³. El diseño de las trampas de *A. ipsilon* y *T. ni* es del tipo pagoda con fondo adhesivo, en cambio la de *H. zea* es de malla tipo cono. En esta última, la cápsula que contiene la feromona queda suspendida en el centro de la abertura inferior, de 32 cm de diámetro.

Las trampas fueron suspendidas de postes especiales a una altura aproximada de 1,60 m, en la Estación Experimental Julio Ortúzar Pereira, comuna de Pirque (en adelante "Pirque"), y en la Estación Experimental Hortícola Panguiles, comuna de Curacaví (en adelante "Curacaví"), ambas de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

En cada localidad hubo dos sectores en cada uno de los cuales se ubicó una trampa para cada especie, quedando separadas a una distancia mínima de 50 m entre sí. Tanto para la instalación como para el posterior servicio de las trampas se siguieron las instrucciones indicadas por el fabricante. Se procuró ubicarlas evitando caminos polvorientos y riesgos de pérdida o destrucción, y tratando de asegurar la cercanía de plantas hospedantes cuando éstas estaban disponibles. Incluso hubo cambio de sectores durante el desarrollo del proyecto, en búsqueda de las mejores condiciones posibles. El servicio permanente de todas ellas se inició a comienzos de octubre de 1990 y se prolongó hasta octubre de 1992.

Durante los servicios: a) se cambiaron las cápsulas cada cuatro semanas en cada sector, alternando el cambio cada dos semanas en los dos sectores de cada localidad, para asegurar así una liberación de feromona relativamente permanente; b) se registraron y retiraron los ejemplares capturados en cada trampa, para su posterior identificación en el Laboratorio de Entomología, Campus San Joaquín, PUC; c) se cambiaron los fondos pegajosos cada vez que se les encontró suciedad que pudiese interferir

³Scentry Inc., Buckeye, Arizona, EE.UU. 1990. Información técnica mimeografiada.

con las capturas; d) ocasionalmente, fue necesario cambiar los techos plásticos.

La identificación de los machos adultos se basó en maculación alar y sólo se disectaron genitales de especímenes en mal estado o dudosa apariencia. Algunos ejemplares se llevaron al especialista Sr. Luis E. Parra (Departamento de Zoología, Universidad de Concepción) para asegurar su correcta identificación.

Simultáneamente, se tomaron registros climáticos de las estaciones meteorológicas convencionales de la Dirección de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, ubicadas en ambas estaciones experimentales en donde se desarrolló esta investigación. En particular, interesó el registro continuo de temperaturas pertinentes al período en estudio. Ambas localidades son de clima templado mesotermal, estenotérmico, mediterráneo y semiárido, según la nomenclatura de Santibáñez y Uribe (1990).

En ambas temporadas se revisaron cultivos hospedantes de las especies estudiadas, presentes en las mismas estaciones experimentales y en campos cercanos, para los cuales sería válida la información que se estaba generando.

RESULTADOS

Los servicios semanales de las trampas se espaciaron algo más de 7 días durante los meses invernales, totalizando 96 servicios en Curacaví y 97 en Pirque durante los dos años de registros continuos. Esto da una periodicidad promedio de 7,67 y 7,64 días, respectivamente.

Capturas de *Agrotis ipsilon*

Las capturas de los machos de esta especie se presentan en la Figura 1. Por lo registrado, tanto en Curacaví como en Pirque, durante las dos temporadas, queda en evidencia que los machos de esta especie volaron prácticamente durante todo el año, hubo varios máximos de capturas anuales, y hubo diferencias entre los dos años y las dos localidades.

Resultan de interés las primeras capturas primaverales que se registraron en octubre y noviembre, con picos moderados que variaron entre el 17 de octubre de 1990 en Curacaví, al 15 de noviembre de 1991 en Pirque. En términos prácticos, estas capturas corresponden a un

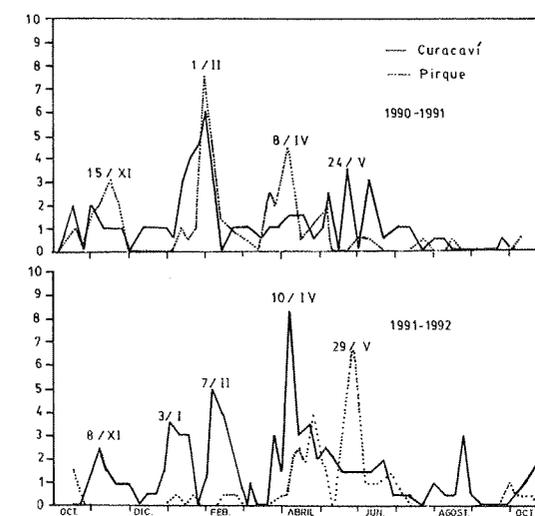


FIGURA 1
CAPTURAS DE MACHOS DE *AGROTIS IPSILON*
EN CURACAVÍ Y PIRQUE DURANTE DOS AÑOS
Captures of male Agrotis ipsilon in Curacaví and Pirque during a two-year period

mismo período de vuelo, centrado a fines de octubre o inicios de noviembre.

En la misma Figura 1 se aprecia un segundo período de vuelo de machos durante enero y febrero. En 1991 se registraron picos de capturas el 1 de febrero en ambas localidades, y en 1992 sólo en Curacaví hubo dos máximos registrados el 3 de enero y el 7 de febrero. Con posterioridad se registraron capturas relativamente altas durante los meses de abril y mayo, incluso el 22 de marzo de 1992 en Pirque.

Al revisar separadamente las capturas registradas en cada localidad y en cada año, aparecen tres máximos de capturas anuales (Figura 1).

Capturas de *Heliothis zea*

Los resultados para esta especie se han graficado en la Figura 2. En ella se puede apreciar que, salvo algunos ejemplares aislados, las capturas masivas fueron en marzo. Más aún, en Curacaví los máximos se registraron el 28 y 27 de ese mes en 1991 y 1992, respectivamente. Similarmente en Pirque esos máximos se registraron el 6 y el 4 del mismo mes en 1991 y 1992, respectivamente.

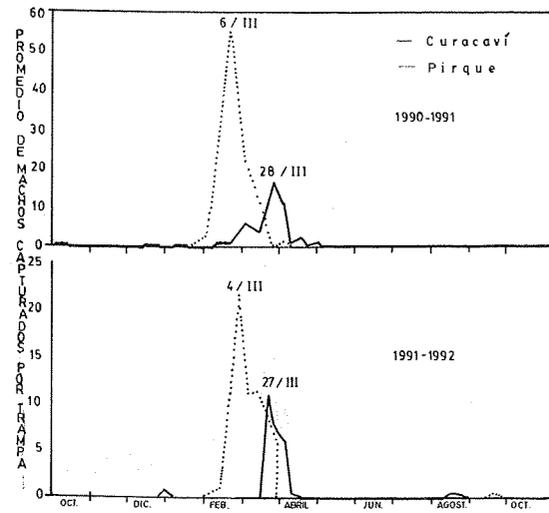


FIGURA 2
CAPTURAS DE MACHOS DE *HELIOTHIS ZEA* EN
CURACAVÍ Y PIRQUE DURANTE DOS AÑOS
Captures of male Heliothis zea in Curacaví and Pirque
during a two-year period

Capturas de *Trichoplusia ni*

En la Figura 3 se puede apreciar que hubo varios picos de vuelo para esta especie, tanto en Curacaví como en Pirque, y que éstos variaron entre los dos años y las dos localidades. Las capturas de primavera se produjeron sólo en Curacaví durante la segunda quincena de noviembre y fueron relativamente bajas. Un segundo vuelo se registró durante enero y comienzos de febrero en ambas localidades. Un tercer período de vuelo se prolongó desde marzo a mayo en Curacaví y Pirque, con un pico adicional a comienzos de junio de 1992 sólo en Curacaví.

Capturas de *Spodoptera frugiperda*

No hubo captura de ejemplar alguno de esta especie en Curacaví y en Pirque, durante los dos años del estudio.

Registros de temperaturas

En el Cuadro 1 se incluyen las temperaturas registradas en Curacaví y Pirque durante los dos años de esta investigación. En Curacaví la temperatura media tendió a ser uno o dos gra-

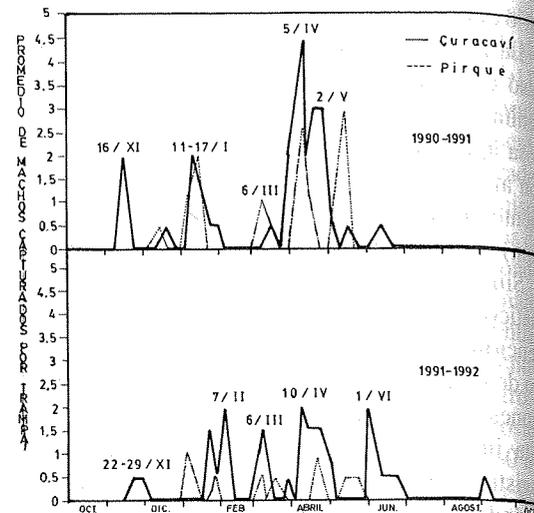


FIGURA 3
CAPTURAS DE MACHOS DE *TRICHOPLUSIA NI*
EN CURACAVÍ Y PIRQUE DURANTE DOS AÑOS
Captures of male Trichoplusia ni in Curacaví and
Pirque during a two year period

dos más alta que la correspondiente de Pirque. Esta diferencia es atribuible principalmente a las menores temperaturas mínimas en Pirque. Escapa a esta generalización la primavera de 1992, durante la cual en Pirque se registraron mayores valores que en Curacaví para casi todos los parámetros térmicos.

Al comparar las temperaturas medias diarias durante el período de este estudio con las correspondientes a la evolución térmica típica de ambas localidades, basada en registros históricos, se revela que las capturas obtenidas en Curacaví ocurrieron bajo un régimen termal más elevado que el normal (Figura 4). En cambio en Pirque, las temperaturas evolucionaron en forma semejante a las normales, con excepción de la primavera de 1992 en que hubo temperaturas claramente superiores a las típicas de esa estación.

Generaciones anuales

Basándose en las temperaturas diarias obtenidas en Pirque y Curacaví y a los requerimientos calóricos (expresados en grados días = GD) específicos para *Agrotis ipsilon*, *Heliothis zea* y *Trichoplusia ni* se calculó el número de gene-

CUADRO 1

PROMEDIOS MENSUALES DE LAS TEMPERATURAS (°C) MÁXIMAS, MÍNIMAS Y MEDIAS DIARIAS REGISTRADAS EN CURACAVÍ Y PIRQUE DURANTE EL PERÍODO DEL ESTUDIO

Monthly averages of maximum, minimum and mean daily temperatures (°C) recorded in Curacaví and Pirque during the study period

Meses	Curacaví			Pirque		
	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media
Julio 1990	15,34	3,50	9,42	15,83	0,19	8,01
Agosto	18,31	6,24	12,27	18,50	3,19	10,85
Septiembre	19,45	7,55	13,50	18,18	4,62	11,40
Octubre	21,67	8,10	14,88	20,43	5,83	13,13
Noviembre	26,27	8,93	17,60	25,98	7,06	16,52
Diciembre	27,81	10,53	19,17	27,47	8,81	18,14
Enero 1991	29,55	10,61	20,08	28,79	8,98	18,88
Febrero	29,74	10,64	20,19	30,09	8,88	19,48
Marzo	26,35	10,58	18,47	26,26	8,29	17,28
Abril	23,32	9,33	16,33	22,50	6,69	14,59
Mayo	19,80	8,95	14,38	18,93	6,01	12,47
Junio	16,60	6,44	11,52	16,97	3,66	10,31
Julio	14,63	5,08	9,85	14,76	3,87	9,32
Agosto	15,88	4,68	10,28	15,75	1,50	8,63
Septiembre	20,13	8,22	14,18	19,24	6,01	12,62
Octubre	22,83	7,73	15,28	21,52	4,99	13,26
Noviembre	25,35	10,08	17,72	24,46	8,58	16,52
Diciembre	27,30	11,65	19,47	24,99	9,96	17,47
Enero 1992	29,06	13,32	21,19	28,62	11,53	20,07
Febrero	27,66	12,45	20,06	27,44	9,70	18,57
Marzo	26,21	11,95	19,08	26,18	9,41	17,80
Abril	22,17	9,00	15,59	21,52	6,48	14,00
Mayo	17,45	8,71	13,08	14,54	6,07	10,30
Junio	13,59	5,70	9,65	12,66	3,72	8,19
Julio	13,01	3,56	8,29	12,57	2,78	7,67
Agosto	16,85	5,63	11,24	17,60	7,43	12,51
Septiembre	18,40	7,10	12,75	20,34	9,62	14,98
Octubre	22,55	7,92	15,24	23,70	7,60	15,65

raciones anuales que estas especies probablemente desarrollaron en las dos localidades durante el tiempo que duró este estudio (Cuadro 2).

A. ipsilon pudo completar dos y media generaciones anuales en Curacaví y tan sólo dos en Pirque. *H. zea* debió completar una y media generaciones anuales en Curacaví y en Pirque tan sólo una. *T. ni* habría tenido cuatro generaciones en Curacaví y tan sólo tres en Pirque.

Estas diferencias se explican porque en Curacaví se registraron temperaturas medias ligeramente superiores a las de Pirque durante los dos años del estudio, e incluso superiores a los

registros históricos de Curacaví. Por ende, una primera generalización sería que en condiciones térmicas relativamente normales *A. ipsilon* presentaría dos generaciones anuales, *H. zea* una y *T. ni* tres en la Región Metropolitana.

Capturas de otras especies

Aun cuando estas trampas de feromonas sintéticas son específicas, de hecho se capturaron insectos diversos y entre ellos ejemplares de otras especies de Noctuidae. En el Cuadro 3 se mencionan estas últimas. En la gran mayoría de los casos la cantidad y la frecuencia de los

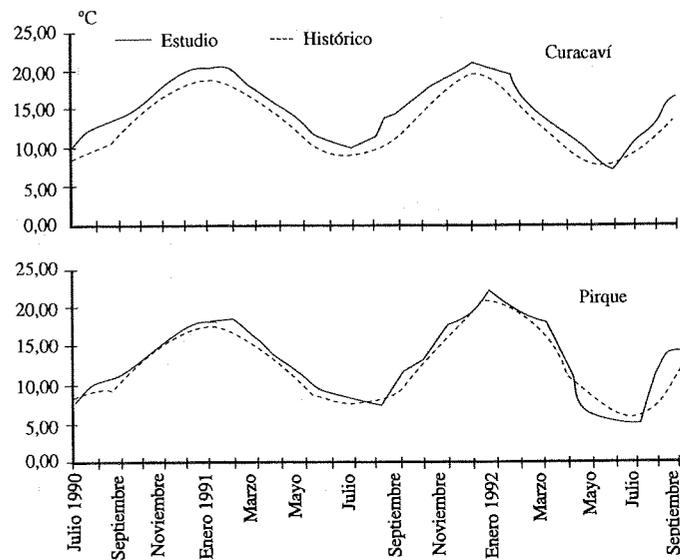


FIGURA 4

EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DIARIA (°C) EN CURACAVÍ Y PIRQUE DURANTE EL PERÍODO DEL ESTUDIO Y LOS RESPECTIVOS PROMEDIOS HISTÓRICOS

Daily temperature (°C) pattern in Curacaví and Pirque during the study period and the corresponding historic records

CUADRO 2

REQUERIMIENTOS TÉRMICOS⁴ Y GENERACIONES ANUALES DE *AGROTIS IPSILON*, *HELIOTHIS ZEA* Y *TRICHOPLUSIA NI* EN CURACAVÍ Y PIRQUE

Heat requirements⁴ and annual generations of *Agrotis ipsilon*, *Heliothis zea* and *Trichoplusia ni* in Curacaví and Pirque

Especies	Temperatura (°C) umbral inferior	Desarrollo de huevo a huevo (GD)	Generaciones (N°)	
			Curacaví	Pirque
<i>Agrotis ipsilon</i>	10,4	760	2,5	2,0
<i>Heliothis zea</i>	13,9	602	1,5	1,0
<i>Trichoplusia ni</i>	11,4	380	4,0	3,0

⁴Zalom, F. 1987. Información computarizada. Department of Entomology, University of California-Davis.

ejemplares atrapados fueron relativamente bajas. En la trampa de *A. ipsilon*, además de esta especie, se capturaron continuamente ejemplares de *Peridroma sp.* y de *Rachiplusia nu.* En las trampas de *Trichoplusia ni* y de *Heliothis zea* ocurrió otro tanto con ejemplares de *Rachiplusia nu.* De acuerdo a estos resultados, la trampa de *A. ipsilon* podría ser eventualmente utilizada para *Peridroma sp.* y *Rachiplusia nu.*; así como las trampas de *T. ni* e incluso de *H. zea* también pueden servir para *R. nu.*

La especie del género *Peridroma* puede ser

chilenaria o *saucia*. En los primeros registros se estimó que era *P. saucia*, pero ante una duda, el especialista Sr. Luis E. Parra determinó algunos ejemplares de *P. chilendaria*, razón por la cual no se tiene la certeza si ambas o una de las dos especies fueron las encontradas en las trampas. En todo caso, los máximos de capturas de *Peridroma sp.* se concentraron en los meses de septiembre y octubre, antes que los correspondientes a *A. ipsilon*. Es decir, esta especie de *Peridroma* puede ser una de las que ataca tempranamente al maíz.

CUADRO 3

NÚMERO DE EJEMPLARES ATRAPADOS Y PORCENTAJE DE CAPTURAS⁵ DE DISTINTAS ESPECIES DE NÓCTUIDOS ENCONTRADOS EN LAS TRAMPAS DE FEROMONAS SINTÉTICAS DE *A. IPSILON*, *H. ZEA* Y *T. NI*

Number of trapped specimens and percentage of captures⁵ of different noctuid species found in *A. ipsilon*, *H. zea* and *T. ni* synthetic pheromone traps

Especies capturadas	Trampas de feromonas					
	<i>A. ipsilon</i>		<i>H. zea</i>		<i>T. ni</i>	
	N°	%	N°	%	N°	%
<i>Agrotis bilitura</i>	1,5	1,0	1,5	2,6	0,5	1,0
<i>Agrotis edmonsi</i>	1,5	2,6	—	—	—	—
<i>Agrotis hispidula</i>	—	—	6,2	4,7	—	—
<i>Agrotis ipsilon</i>	98,7	61,7	2,0	2,6	3,5	5,2
<i>Agrotis lutescens</i>	5,2	6,7	0,2	0,5	1,7	3,1
<i>Copitarsia turbata</i>	2,7	3,1	3,2	6,2	1,5	3,1
<i>Heliothis zea</i>	—	—	100,5	18,1	—	—
<i>Faronta albilinea</i>	0,2	0,5	0,2	0,5	—	—
<i>Meganefria albodiscata</i>	—	—	0,2	0,5	—	—
<i>Peridroma sp.</i>	34,0	10,9	1,0	2,1	5,7	6,2
<i>Phytometra bonaerensis</i>	—	—	—	—	0,5	1,0
<i>Pseudaletia impuncta</i>	1,7	2,6	4,5	5,2	0,5	1,0
<i>Rachiplusia nu</i>	27,5	31,1	28,5	13,0	50,5	36,8
<i>Rachiplusia virgula</i>	—	—	0,2	0,5	0,2	0,5
<i>Syngrapha gammoides</i>	1,0	2,1	6,5	4,1	1,0	2,1
<i>Trichoplusia ni</i>	0,2	0,5	0,7	1,6	32,7	24,4

⁵Número promedio de ejemplares capturados por trampa y por año. Porcentaje del total de servicios (= 193 en dos años).

DISCUSIÓN

Respecto a las capturas de *A. ipsilon* resultan de interés las registradas en octubre y noviembre. Las larvas resultantes de esta generación serían las responsables del daño que ocurren en cultivos de primavera durante noviembre. Por otra parte, las larvas provenientes de los adultos registrados en enero y febrero estarían entre las que dañan hortalizas en pleno verano.

Las capturas de *H. zea* fueron considerablemente mayores en Pirque que en Curacaví. Esto puede atribuirse a la atracción que ejerce el maíz sobre este insecto, dado que las trampas en Pirque estuvieron ubicadas junto a este cultivo, no siendo posible tal cercanía en Curacaví. Las capturas masivas registradas en marzo explican que esta plaga ataque con mayor intensidad a los cultivos tardíos de maíz. Cabe preguntarse sobre la especie que ataca en febrero e incluso en enero. Al respecto, el servicio de las trampas para esta especie se continuó hasta

el 21 y 20 de abril de 1993 en Curacaví y Pirque, respectivamente. A través de éstos se registraron capturas de esta especie desde enero a abril, con un máximo el 5 de marzo en Curacaví y el 24 de febrero en Pirque. Esto indica que lo registrado en los dos años del estudio de hecho varía, y por consiguiente *H. zea* también puede atacar el maíz antes de marzo, sin descartar la posibilidad de que otra especie, como *Heliothis gelatopoeon* (Dyar), citada por González (1989) y Prado (1991), sea la principal responsable del daño en enero y/o febrero.

Respecto a *T. ni*, es dable asumir que las larvas provenientes de los adultos de enero y comienzos de febrero serían las que infestan los almárgicos de crucíferas hortícolas a partir de ese período en la Región Metropolitana. De mayor impacto serían las larvas provenientes de los adultos que aparecen en marzo, dado que en este período esas hortalizas se encuentran en pleno desarrollo después del trasplante. Previas

experiencias (no publicadas) en Curacaví permiten afirmar que las posteriores infestaciones larvarias son menos destructivas y sólo importantes por contaminaciones en los productos a cosechar.

Basándose en los antecedentes anteriormente expuestos, además de observaciones parciales llevadas a cabo en Curacaví y Pirque, y considerando las recomendaciones de los fabricantes, para un eventual empleo de estas trampas en la Región Metropolitana, se propone validar en campos comerciales las siguientes propuestas:

a) El empleo de la trampa de *Agrotis ipsilon* para predecir el período crítico de ataque de esta plaga en maíz durante noviembre, si no se optó por invertir en control preventivo. Se sugiere ubicar las trampas después de la siembra y registrar periódicamente las capturas. A partir del primer máximo en octubre o comienzos de noviembre, contabilizar los grados días (GD) hasta completar 140 GD (requeridos desde incubación hasta parte inicial del desarrollo larvario, ya que antes no se aprecia el daño). En esta fecha correspondería revisar la infestación en el campo, para decidir la conveniencia de un control curativo.

b) La utilización de la trampa de *Heliothis zea* para impedir pérdidas de semilla valiosa o choclo pequeño de consumo fresco. Se trata de detectar la presencia de esta plaga cuando la hembra ovipone en los estilos turgentes de las mazorcas. Ubicar las trampas antes de la emisión de estilos y servir las periódicamente mientras dichos estilos estén frescos. Si se registra un vuelo relativamente masivo, sería necesario controlar inmediatamente a los adultos. Hemos encontrado alto porcentaje de mazorcas infestadas tras estos vuelos masivos de los machos.

c) La trampa de *Trichoplusia ni* serviría para evitar destrucción de crucíferas hortícolas poco después del trasplante. En este caso, las trampas se ubicarían inmediatamente completado el trasplante, lo cual corrientemente se realiza desde fines de verano en la Región Metropolitana. El primer máximo de captura indicará

iniciar los registros de grados días hasta completar 88,5 GD (incubación hasta parte inicial del desarrollo larvario). La fecha así determinada indicará el comienzo del ataque larvario y de la revisión periódica del cultivo, que llevará a decidir la conveniencia de control.

La TFS de *Spodoptera frugiperda* no capturó ejemplar alguno de esa especie, confirmando que esta plaga no está presente en la Región Metropolitana, como lo indican González (1989) y Prado (1991). Otros noctuidos no fueron capturados masiva o periódicamente en esta trampa, en la cual sólo esporádicamente se encontraron ejemplares aislados.

RESUMEN

Trampas de feromonas sintéticas de *Agrotis ipsilon*, *Heliothis zea*, *Trichoplusia ni* y *Spodoptera frugiperda* fueron ubicadas en Curacaví y Pirque para monitorear los vuelos de machos durante dos años. Las trampas se sirvieron semanalmente, con ligeras variaciones. Las temperaturas diarias fueron obtenidas de estaciones meteorológicas ubicadas en los predios en donde se desarrolló el estudio.

Las capturas variaron entre los años y las localidades. Los vuelos de *A. ipsilon* alcanzaron máximos a fines de octubre y comienzos de noviembre, a fines de enero y febrero, y en abril y mayo. Capturas masivas de *H. zea* se concentraron en marzo. En cambio, para *T. ni* se registraron varios máximos. El primero de ellos durante la segunda mitad de noviembre, otro en enero y a comienzos de febrero, y otros principalmente en abril y mayo. No se capturó ejemplar alguno de *S. frugiperda*.

Considerando la constante térmica de cada especie y las temperaturas de las dos localidades, *A. ipsilon* puede completar dos generaciones por año, *H. zea* tan sólo una, y *T. ni* tres. Se propone evaluar en condiciones extensivas el empleo de estas trampas para predecir períodos críticos de ataque, usando maíz y crucíferas hortícolas como ejemplos.

LITERATURA CITADA

GONZÁLEZ, R.H. 1982. Vigilancia estacional del vuelo de *Carpocapsa* y *Grafolita* con trampas de feromona sexual. *Revista Frutícola* 3 (2): 39-47.
GONZÁLEZ, R.H. 1984. Trampas de feromona sexual

para detección y control de plagas de frutales. *Boletín Técnico*; Castro, Villaseca Ltda.; Santiago; 14 p.
GONZÁLEZ, R.H. 1985. Cálculo de días/grado en el

pronóstico de ataque de la escama de San José, *Quadraspidiotus perniciosus* (Comst.). *Rev. Frutícola* 6 (1): 3-8.

GONZÁLEZ, R.H. 1989. Insectos y ácaros de importancia agrícola y cuarentenaria en Chile. Imp. y Editora OGRAMA, Santiago, 310 p.

GONZÁLEZ, R.H. y G. BARRÍA. 1983. Feromona sexual en la detección de la escama de San José. *Rev. Frutícola* 4 (2): 43-47.

GONZÁLEZ, R.H. y G. BARRÍA. 1984. Trampas de feromona sexual para detección y control de la polilla de la manzana. *Rev. Frutícola* 5 (2): 43-50.

GONZÁLEZ, R.H.; G. BARRÍA y T. CURKOVIC. 1990. Confusión sexual: un nuevo método de control

específico de la grafolita del durazno, *Cydia molesta* Busk. *Rev. Frutícola* 11 (2): 43-50.

PRADO, E. 1991. Artrópodos y sus enemigos naturales asociados a plantas cultivadas en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, *Boletín Técnico* Nº 169. 203 p.

MAYER, M.S. y J.R. McLAUGHLIN. 1990. *Handbook of Insect Pheromone and Sex Attractants*. CRC Press, Boston.

SANTIBÁÑEZ, F. y J.M. URIBE. 1990. Atlas Agroclimático de Chile. Regiones V y Metropolitana. Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Proyecto 89/901, Santiago de Chile.

WILSON, L.T. y W.W. BARNETT. 1983. Degree-Days: An aid in crop and pest management. *California Agriculture* 37 (1 y 2): 4-7.

**ENDEMISMO Y DISTRIBUCIÓN DE LA FLORA DE ILLAPEL,
IV REGIÓN, CHILE**

ENDEMIC TAXA AND DISTRIBUTION OF THE FLORA OF ILLAPEL,
IV REGION, CHILE

MIGUEL ÁNGEL TRIVELLI

Departamento de Ciencias Vegetales

Facultad de Agronomía

Pontificia Universidad Católica de Chile

Casilla 306, Correo 22, Santiago

Summary

The purpose of this study was to determine the endemic flora growing in the proximity of the city of Illapel. One hundred and seventy eight taxa were collected. Of these 30% of the herbaceous and 60% of the woody plants were endemic. Most species of herbaceous plants were introduced from Europe and they grow mainly in wet soils.

At the genera level the endemic percentage was low in both herbaceous and woody plants, thrive the herbaceous genera being slightly higher.

The study revealed an affinity between the flora of Illapel and of Argentina, Perú, Bolivia and Brazil.

INTRODUCCIÓN

La existencia y la distribución de la flora de ambientes áridos y semiáridos de Latinoamérica ha despertado el interés de numerosos investigadores, quienes a través de estudios paleobotánicos, geológicos, climáticos y otros, han tratado de explicar la dinámica vegetacional y los cambios que se han producido desde el Cretácico hasta el Holoceno.

Para el Terciario inferior, Solbrig (1976) ha documentado, para América del Sur, la existencia de un tipo de flora adaptada a ambientes secos y con elementos vinculados a los del actual Dominio Chaqueño. Esta paleoflora, Chaco-Terciaria, habría ocupado en épocas prepliocénicas un área extensa en torno a las latitudes medias e inclusive habría alcanzado una parte de la costa del Pacífico.

El levantamiento final de los Andes (evento plioleistocénico), en combinación con la corriente fría de Humboldt, habrían disgregado esta supuesta paleocomunidad, dejando zonas con extrema aridez, principalmente en los Andes occidentales de Chile y Perú.

La colonización altoandina habría sido un suceso posterior y que, de acuerdo a Simpson (1983), derivaría de comunidades tropicales o subtropicales de menor altura.

La serie de eventos plioleistocénicos, incluyendo las glaciaciones del Cuaternario, habrían determinado la existencia de provincias biogeográficas bien definidas, las cuales han sido documentadas y propuestas por Cabrera (1973).

El objetivo del presente trabajo es estimar a través de un muestreo florístico realizado en los alrededores de la ciudad de Illapel, el grado de endemismo que existe a nivel de género y especie y los vínculos que ella presenta con la flora transandina. Esta zona corresponde a un área de transición entre la flora desértica y mediterránea.

ÁREA DE ESTUDIO

El muestreo florístico se realizó en los alrededores de la ciudad de Illapel (32° LS, 71° LW), ubicada aproximadamente a 75 km al este de Los Vilos, provincia de Choapa, IV Región.

En general, se trata de un área degradada donde el sobrepastoreo y la corta indiscriminada de la flora, ya sea para la obtención de combustible o para el cultivo agrícola, ha causado verdaderos estragos, alterando enormemente las comunidades originales. Actualmente se observa un panorama dramático, con suelos altamente compactados y erosionados. La cubierta vegetal es escasa y se concentra principalmente en quebradas o a orillas de los cursos de agua.

METODOLOGÍA

El muestreo de la flora se realizó en los meses primaverales, en todos los ambientes (xéricos, méxicos e higrófitos) del área de estudio.

Para la identificación de los taxa se consultaron las claves descritas en la literatura. En algunos casos, además, se realizaron comparaciones con la colección botánica existente en el Museo Nacional de Historia Natural.

Para el estudio de la distribución se definieron 3 elementos: 1) endémico: relativo a la flora que crece únicamente o principalmente en Chile; 2) americano: considera a los taxa que además de crecer en Chile, también lo hacen espontáneamente en cualquier otro país americano; 3) amplio: considera a toda la biota nativa de Europa que crece en forma adventicia en Chile y en cualquier otro país del globo. También incluye a aquellos taxa de amplia distribución mundial.

RESULTADOS

Se colectó un total de 178 especies, de las cuales el 70% correspondió a herbáceas y el resto a leñosas. Los resultados del estudio a nivel de especies y géneros son los siguientes:

Estudio a nivel de especies

1. *Flora herbácea*: Se determinó que más del 50% de la flora herbácea (Figura 1a) son espe-

cies que actualmente tienen amplia distribución mundial, siendo la mayoría de ellas nativas de Europa, tales como: *Brassica campestris*, *Rapahanus sativus*, *Foeniculum vulgare* y *Mentha rotundifolia*. Dicha biota prospera en suelos hidrófilos, adyacentes a cultivos agrícolas o a canales de regadío. Le sigue el elemento endémico, compuesto principalmente por *Trichopetalum plumosus*, *Tecophilaea violaeiflora*, *Leucocoryne ixioides* y *Oxalis micrantha*. Por último, el elemento americano, con especies compartidas con países vecinos.

2. *Flora leñosa*: Se determinó que el 60% de la flora leñosa está compuesta por especies endémicas (Figura 1b), dentro de las cuales destacan: *Cordia decandra*, *Bridgesia incisaefolia*, *Caesalpinia angulicaulis*, *Quillaja saponaria*, *Schinus latifolius* y otras. Le sigue el elemento americano (AC) y, por último, el elemento amplio con *Ricinus communis* y *Nicotiana glauca*.

Estudio a nivel de géneros

1. *Flora herbácea*: Se verificó un alto porcentaje, en torno al 70% de género que actualmente crecen espontáneamente alrededor del mundo. Entre ellos destacan: *Erodium*, *Ammi*, *Brassica*, *Malva*, *Melilotus*, *Lotus*, *Fumaria*, *Sonchus*, *Convolvulus*, *Oxalis*, *Veronica*, *Galium*, *Centaurium*, *Solanum* y otros. Le sigue el elemento americano con un porcentaje cercano al 20% y, finalmente, el elemento endémico, representado por los géneros *Pasithea*, *Trichopetalum*, *Leucocoryne*, *Tecophilea*, *Conanthera* y *Moscharia* (Figura 2a).

2. *Flora leñosa*: Respecto a los géneros leñosos se observó que la mayoría de ellos tienen distribución americana. Le sigue el elemento amplio y, por último, el elemento endémico, representado por *Luma* y *Anisomeria* (Figura 2b).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Del estudio a nivel de especies se desprende que existiría un alto porcentaje de endemismo para la flora leñosa, con un valor en torno al 60%. En cambio, el piso herbáceo estaría compuesto, principalmente, por especies distribuidas ampliamente en el mundo. Esta situación debe a la gran existencia de herbáceas introducidas y que prosperan en ambientes hidrófilos

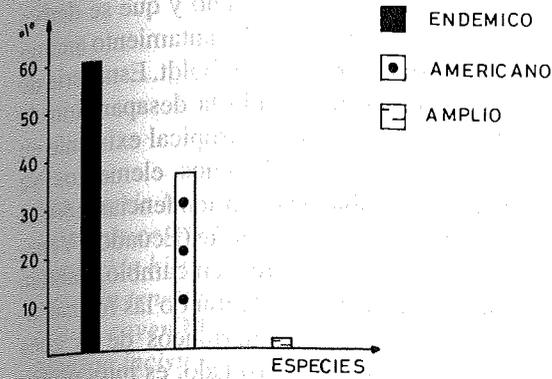


FIGURA 1a
DISTRIBUCIÓN DE LA FLORA HERBÁCEA
(ESPECIES)

Distribution of the herbs flora
(Species)

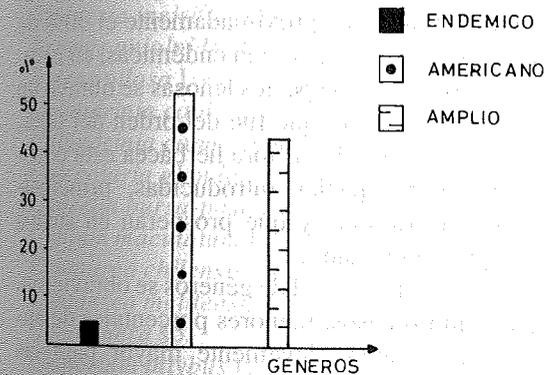


FIGURA 2a
DISTRIBUCIÓN DE LOS GÉNEROS HERBÁCEOS

Distribution of the herbs genera

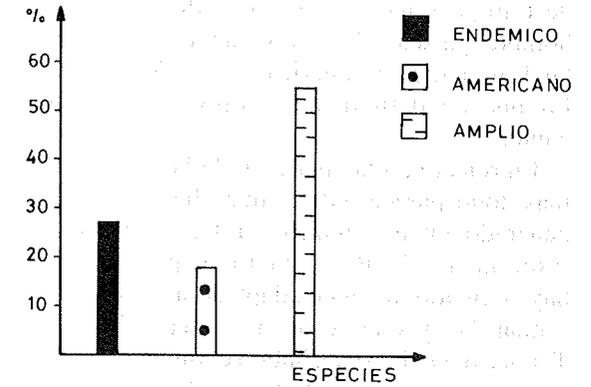


FIGURA 1b
DISTRIBUCIÓN DE LA FLORA LEÑOSA
(ESPECIES)

Distribution of the woody plants flora
(Species)

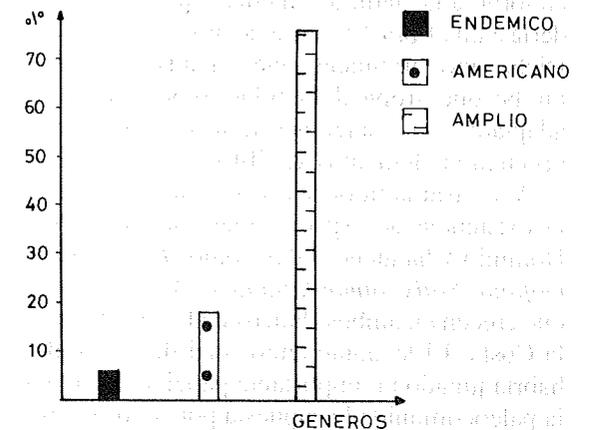


FIGURA 2b
DISTRIBUCIÓN DE LOS GÉNEROS LEÑOSOS

Distribution of the woody plants genera

adyacentes a cultivos agrícolas y a cursos permanentes de agua. La flora herbácea endémica se distribuiría en ambientes más xéricos y estaría representada principalmente por geófitas, las cuales han sido el resultado de un largo proceso de adaptación a la carencia de agua.

Al comparar la distribución de los géneros herbáceos y leñosos, resalta el alto porcentaje de géneros herbáceos con distribución amplia, en cambio en las leñosas predominan los géneros con distribución americana.

Debido a que el sector en el cual se realizó el estudio (32° LS, 71° LW) corresponde a un área de transición entre la zona desértica y mediterránea, la flora existente tiene aportes de ambas fuentes.

Para tratar de entender y explicar la distribución y la existencia de las especies en el área de estudio se precisa de estudios multidisciplinarios, no obstante, es posible argumentar, en forma general, algunas situaciones.

Los elementos exóticos no ofrecen dificul-

tad, debido a que casi en su totalidad provienen de Europa y habrían sido introducidos por el hombre, ya sea en forma voluntaria o accidental. Los elementos americanos y endémicos son los que en definitiva constituyen la interrogante.

En relación a la aparición de las angiospermas, todo parece indicar que ellas se habrían generado en el Cretácico Inferior (Raven y Axelrod, 1975). Por lo tanto, es probable que haya existido un *stock* adaptado a condiciones semiáridas y que se acentuó más aún en el Terciario. Dicho *stock* habría evolucionado con el levantamiento final de los Andes (evento plioleistocénico), fecha en que se habría iniciado la colonización altoandina, que de acuerdo a Simpsom (1983) derivaría de una flora tropical o subtropical de menor altura. Naturalmente, la flora preexistente en el flanco occidental de Chile y Perú se habría ido empobreciendo. Por otro lado, Solbrig (1976) postula la existencia de una paleocomunidad Terciaria en torno a las latitudes medias, que correspondería a una flora Terciaria de origen Chaqueño. Dicho autor argumenta que se habría tratado de un bosque tropical deciduo o semideciduo, adaptado a las estaciones secas e inclusive habría tenido elementos xerófitos.

Al revisar la flora de este estudio, se verificó la existencia de especies que son típicas del Dominio Chaqueño, tales como: *Proustia cuneifolia*, *Salix humboldtiana* y *Acacia caven*, que crecen en ambos flancos de la cordillera de la Costa. El levantamiento final de los Andes habría jugado un importante papel al disgregar la paleocomunidad propuesta por Solbrig, produciendo hiatos en la distribución de los taxa. Como resultado, se habrían producido fenómenos de especiación dado el aislamiento geográfico y también readaptaciones como conse-

cuencia de la mayor aridez del medio, la cual fue marcada en el Pleistoceno y que se deriva del efecto combinado del levantamiento andino y de la corriente fría de Humboldt. Esta serie de eventos habrían producido la desaparición de cualquier tipo de flora subtropical existente en el flanco occidental. Muchos elementos ya adaptados a ambientes con tendencias xéricas habrían migrado hacia el norte (Ecuador, Venezuela y Colombia) y otros, en cambio, habrían avanzado hacia el sur, integrando las formaciones de matorrales mediterráneos de la zona costera de Chile. Por otro lado, es muy probable que también hayan existido taxa de origen desértico, que evolucionaron *in situ* y que avanzaron desde el norte para mezclarse con la flora mediterránea.

RESUMEN

Con el objeto de estudiar el grado de endemismo de la flora existente en torno a la ciudad de Illapel, se realizó un muestreo vegetacional en las áreas aledañas. De los 178 taxa colectados se determinó que aproximadamente el 30% de las especies herbáceas son endémicas, en cambio a nivel de las especies leñosas se obtuvo un porcentaje mayor, que fue del orden del 60%. La mayor parte de la flora herbácea está constituida por especies introducidas, principalmente de Europa, y que prosperan en suelos con gran humedad.

Del estudio a nivel de géneros se obtuvieron para ambos casos, menores porcentajes de endemismo, siendo levemente mayor para las herbáceas.

Se verificó que existe afinidad con la flora transandina, al encontrarse taxa que también crecen en Argentina, Perú, Bolivia y Brasil.

LITERATURA CITADA

- CABRERA, A. y A. WILLINK. 1973. Biogeografía de América Latina. Monografía. Unesco 13: 1-120.
- NAVAS, L. 1973. Flora de la cuenca de Santiago de Chile. Tomo I. Andrés Bello, 301 p.
- NAVAS, L. 1973. Flora de la cuenca de Santiago de Chile. Tomo II. Andrés Bello. 559 p.
- NAVAS, L. 1973. Flora de la cuenca de Santiago de Chile. Tomo III. Andrés Bello. 509 p.
- RAVEN, P. y D. AXELROD. 1975. History of the flora and fauna of Latin America. The theory of plate tectonics provides a basis for reinterpreting the

- origins and distributions of the biota. *American Scientist* 63: 420-429.
- SIMPSON, B. 1983. A historical phytogeography of the high Andean Flora. *Revista Chilena de Historia Natural* 56: 109-122.
- SOLBRIG, O. 1976. The origin and floristic affinity of the South American temperate desert and semidesert regions. *En: Goodall, D.W. (ed), Evolution of desert biota*. Univ. Texas Press. U.S.A. 4-49.

LISTADO DE ESPECIES

- Anisomeria littoralis* (Poepp. et End.) Moq.
Anthemis cotula L.
Amsinckia hispida (R. et Pav.) Johnston
Adesmia tenella Hook. et Arn.
Acacia caven Mol.
Alonsoa incisifolia R. et Pav.
Anagallis arvensis L.
Anagallis arvensis var. *coerulea* (Schreb) Gren et Godr.
Adiantum poiiretii Wikstr.
Ammi visnaga (L.) Lam.
Amaranthus hybridus L.
Baccharis marginalis Dc.
Baccharis linearis (R. et Pav.) Pers
Bowlesia incana R. et Pav.
Brassica campestris L.
Bahia ambrosioides Lag.
Berberis coquimbensis Muñoz
Bridgesia incisifolia Bert. ex Cambess.
Bromus unioloides H.B.K.
Bidens pilosa L.
Calandrinia capitata Hook. et Arn.
Calandrinia compressa Schrad
Calceolaria glandulosa Poepp. ex Benth.
Capsella bursa-pastoris (L.) Medik
Conium maculatum L.
Centaurea chilensis Hook et Arn.
Centaurea melitensis L.
Conanthera sp.
Cichorium intybus L.
Cissus striata R. et Pav.
Cirsium vulgare (Savi) Tenore
Cordia decandra H. et A.
Cerastium vulgatum L.
Colliguaya odorifera Mol
Chiropetalum berterianum Schlecht
Caesalpinia angulicaulis
Cestrum parqui L'Herit
Chaetanthera linearis Poepp. ex Lessing
Cotula coronopifolia L.
Callitriche palustris L.
Convolvulus arvensis L.
Convolvulus chilensis Pers
Cuscuta chilensis Ker-Carol
Centaurium cachanlahuen (Mol.) Robinson
Chenopodium ambrosioides L.
Chenopodium album L.

E¹
A
AC
E
AC
AC
A
A
AC
A
AC
E
AC
AC
A
E
E
E
A
A
E
E
E
A
A
E
A
E
A
AC
A
E
A
E
E
E
AC
E
A
A
A
E
E
E
E
AC
E
A
A
A
E
E
E
E
AC
A

- Stellaria cuspidata* Willdenov.
- Stellaria media* (L.) Cyrill
- Sonchus asper* (L.) Hill
- Stachys grandidentata* Lindl.
- Senna cumingii* var. *coquimbensis* (Vogel) Irw. et Barneb
- Taraxacum officinale* Weber
- Tecophilaea violaeiflora* Bert ex Colla
- Tessaria absinthioides* (Hook et Arn) Dc.
- Torilis nodosa* (L.) Gaertn.
- Tropaeolum azureum* Miers ex Colla
- Trichopetalum plumosum* (R. et Pav.) MacBride
- Tristerix tetrandus* (R. et Pav.) Martins
- Trifolium repens* L.
- Typha angustifolia* L.
- Teucrium bicolor* Smith
- Trevoa trinervis* Miers
- Trisetobromus hirsutus*
- Urtica urens* L.
- Urtica dioica* L.
- Urtica berteriana* Phil.
- Verbena litoralis* H.B.K.
- Verbena bonariensis* L.
- Veronica persica* Poir
- Veronica anagallis-aquatica* L.
- Viola asterias* Hook et Arn.
- Vulpia dertonensis* (All.) Gola
- Verbascum virgatum* Stokes
- Xanthium spinosum* L.

A
A
A
E
E
A
E
AC
A
E
E
AC
A
AC
E
A
A
A
E
AC
AC
A
A
E
A
A
A
A

¹E: Endémico; A: Amplio; AC: Americano