



COMITE EDITORIAL
ESCUELA DE AGRONOMIA
CASILLA 114-D
SANTIAGO - CHILE



CIENCIA E INVESTIGACION AGRARIA

VOLUMEN 7 N° 2 — ABRIL-AGOSTO 1980

ISSN 0304-5609

ARTICULOS CIENTIFICOS

- Inducción de color rojo en manzanas con ethephon.
Gonzalo Gil, Eduardo Cruz, M. Gloria García, Alvaro Martino y Fernando Diaz. 77
- Micromorfología de entisoles e inceptisoles de la cuenca de Santiago.
Ricardo Honorato y Raúl Núñez 89
- Efecto de la temperatura sobre la predisposición del trigo (*Triticum aestivum* L. y *Triticum durum* Desf.) al polvillo de la caña (*Puccinia Graminis Triticici*)
Luis Carrasco y Gastón Apablaza 95

ARTICULO DE INVESTIGACION

- Tasa de extracción y evaluación de la masa ganadera: modelo simple.
Bruno Philippi Y. 109

ENSAYO

- Uso eficiente del agua de riego en Chile a través de una moderna política de aguas.
Eduardo Venezian y Luis Gurovich 115

NOTAS DE INVESTIGACION

- Efecto del almacenaje en la capacidad de germinación de semillas de dos clones de guindo Mericler
Gonzalo Gil, Orlando Balboa, Waldo Valenzuela 127
- Efectividad de las pruebas de la alfanaftilamina y la difenilamina para indicar el contenido de nitrógeno nítrico en tejidos de vid en el campo.
Gonzalo Gil y Pablo Díaz 131
- Efectividad de diversos fertilizantes foliares para aumentar los niveles de Zn y Mn en hojas de duraznero y vid.
Gonzalo Gil, Georg Hecht y Claudio Prieto. 135
- Desarrollo de frutos de tuna (*Opuntia ficus indica*, Mill.) con aplicación prefloral de giberelina y auxina.
Gonzalo Gil y Alex Espinoza 141
- Formación de raíces en internudos de higuera (*Ficus Carica* L. CV Adriatic) cultivados in vitro.
Miguel Jordán y Liliana Iturriaga 149

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE AGRONOMIA
SANTIAGO DE CHILE

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE AGRONOMIA

CIENCIA E INVESTIGACION AGRARIA

COMITE EDITOR:

Luis A. Gurovich R., Presidente
Alonso Bravo
Hernán Hurtado
Jaime Apablaza
Gonzalo Gil
Osvaldo Paladines
José Rodríguez

CONSULTORES TÉCNICOS DE LA REVISTA
"CIENCIA E INVESTIGACION AGRARIA"

Son Consultores Técnicos de esta revista, además de los profesores de la Escuela de Agronomía de la Universidad Católica de Chile, las siguientes personas:

EDMUNDO ACEVEDO	ROBERTO GONZALEZ	FERNANDO SANTIBAÑEZ
JUAN ACEVEDO	ERNST HAYEK	JUAN TOSSO
MARIO ALVAREZ	ELIAS LETELIER	JORGE URRUTIA
FERNANDO ARAOS	ANTONIO LIZANA	JORGE VALENZUELA
EDUARDO BESOAIN	HERNAN LOPEZ	EDUARDO VARAS
SERGIO BOMILLA	WALTER LUZIO	RAMON GARCIA
MILAN CAGLEVIC	CARLOS MAGOFKE	JUAN JOSE ROMERO
JUAN EDO. COEYMANS	RODRIGO MUJICA	DAVID CONTRERAS
RAUL CORTES	RAFAEL NOVOA	RENE CORTAZAR
ANTONIO CORVALAN	ADRIANA PINTO	EDUARDO SCHALSCHA
MOISES ESCAFF	ALVARO PINTO	OLIVIA PRADO
WALDO ESPINOZA	MARCELO QUEZADA	PEDRO BAERLE
JORGE ETCHEVERS	PATRICIO RAMIREZ	RAFAEL RUIZ
ELISEO GALLARDO	HERNAN RIQUELME	JOSE LUIS PISTONO
JORGE GARCIA HUIDOBRO	CARLOS RIVERA	MIGUEL JORDAN
GOETZ VON GERSDORF	GREGORIO ROSENBERG	ALEJANDRO VALENZUELA
	KLAUS RUSCH	

Toda correspondencia relacionada a la revista debe dirigirse a:
all mail concerning this publication must be addressed to:
REVISTA CIENCIA E INVESTIGACION AGRARIA
Escuela de Agronomía
Casilla 114-D
Santiago, Chile

SUSCRIPCIONES:

Terms of subscription:
Chile:

\$ 200

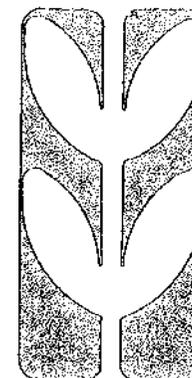
\$ 600

Extranjero:
Other countries:

US\$ 4, single number

US\$ 15, anual subscription

CIENCIA E INVESTIGACION AGRARIA



Abreviatura recomendada: Cienc. Inv. Agr.
AGRADECEMOS CANJE -- WIR BITTEN UM AUSTAUSCH -- EXCHANGE
SOLICITED -- ON DEMANDE L'ECHANGE -- GRADIREMMO CAMBIO

VOLUMEN 7 N° 2 -- ABRIL-AGOSTO 1980

RESEARCH

Red color induction in apples with ethephon.

Gonzalo Gil, Eduardo Cruz, Gloria García, Alvaro Martino y Fernando Díaz.

Micromorphology of entisols and inceptisols of Santiago bassin.

Ricardo Honorato y Raúl Núñez.

Temperature effect on predisposition of wheat (*Triticum aestivum* L. and *Triticum durum* Desf.) to stem rust (*Puccinia graminis tritici*).

Luis Carasco y Gastón Apablaza.

Stock dynamic: a simple model.

Bruno Philippi.

REVIEW

Efficiency of irrigation water use in Chile through a modern water policy.

Eduardo Venezian y Luis Gurovich.

RESEARCH NOTES

Effect of storage on the germination capacity of seeds from two Mericier cherry clones.

Gonzalo Gil, Orlando Balboa, Waldo Valenzuela.

Effectiveness of the alphanaphtylamine and diphenylamine test to indicate the nitrate-nitrogen content of grape tissues in the field.

Gonzalo Gil y Pablo Díaz.

Effectiveness of some foliar fertilizers to increase Zn y Mn content in peach and grape leaves.

Gonzalo Gil, Georg Hecht, Claudio Prieto.

Fruit development in the prickly pear (*Opuntia ficus indica*, Mill.) with preanthesis application of gibberellin and auxin.

Gonzalo Gil y Alex Espinoza.

Root formation in fig internodes (*Ficus carica* L. cv. Adriatic) cultured in vitro.

Miguel Jordán y Liliana Iturriaga.

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 implica una recomendación por parte de la Universidad.

INDUCCION DE COLOR ROJO EN MANZANAS CON ETHEPHON¹

RED COLOR INDUCTION IN APPLES WITH ETHEPHON

GONZALO GIL S., EDUARDO CRUZ C., M. GLORIA GARCIA E.,

ALVARO MARTINO PH., Y FERNANDO DIAZ Z.

Departamento de Frutales y Viñas, Escuela de Agronomía Universidad Católica de Chile

SUMMARY

The use of the growth regulators ethephon and fenoprop as preharvest sprays to improve red colour of Starkrimson and Richared apples was studied for two years. The experiments were carried out in Pirque, Metropolitan Area, and in Aguas Buenas, Sixth Region.

Fruit colour of both varieties was found to be susceptible of improvement at both localities. In that sense ethephon proved to be effective when sprayed to trees at 300 ppm (a.i.) or higher from 30 to seven days before harvest (DAC). One single spray was as effective as two successive ones. In addition, ethephon increased soluble solids content of the fruit juice.

Fruit drop of both varieties was significantly increased by ethephon at concentrations of 300 ppm or higher when sprayed to trees 15 DAC. Thirty DAC sprays also stimulated fruit drop in the Richared variety. The addition of fenoprop at concentrations of 20 or 30 ppm to 30 DAC sprays avoided the ethephon-induced drop. When the regulators were sprayed 15 DAC to Richared trees fenoprop was not effective in controlling fruit drop caused by ethephon at 450 ppm.

None of the regulators affected fruit firmness at harvest or during cold storage, neither did they affect general condition of the fruit or soluble solid content of the juice after five months in cold storage, but ethephon treated fruits showed an earlier appearance of yellow ground color.

INTRODUCCION

El manzano, *Malus domestica* Borkh, es una especie frutal de importancia en Chile, donde ocupa una superficie de 12.304 há que producen 145.608 ton (CORFO, 1977). Esta superficie ha aumentado en los últimos dos años con sistemas de plantación de mayor densidad.

La manzana es muy importante en el comercio exterior de fruta chilena, representando el 38,6% del total (PROCHILE, 1978).

La fruta de exportación debe ser de muy buena calidad y, por ello, siempre se están introduciendo nuevas técnicas de manejo que permitan mejorar la calidad. En las variedades rojas, que constituyen la ma-

¹Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Chile con el N° 193/79. Fecha de recepción: 21 de marzo de 1979.

por parte de la fruta producida, la uniformidad e intensidad del color rojo es uno de los factores de calidad de mayor importancia. Muchos esfuerzos se han realizado para inducir mayor coloración, llegándose recientemente al uso del regulador de crecimiento ethephon. Este producto, asperjado al árbol alrededor de 15 días antes de la cosecha, ha promovido efectivamente la síntesis de materia colorante (Unrath, 1972; Forshey y Edgerton, 1974; Duarte *et al.* 1975; Lane, 1976; Micke, Tyler, y Yeager, 1977). En algunas variedades, todo el proceso de maduración se ha visto acelerado (Unrath, 1972), pero existe información contradictoria sobre la capacidad de almacenaje. Así, Couey y Williams (1975) indican que la fruta tratada con ethephon puede ser almacenada varios meses sin problemas de ablandamiento, siempre que haya sido cosechada con una madurez adecuada. Por el contrario, Duarte *et al.* (1975) encontraron que la fruta se ablandaba a los 30-50 días de almacenaje.

Junto al mejoramiento del color el ethephon ha inducido caída de frutos, por lo cual se hace necesario el uso de productos retentivos (Edgerton, 1971; Micke *et al.*, 1977). Entre estos productos de naturaleza auxínica (Marth, Batjer y Moon, 1945; Edgerton y Hoffman, 1951) se ha usado mucho el ácido 2,4,5, triclорофенохипропиónico (2, 4, 5-TP o fenoprop) por su efectividad y largo efecto residual (Edgerton y Hoffman, 1951; Gil y Momberg, 1977).

Existen muchos huertos chilenos con problemas de color de su fruta y muchos fruticultores interesados en regular el proceso de coloración para adelantar cosecha o para prolongar su periodo. Por los antecedentes conocidos del ethephon se investigó la inducción de color en la fruta de dos variedades importantes de manzano y su posterior comportamiento en almacenaje. Al mismo tiempo se estudió el

efecto del regulador sobre caída de fruta su posible control.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se efectuó en dos variedades rojas, Starkrimson y Richared, durante dos años (1977 y 1978) en Pirque en el Área Metropolitana y durante un año (1977) en Aguas Buenas en la Sexta Región.

En Pirque durante el primer año, se estudió el efecto de ethephon¹ asperjado a los árboles en dosis de 175, 350 y 500 ppm de ingrediente activo (i.a.). La variedad Starkrimson fue asperjada una vez, 17 días antes de la cosecha (DAC) o dos veces, la primera 17 DAC y segunda siete DAC. La variedad Richared, en cambio, sólo recibió los tratamientos una vez 30 DAC.

Durante el segundo año en el mismo lugar, ambas variedades recibieron tratamientos iguales. Estos consistieron en aspersiones de ethephon en dosis de 150, 300 y 450 ppm, ya sea solo o combinado con fenoprop² en dosis de 30 ppm (la DAC). Las aspersiones se efectuaron 30 DAC o 15 DAC.

En Aguas Buenas se evaluó el efecto de ethephon en dosis de 400 ppm, de fenoprop en dosis de 20 y 30 ppm, y combinaciones de ambos. Las aspersiones se efectuaron en una oportunidad, 30 ó 15 DAC.

Los ensayos del primer año se hicieron con un diseño de bloques completos al azar y los del segundo con un factorial en bloques al azar, siempre con cuatro repeticiones. Cada tratamiento en cada uno de los bloques estaba representado por un árbol. Todas las aspersiones contenían un surfactante, Citowet en dosis de 25 cc por 100 lts de agua.

La caída de fruta se determinó en dos ramas de cada árbol por conteo inicial y en la cosecha, excepto en Pirque el primer año cuando se contó el número de frutos caídos

al suelo. El color y la madurez se determinaron en muestras de 10 frutos de cada árbol: el color por comparación con una muestra de cinco manzanas, cada una de diferente intensidad roja, configurándose una escala, en la cual 1 representó el color mínimo obtenido y 5 el color máximo; la dureza de la pulpa con un presionómetro de laboratorio con émbolo de 7/16" y los sólidos solubles con un refractómetro en el jugo compuesto de la muestra.

Para estudiar el comportamiento en el almacenaje, en 1978 se guardaron, de cada variedad, 20 manzanas por tratamiento, con cuatro repeticiones, en un frigorífico comercial a -1°C. A los dos y medio meses de almacenaje, se sacó la mitad de manzanas y se determinó su estado de conservación por aspecto y por dureza de la pulpa y porcentaje de sólidos solubles en el jugo. Lo mismo se hizo con la otra mitad después de cinco meses de almacenaje.

Los resultados se sometieron a análisis

de varianza y prueba de Duncan con un nivel de probabilidad de 95%. El porcentaje de fruta caída fue convertido previamente a grados. (Snedecor y Cochran, 1967).

RESULTADOS

Variedad Starkrimson

Temporada 1977: Los resultados obtenidos en Pirque se detallan en el Cuadro I. Hubo un claro efecto estimulante del color de todas las aspersiones con ethephon, resultando clara la falta de diferencia entre las dosis desde 175 ppm hasta 500 ppm y el mayor efecto causado por una aplicación doble, 17 DAC y luego 7 DAC, que una sola aplicación 7 DAC. Los sólidos solubles se incrementaron significativamente sólo en el caso de doble aplicación, sin diferencia por dosis, y no hubo ningún efecto en la dureza del fruto.

Por otra parte, se registró un aumento

CUADRO I

EFFECTO DE UNA O DOS ASPERSIONES CON ETHEPHON ANTES DE LA COSECHA EN EL COLOR, MADUREZ Y CAIDA DE MANZANAS STARKRIMSON. PIRQUE, 1977.

Effect of one or two preharvest sprays with ethephon on fruit color, maturity and drop of Starkrimson apples

Ethephon	Dosis	Color	Dureza	Sólidos Solubles	Frutos caídos	Desprendimiento del fruto
Epoca Time (DAC)*	(ppm)	1-5**	Firmness (lbs/pulg***)		Dropped fruits (N*)	Fruit removal (1-4)****
7	0	2,33 a	18,34 a	13,13 a	19,00 a	2,00 a
	175	2,95 b	17,47 a	12,65 a	18,25 a	2,25 a
	350	2,85 b	17,90 a	12,80 a	18,75 a	2,25 a
	500	2,93 b	17,85 a	12,95 a	17,75 a	2,50 ab
17 y 7	175	3,63 c	18,31 a	14,58 b	19,25 a	3,00 bc
	350	3,69 c	17,89 a	14,98 b	37,25 b	3,00 bc
	500	3,95 c	18,60 a	15,30 b	38,50 b	3,50 c

*DAC: días antes de la cosecha del 21 de febrero. days before harvest time of february 21.

**Escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo).

Scale from 1 (minimum) to 5 (maximum).

***Escala de 1 (difícil) a 4 (fácil).

Scale from 1 (difficult) to 4 (easy).

Todas las medias de una columna seguidos de la misma letra no son diferentes a un P ≤ 0,05.

¹Producto comercial Ethrel con 48% de i.a., proporcionado por Shell Chile.

²Producto comercial Fruitone-T, con 10,4% de i.a., proporcionado por Shell Chile.

CUADRO 2

EFFECTO DE ASPERSIONES DE PRECOSECHA EN ETHEPHON Y FENOPROP EN EL COLOR, MADUREZ Y CAIDA DE MANZANAS STARKRIMSON. AGUAS BUENAS, 1977

Effect of preharvest sprays with ethephon and fenoprop on color, maturity, and drop of Starkrimson apples.

Tratamiento		Color** (1-5)	Dureza (lbs./pulg. ²)	Sol. Sol. %	Caida %
Producto	Epoca* (DAC)				
Ethephon 400 ppm.	30	4,00 ab	16,21 ab	13,32 ab	7,09 ab
	15	3,50 bc	15,47 b	12,97 ab	14,43 a
	30 y 15	4,12 a	15,86 b	13,25 ab	11,46 ab
Fenoprop, 30 ppm.	30	2,96 d	16,78 a	11,73 d	3,16 ab
	15	2,92 d	15,50 b	11,65 d	3,63 ab
	30 y 15	2,97 d	16,08 b	12,07 cd	1,93 b
Ethephon 400 ppm. + Fenoprop 30 ppm.	30	3,85 ab	16,23 ab	12,92 ab	0,00 b
	15	4,00 ab	15,78 b	12,62 bc	0,49 b
	30 y 15	4,25 a	15,58 b	13,45 a	0,52 b
Testigo		3,05 cd	16,00 b	12,17 cd	0,00 b

*DAC: días antes de la cosecha del 4 de marzo.
days before harvest of march 4.

**Escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo).
Scale from 1 (lowest) to 5 (highest).

de frutos caídos al hacer doble aplicación con las dosis más altas (350 y 500 ppm). Esto coincidió con la medición de la fuerza necesaria para desprender el fruto, ya que éste se desprendió con bastante facilidad en todos los casos de doble aplicación, incluso con la menor dosis de 175 ppm, lo que sugiere que también estos frutos podrían caer en algunos días más.

En Aguas Buenas, donde se usó una sola dosis de 400 ppm de ethephon, éste aumentó la coloración de la fruta, un efecto más notable al aplicarlo 30 DAC que 15 DAC, sin mejorar al hacer doble aplicación (Cuadro 2). La acumulación de sólidos solubles se vio favorecida por el ethephon en cualquiera de las dos fechas de aspersión sin que cambiase significativamente la dureza de la pulpa. Este regulador

provocó una abscisión de frutos de 7,09 a 14,43%, el mayor valor correspondiendo a la aplicación 15 DAC.

Por su parte, el fenoprop no afectó ni los sólidos solubles ni al color, pero al combinarlo con ethephon redujo la caída inducida por éste a valores similares al testigo. Los efectos del fenoprop fueron similares a 20 y 30 ppm, por lo que en el Cuadro 2 se presenta los datos de la última dosis.

Temporada 1978: En el segundo año de trabajo en Pirque se incluyeron más dosis de ethephon y se hizo una sola aplicación en dos fechas, a la vez que se incluyó fenoprop (Cuadro 3). Nuevamente el ethephon mejoró siempre la coloración de la fruta con respecto al testigo, sin diferencia entre las dosis desde 150 a 450 ppm. El fenoprop

CUADRO 3

COLOR Y MADUREZ DEL FRUTO DE MANZANOS STARKRIMSON CON ASPERSIONES DE PRECOSECHA DE ETHEPHON Y FENOPROP. PIRQUE, 1978.

Fruit color and maturity of Starkrimson apple trees with preharvest sprays of ethephon and fenoprop.

Tratamiento	Color* (1-5)		Sol. Sol. %	Dureza (lbs./pulg. ²)
	Epoca aspersión (DAC)**		\bar{X} Tratamiento	\bar{X} Tratamiento
	30	15		
Testigo	2,00 a	2,00 a	11,74 a	17,83 a
Ethephon (ppm)				
	150	2,73 bc	3,13 b	12,60 b
	300	3,45 d	3,35 b	12,96 bc
450	2,90 bc	3,43 b	13,29 cd	17,78 a
Con Fenoprop 30 ppm. Ethephon (ppm).				
	150	2,58 b	3,38 b	13,50 cd
	300	3,20 cd	3,48 b	13,78 d
	450	2,83 bc	4,13 c	13,80 d
\bar{X} Epoca	2,25 Sign.	3,48	N.S.	N.S.

*Color: escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo). Scale from 1 (lowest) to 5 (highest).

**DAC: días antes de cosecha del 25 de febrero.
days before harvest of February 25.

prop interactuó con ethephon cuando éste se usó en dosis de 450 ppm 15 DAC, incrementando el color aún más. En general, la fecha de 15 DAC resultó mejor para provocar un efecto estimulante del color.

Los sólidos solubles subieron en toda la fruta tratada con ethephon, sin diferencia entre fechas de aplicación, con claro ascenso en relación a incremento en dosis. La combinación con fenoprop subió los sólidos solubles obtenidos con la dosis más baja de ethephon, haciendo no significativa la dosis de este último. Ningún efecto se registró en la dureza de la fruta.

Ningún tratamiento afectó el comportamiento en almacenaje tanto a los dos y medio meses como a los cinco meses, a juz-

gar por la dureza y contenido de sólidos solubles, y, además, por aspecto y sabor.

Variedad Richared

Temporada 1977: En Pirque, donde se asperjó ethephon una sola vez 30 DAC, se indujo una mayor coloración con todas las dosis, 150 ppm, 350 ppm y 500 ppm, pero se registró un aumento gradual con aumento grande en la dosis (Cuadro 4). La acumulación de sólidos solubles se vio estimulada por todas las dosis de ethephon, sin diferencia significativa entre dosis. Ni el tamaño del fruto en peso ni su dureza se vieron significativamente alterados, aunque hubo indicios de que la dosis de 500

CUADRO 4

EFFECTO DE UNA ASPERSION CON ETHEPHON 30 DIAS ANTES DE LA COSECHA NORMAL* EN LA MADUREZ, TAMAÑO Y CAIDA DE MANZANAS RICHARED. PIRQUE 1977

Effect of Ethephon sprayed 30 days before harvest on fruit maturity, size, and drop of Richared apples

Ethephon (ppm)	Color (1-5)**	Dureza Firmness	Sólidos Solubles (%)	Peso/fruto Fruit weight (g)	Frutos caídos Dropped fruits (%)	Desprendimiento del fruto Fruit removal (1-4)***
0	2,37 a	16,98 a	12,60 a	195,23 a	13,50 a	2,63 a
175	3,26 b	16,59 a	13,70 b	193,51 a	10,25 a	3,00 a
350	3,46 bc	16,49 a	13,83 b	177,22 a	20,00 a	3,00 a
500	3,72 c	16,64 a	14,23 b	128,81 a	41,50 b	3,50 b

*Cosecha Normal: 7 de marzo.

Normal harvest: march 7.

**Escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo).

Scale from 1 (lowest) to 5 (highest).

***Escala de 1 (difícil) a 4 (fácil).

Scale from 1 (difficult) to 4 (easy).

ppm podría inhibir el crecimiento. La caída de frutos, ya importantes en el testigo con 13,5%, se vio incrementada únicamente por una dosis de ethephon de 500 ppm, en forma espectacular pues llegó a 41,5%; esta caída se vio corroborada por los valores de facilidad de desprendimiento.

En Aguas Buenas, donde se usó ethephon en una sola dosis de 400 ppm, pero en dos fechas, el color mejoró en ambos casos, y cuando se repitió el tratamiento (30 y 15 DAC), no se obtuvo un color significativamente mayor que con tratamiento único (Cuadro 5). Se incrementó el contenido de sólidos solubles cuando el ethephon se aplicó 30 DAC en forma única o doble 30 y 15 DAC. El fenoprop no influyó en ninguno de los parámetros analizados, así como el ethephon tampoco influyó en el ablandamiento de la fruta.

El ethephon provocó una caída apreciable cuando se aplicó 15 DAC (23,19%) o repetidamente 30 y 15 DAC (20,7%), la que fue totalmente controlada cuando al ethephon se le agregó fenoprop.

Temporada 1978: El ethephon, aplicado 30 DAC (8 de febrero) o 15 DAC (23 de febrero) produjo un incremento de la coloración, ya notable una semana antes de la cosecha (3 de marzo), es decir, 23 u ocho días después de la respectiva aspersión (Cuadro 6). En esta etapa del desarrollo del fruto, la primera fecha de aplicación, hecha 23 días antes, resultó significativamente superior, y la dosis de 450 ppm más estimulante que la de 150 ppm; el fenoprop no influyó mayormente en este aspecto.

Una semana más tarde, al momento de la cosecha normal el 10 de marzo, hubo interacción entre tratamiento, producto y dosis, y época de aplicación (Cuadro 7). Cuando las aspersiones se efectuaron 30 DAC el ethephon incrementó el color solamente en dosis de 450 ppm y el fenoprop hizo efectiva la dosis más baja de 150 ppm de ethephon. Con aspersiones 15 DAC se obtuvo más color con 300 ppm de ethephon y el fenoprop realizó su efecto, muy especialmente con dosis alta de ethephon (450 ppm).

CUADRO 5

EFFECTO DE ASPERSIONES DE PRECOSECHA CON ETHEPHON Y FENOPROP EN EL COLOR, MADUREZ Y CAIDA DE MANZANAS RICHARED. AGUAS BUENAS, 1977

Effect of preharvest sprays with ethephon and fenoprop on color, maturity, and drop of Richared apples

Producto	Tratamiento Epoca (DAC)*	Color** (1-5)	Dureza (lbs./pulg.***)	Sol. Sol. (%)	Caída (%)
Ethephon 400 ppm	30	3,8 b	16,66 a	13,15 ab	8,02 b
	15	3,62 b	16,31 a	12,85 abc	23,19 a
	30 y 15	4,15 ab	16,65 a	13,75 a	20,70 a
Fenoprop 30 ppm	30	2,75 c	16,52 a	12,35 bcd	0,00 b
	15	2,42 c	16,14 a	11,57 d	2,11 b
	30 y 15	2,30 c	16,58 a	11,85 cd	0,00 b
Ethephon 400 ppm + Fenoprop 30 ppm	30	4,05 ab	16,74 a	12,87 ab	0,00 b
	15	3,87 b	16,42 a	13,45 ab	3,46 b
	30 y 15	4,65 a	16,33 a	13,72 cd	0,00 b
Testigo	—	2,90 c	16,19 a	11,90 cd	0,27 b

*DAC: días antes de la cosecha del 12 de marzo days before harvest of march 12.

**Escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo).

Scale from 1 (lowest) to 5 (highest).

Los tratamientos con ethephon 30 DAC incrementaron el contenido de sólidos solubles a los 23 días de aspersión (Cuadro 6), pero no hubo un claro efecto de fenoprop. Ningún tratamiento hecho 15 DAC causó efecto a la semana de ser asperjados. Posteriormente, una semana más tarde, fecha de cosecha normal (10 de marzo), se perdió el efecto época, siendo importante solamente el incremento producido por dosis de 300 y 450 ppm de ethephon, muy especialmente esta última (Cuadro 7).

En cuanto a caída de fruta (Cuadro 7), el ethephon en dosis de 300 y 450 ppm causó una abscisión significativamente mayor que el testigo, ya sea aplicado 30 DAC o 15 DAC (12,12 a 18,95% vs 6,83%). El fenoprop resultó efectivo como retentivo,

siendo suficiente para evitar la caída provocada por 150 y 300 ppm de ethephon en cualquier época y por 450 ppm en la primera época; en cambio, no redujo la caída provocada por 450 ppm de ethephon aplicado 15 DAC.

En ningún momento los tratamientos influyeron en la evolución de la dureza de la manzana, ni siquiera durante el almacenaje de cinco meses. Los sólidos solubles subieron durante los primeros dos y medio meses de almacenaje en todas las manzanas, no registrándose diferencias significativas en el contenido absoluto entre tratamientos. Toda la fruta almacenada hasta cinco meses se encontró en excelente estado, sin problemas de deterioro fisiológico ni patológico.

CUADRO 6

ESTADO DE AVANCE DEL COLOR Y DE LA MADUREZ UNA SEMANA ANTES DE LA COSECHA DE MANZANAS RICHARED DE ARBOLES ASPERJADOS PREVIAMENTE CON ETHEPHON Y FENOPROP

Developmental stage of color and maturity of Richared apples from trees previously sprayed with Ethephon and Fenoprop

Tratamiento	Color*	Sol. Sol.	Dureza
	(1-5) X Tratamiento	(%) Aspersión 30 DAC**	(lbs/pulg ²)
Testigo	1,83 a	11,75 a	18,12 a
Ethephon (ppm)			
150	2,51 b	12,62 bc	18,59 a
300	2,81 bcd	12,03 ab	18,05 a
450	3,06 cd	13,27 c	18,20 a
Con Fenoprop, 30 ppm.			
Ethephon (ppm)			
150	2,77 bc	12,53 abc	17,77 a
300	2,82 bcd	13,03 c	18,38 a
450	3,16 d	13,16 c	18,32 a
Epoca 30 DAC**	2,85 y	Sign.	N. Sign.
15 DAC	2,56 z	No Sign.	N. Sign.

*Escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo).
Scale from 1 (lowest) to 5 (highest).

**DAC: días antes de la cosecha normal de 10 de marzo.
Days before normal harvest of march 10.

DISCUSION

Los resultados obtenidos en dos variedades de manzano cultivadas en dos zonas, en una de las cuales se trabajó por dos años consecutivos, han demostrado que el regulador de crecimiento ethephon es un efectivo estimulante de la coloración roja del fruto como había sido el caso de diversas zonas de Estados Unidos (Edgerton, 1971; Forshey y Edgerton, 1974; Mücke *et al.*, 1977) y en Perú (Duarte *et al.*, 1975). Esto demuestra, también, que las manzanas de los huertos chilenos donde se efectuaron las experiencias no desarrollan todo su potencial de color en forma natural, posiblemente por deficiencias ambientales,

entre las cuales se puede pensar en poca radiación ultravioleta, poca diferencia entre temperatura diurna y nocturna, y riqueza del suelo (Walter, 1967; Hulme y Rhodes, 1970). De hecho, en otro estudio realizado en el mismo huerto de Pirque (Wylie y Barros, 1974), se mejoró el color con aspersiones de agua, las cuales producían un descenso de la temperatura en la fruta en horas de calor.

Corresponde a cada productor determinar si su fruta es susceptible de mejorar en este aspecto porque existe el medio para conseguirlo. Al recurrirse al ethephon debe escogerse una dosis y un momento de aplicación. La fecha de aspersión no es tan crítica por cuanto se ha visto que se

CUADRO 7

CALIDAD Y CAIDA DE FRUTOS AL MOMENTO DE LA COSECHA DE MANZANOS RICHARD PREVIAMENTE ASPERJADOS CON ETHEPHON SOLO O COMBINADO CON FENOPROP. PIRQUE, 1978

Fruit quality and drop at harvest time of Richared apple trees previously sprayed with Ethephon alone or in combination with Fenoprop

Tratamiento	Color*		Sólidos Solubles	Dureza	Caída	
	(1-5)		(%)	(lbs/pulg ²)	%	
	Epoca aspersión**		X	X	Epoca aspersión	
	30 (DAC)	15	Tratamiento	Tratamiento	30 (DAC)	15
Testigo	2,63	2,63 a	12,95 a	16,73 a	6,83 ab	6,83 ab
Ethephon						
150	3,00 ab	2,95 ab	13,06 a	15,80 a	10,14 bc	11,21 bcd
300	3,03 ab	3,40 c	13,49 ab	15,98 a	12,44 cd	14,12 cd
450	3,55 c	3,38 c	14,02 c	16,07 a	18,95 d	14,53 d
Con Fenoprop,						
30 ppm.						
Ethephon						
150	3,25 bc	3,25 bc	13,44 ab	16,04 a	4,15 a	3,41 a
300	3,25 bc	3,65 cd	13,73 bc	15,76 a	11,32 bc	8,09 bc
450	2,95 ab	3,98 d	14,13 c1	15,60 a	11,48 bc	14,14 d

En cada columna, los valores seguidos de la misma letra no son diferentes al 5%.
Within columns, values followed by the same letter are not different at 5%.

Epocas no significativas.
Timing not significative.

*Color: escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo).
Scale from 1 (lowest) to 5 (highest).

**Epoca de aspersión en DAC (días antes de cosecha). Cosecha: 10 de marzo.
Time of spraying in DAC (days before harvest). Harvest: march 10.

obtiene aumento de coloración si ella se efectúa en el período comprendido entre 30 y siete DAC. Sin embargo, existió un mayor efecto en las dos variedades 15 DAC en la zona de Pirque, en concordancia con recomendaciones generales. (Childers, 1976), pero 30 DAC en Aguas Buenas; las aspersiones dobles no provocaron un efecto adicional. Esto es un ejemplo de cómo pueden influir las condiciones zonales o ecológicas en el grado de respuesta.

El tratamiento de precosecha con ethephon parece aumentar el color absoluto de la manzana madura porque los re-

sultados aquí presentados corresponden a fruta con 16 lbs/pulg² (Richared) y 18 lbs/pulg² (Starkrimson) en Pirque y 16 lbs/pulg² (las dos variedades) en Aguas Buenas. Este estado de madurez es considerado como óptimo para Richared (CORFO-ENAFRI, 1973) y, por consiguiente, la cosecha no debería atrasarse en espera de mayor color de los testigos sin tratamiento. Si esto ocurriera, muy probablemente habría menor diferencia entre manzanas tratadas y testigos a juzgar por la evolución observada entre una semana antes de la cosecha (Cuadro 7) y la

cosecha (Cuadro 8). Cabria, eso sí, esperar un ablandamiento de la fruta, el cual es, aproximadamente, de 0,11 a 0,39 lbs/pulg²/semana en ese período (CORFO-ENAFRI, 1973). Por otra parte, también se desprende de los resultados de la variedad Richared que el efecto del ethephon es más marcado en adelantar el proceso de coloración que en intensificar el color absoluto. En este caso, nuevamente resultó mejor una fecha de aplicación de más de ocho días antes de la cosecha predeterminada.

El estímulo a la síntesis de antocianinas ocurre con dosis de 150 ppm de ingrediente activo, pero es mayor con dosis superiores, dependiendo del momento de aplicación. En el segundo año en Pirque, la variedad Richared sólo respondió con 300 ppm 15 DAC ó 450 ppm 30 DAC. Tomando en consideración, el conjunto de resultados del trabajo se desprende que una recomendación general, que cubre riesgos de variedad, lugar, y año, debe basarse en una dosis de 300 ppm asperjada 15 DAC. El fenoprop no tuvo ningún efecto sobre el color cuando se usó solo, pero algunas veces interactuó con ethephon. Aunque existe información de su efecto promotor (Edgerton y Blanpied, citados por Unrath, 1972), la evidencia disponible no es lo suficientemente conclusiva. En todo caso, se desprende de los resultados de este trabajo que la mayor respuesta a un tratamiento promotor del desarrollo de color rojo se obtiene cuando existe mayor deficiencia natural, ya sea por variedad (caso Richared), o por zona (caso Pirque).

Otro efecto destacable del tratamiento con ethephon es el aumento del contenido de sólidos solubles que causa al ser asperjado tanto 15 DAC como 30 DAC, aunque en Aguas Buenas fue mayor 30 DAC. El efecto causado demostró estar estrechamente relacionado con aumentos de dosis, siendo efectivas 300 y 450 ppm. Como esto ocurrió paralelamente a la coloración puede decirse que se promovió la maduración, como ha ocurrido en otros casos (Unrath, 1972; Greene, Lord, y Bramlage,

1977; Micke *et al.*, 1977; Echeverría y Campos, 1978). Este efecto es típico del etileno liberado, el cual induce hidrólisis de almidón. Sin embargo, en ningún caso hubo efecto en el ablandamiento, obteniéndose, entonces, manzanas más rojas y dulces, pero firmes. Esto no es del todo extraño por cuanto Edgerton (1971) había observado este fenómeno en variedades de maduración tardía, pero no en las tempranas.

Esta condición de la dureza del fruto en el momento de la cosecha podría explicar el buen comportamiento en el almacenaje de las manzanas tratadas con ethephon. Couey y Williams (1975) ya habían señalado que no hay efectos negativos en el almacenaje; no obstante, para ello, es importante cosechar la fruta con una madurez apropiada y en buen estado (Forshey y Edgerton, 1974), lo cual ocurrió con la fruta usada en este estudio. El único efecto negativo fue una aparición más temprana del color amarillo de fondo. La evolución de sólidos solubles en almacenaje agrega otra evidencia a lo aseverado anteriormente en el sentido que el ethephon, más que aumentar el nivel absoluto adelanta su acumulación y, por lo tanto, la maduración. Ya a los dos y medio meses de guarda toda la fruta contenía igual porcentaje de sólidos solubles, lo que significa que la fruta testigo continuó produciéndolos en mayor proporción que la tratada hasta llegar a un equilibrio que se mantuvo hasta los cinco meses.

Un hecho importante que se comprobó en los ensayos fue el efecto promotor de abscisión de frutos del ethephon, traducido en caída de precosecha. Esto había sido advertido por Edgerton (1971) y Micke *et al.* (1977) y es consecuencia de la liberación de etileno, un regulador natural del proceso de abscisión (Burg, 1968; Jackson y Osborne, 1970; Addicott, 1970). La caída ocurrió con dosis de 150 ppm, pero adquirió caracteres relevantes a partir de 300 ppm, tanto 30 DAC como 15 DAC, pero hubo indicaciones de ser más severa con esta última fecha de aplicación;

aparentemente el efecto ya es notable siete días después de la aplicación. Este efecto del ethephon se trata de aprovechar para facilitar cosecha mecanizada, pero en los lugares donde no se practica como es el caso de Chile impone una seria limitante a su uso generalizado. Afortunadamente, el fenoprop ofrece la posibilidad de evitar este efecto negativo, pues demostró ser un buen retentivo de fruta. En efecto, en Aguas Buenas, donde prácticamente no existió caída de precosecha natural, anuló completamente la caída provocada por ethephon en alta dosis en las dos variedades, y en Pirque, donde hubo una cierta caída natural, anuló también el efecto del ethephon en cualquier dosis 30 DAC y hasta 300 ppm 15 DAC. Por consiguiente, el fenoprop debe usarse siempre que se recurra al ethephon como agente estimulante del color o maduración, pero teniendo presente que no será una solución total para evitar caída cuando las condiciones se den para que ella ocurra en alto grado, condiciones que serían: 1) ocurrencia de caída natural en el huerto, y 2) uso de alta dosis de ethephon (mayor a 400 ppm) cerca de la cosecha (15 días).

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se estudió durante dos años el empleo de los reguladores de crecimiento ethephon y fenoprop, como aspersiones de precosecha, en manzanos Starkrimson y Richared, en dos localidades chilenas, con el objetivo de mejorar la coloración roja del fruto y evaluar otros efectos secundarios.

En los dos lugares, Pirque del Area Me-

tropolitana y Aguas Buenas de la Sexta Región, se encontró que el color de la manzana de las dos variedades es susceptible de ser mejorado. Para tal efecto el ethephon resultó efectivo, especialmente en dosis de 300 ppm (i.a.) y superiores, al ser asperjado entre 30 y siete días antes de la cosecha (DAC). No se vio la ventaja de hacer doble aspersión. Adicionalmente, el ethephon, en las mismas dosis y épocas, incrementó el contenido de sólidos solubles del jugo al momento de la cosecha.

El tratamiento con ethephon indujo caída significativa de frutos en las dos variedades cuando la dosis fue de 300 ppm o mayor y la aspersión se efectuó 15 DAC. En la variedad Richared la aspersión de 30 DAC también estimuló la caída. La inclusión de fenoprop en dosis de 20 ó 30 ppm en las aspersiones anuló el efecto estimulante del ethephon aplicado 30 DAC, pero cuando la aspersión se hizo 15 DAC no contrarrestó el efecto de 450 ppm de ethephon.

Ninguno de los reguladores influyó en la dureza del fruto a la cosecha ni durante el almacenaje. Tampoco afectaron la condición de la manzana ni el contenido de sólidos solubles, durante un período de almacenaje de cinco meses, pero el ethephon aceleró ligeramente la aparición del color de fondo amarillo. El ethephon puede usarse para adelantar la cosecha o para mejorar el color de manzanas Starkrimson y Richared en huertos chilenos asperjado a los árboles 15 DAC en dosis de 300 ppm sin causar efectos negativos, siempre que se acompañe de un retentivo de fruta del tipo fenoprop en dosis de 20 a 30 ppm.

LITERATURA CITADA

- ADDICOTT, F.T. 1970. *Plant hormones in the control of abscission*. Biol. Rev. 45:485-524.
- BURG, S.P. 1968. *Ethylene, plant senescence and abscission*. Ann. Rev. Pl. Physiol. 13:265-302.
- CHILDERS, N.F. 1976. *Modern Fruit Science*. Rutgers the State University, N. Jersey.
- CORFO. 1977. *Resumen catastro fruticola*. Corporación de Fomento de la Producción (Chile).
- CORFO-ENAFRI. 1973. *Índices de madurez de frutas. Antecedentes recopilados de investigaciones nacionales y extranjeras. Convenio CORFO-ENAFRI (Chile), Public. Tecn. N° 5*. Mimeografiado, 16 pp.
- COUEY, M. y M. WILLIAMS. 1975. *Possible to store ethephon treated apples*. Goodfruit Grower, 26 (14): 13.
- DUARTE, O., C. SÁNCHEZ, R. FRANCIOSI, y J. PUIGGROS. 1975. *Efecto del ethephon sobre la calidad de frutos de manzano "Delicious C-6" en la zona de Lima*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., Tropical Región, 19:31-37.
- ECHVERRÍA, N. y L. CAMPOS. 1978. *Usos del Ethrel como agente regulador de maduración de manzanas, ciruelas, uva de mesa, limones, y en nogales como acelerador de caída de frutos*. Simiente, 48 (3-4): 2. (XXVIII Jornadas Agronómicas, Valdivia (Chile), Nov., 1977).
- EDGERTON, L.J. 1971. *Apple abscission*. Hort. Science 6 (4): 378-382.
- , y M.B. HOFFMAN. 1951. *The effectiveness of several growth regulating chemicals in delaying the harvest drop of the McIntosh apple*. Procc. Amer. Soc. Hort. Sci. 57:120-124.
- FORSHEY, C.G., y L.J. EDGERTON. 1974. *The use of ethephon on apple*. Plant. Sci. Pomol. 6. Information Bull: 57.
- GIL, G. y A. MOMBERG. 1977. *Importancia de la caída de precosecha de manzanas en huertos chilenos y su control mediante hormonas sintéticas*. Cienc. Invest. Agr. 4 (1): 53-58.
- GREENE, D.W., W.J. LORD, y W.J. BRAMLAGE. 1977. *Midsummer applications of ethephon and daminozide on apple. II Effect on Delicious*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102 (4): 494-497.
- HULME, A.C. y J.C. RHODES. 1970. *Pome Fruits. En The Biochemistry of Fruits and their Products: 333-373*. Ed. A.C. Hulme. Academic Press, London.
- JACKSON, M.B. y D.J. OSBORNE. 1970. *Ethylene, the natural regulator of leaf abscission*. Nature 225: 1019-1022.
- LANE, W.D. 1976. *Improving the colour of Summerred*. British Columbia Orchardist 16 (4): 10-11.
- MARTH, P.C., I.P. BATHIER, y H.H. MOON. 1945. *Relative effectiveness of sprays, dusts and aerosols of naphthalene-acetic acid on harvest drop of apples*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 46: 109-112.
- MICKE, W.C., R.H. TYLER, y J.T. YEAGER. 1977. *Growth regulators affect apple maturity*. Calif. Agric. 31 (3): 15.
- PROCHILE. 1978. *Informativo, Primera quincena Nov.*, 3 (45): 11-15.
- SNEDECOR, G.W. y W.G. COCHRAN. 1967. *Statistical Methods. Sixth Edition. The Iowa State University Press*. Ames, Iowa (USA), 593 p.
- UNRATH, C.R. 1972. *Effects of preharvest applications of ethephon on maturity and quality of several apple cultivars*. Hort Science 7 (1): 77-79.
- WALTER, T.E. 1967. *Rep. East Malling Res. Sta. for 1966*: 70.
- WYLIE, A., y J. BARROS. 1974. *Efecto de dosis bajas del ácido N-dimetil amino succinámico y otros tratamientos sobre la coloración de manzanas*. Cienc. Invest. Agr. 1 (3): 135-141.

MICROMORFOLOGIA DE ENTISOLES E INCEPTISOLES DE LA CUENCA DE SANTIAGO¹⁻²

MICROMORPHOLOGY OF ENTISOLS AND INCEPTISOLS OF SANTIAGO BASSIN

RICARDO HONORATO P. y RAUL NUÑEZ M.

Departamento de Suelos, Facultad de Agronomía
Pontificia Universidad Católica de Chile

SUMMARY

Thin sections of Xerochrepts and Xerorthents soils developed on alluvial sediments of the Maipo river (Chile) were studied.

Micromorphological characteristics showed a minimal alteration of skeleton-grains and an incipient development of the soil plasmic fabric indicated through the lack of plasmic concentrations and separations.

Development was expressed in Inceptisols by iron deposits upon some skeletal grains surfaces, and sometimes by thin and discontinued normal voids argillans.

INTRODUCCION

En un trabajo anterior (Honorato y Núñez, 1975), se describieron las características genéticas de los suelos evolucionados a partir de los sedimentos fluviales del río Maipo. Los suelos estudiados ocuparon tres niveles de terrazas, desde los 5 a los 35 metros, sugiriendo una edad creciente en función de la altura. Sin embargo, su evolución posterior a la última glaciación, en condiciones de aridez, no mostró diferencias en el desarrollo de los suelos.

Los suelos que mostraron pobre desarrollo estructural, estratificación marcada, incorporación limitada de materia

orgánica y colores uniformes en todo el perfil, se clasificaron como Entisoles y aquellos con un ligero mayor desarrollo como Inceptisoles.

El grado de meteorización del esqueleto del suelo es escaso, se observa una mezcla de minerales primarios de distinta estabilidad y secundarios correspondientes a ambientes físico-químicos de formación distintos.

El propósito de este trabajo es correlacionar los aspectos morfológicos, físico-químicos y mineralógicos con la microscopía del suelo como indicador de la intensidad de la pedogénesis y como técnica complementaria en el diagnóstico de los fenómenos genéticos.

Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Chile con el N° 211/79. Fecha de recepción: 14 de agosto de 1979.

²Trabajo financiado por el DIUC.

MATERIALES Y METODOS

Se seleccionaron pedones ubicados en los distintos niveles de terrazas, pertenecientes a Xeroceptos y Xerortentes.

El muestreo para la confección de láminas delgadas se hizo con cajas Kubiena, posteriormente secadas al aire. La impregnación fue de acuerdo al método de Kawai y Oyama (1962) modificado, utilizando el Polylite (resina Polyester).

La descripción de las láminas delgadas se hizo utilizando la nomenclatura de Brewer (1964) en la versión castellana de Honorato y Luzio (1974).

RESULTADOS Y DISCUSION

—Entisoles

Se describieron dos pedones correspondientes a las terrazas de 5 y 15 m al norte del río Maipo, clasificados como Xerortentes típicos (Typic Xerorthent).

En la matriz-s del suelo se observa un equilibrio entre esqueleto, plasma y vacíos asociados (foto 1), aumentando la proporción de esqueleto en los horizontes inferiores de los perfiles. Entre los granos esqueléticos gruesos, son abundantes los fragmentos de rocas volcánicas afániticas y escasos los granitoides. Entre los minerales, el cuarzo es abundante, seguido de las plagioclasas, magnetita, anfíboles y finalmente biotita escasa y fragmentada.

La superficie de los granos minerales está poco alterada y los bordes son rectos y angulosos.

El plasma es de color oscuro con una distribución relativa porfirioesquelética dominante (foto 1), y "playas" aglomeroplásmicas en los horizontes inferiores. No se aprecian, a diferencia del suelo descrito por Luzio (1978), separaciones y concentraciones plásmicas claramente definidas, a excepción del horizonte C donde es posible describir, en forma aislada algunos argilanes como delgadas películas discontinuas alrededor de algunos

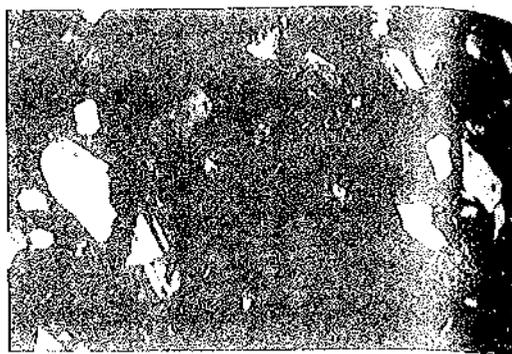


FOTO 1
GRANOS ESQUELETALES EN UNA DISTRIBUCION RELATIVA PORFIROESQUELÉTICA
LP × 40

Skeleton grains and plasma with a porphyroesquelética related distribution

granos del esqueleto y que corresponde probablemente a separaciones plásmicas (foto 2).

El sistema de vacíos está formado principalmente por ortocavidades y canales interconectados (foto 3).

Entre los rasgos pedológicos órticos es característica la ausencia de cutanes en todos los horizontes. En cambio, las glébulas sesquioxídicas, de bordes nítidos más o menos redondeadas, son observables en todo el perfil (foto 4). Los rasgos pedológicos heredados están representados fundamentalmente por los fragmentos de rocas volcánicas y granitoides del esqueleto.

La ausencia de rasgos de iluvación y las características de la trama del suelo sin separaciones y concentraciones plásmicas, la naturaleza de los granos esqueléticos y su escasa o nula alteración revelan el escaso desarrollo del suelo. La presencia de las glébulas sesquioxídicas es común a suelos genéticamente diferentes, tales como Molisoles e Inceptisoles (Honorato y Garrido, 1979a), Histosoles (Honorato y Garrido, 1979b), Entisoles (Luzio, 1978), Alfisoles y Ultisoles (Fajardo, 1975). En estos suelos los ambientes físico-químicos y la intensidad de los fenómenos genéticos son variados, por

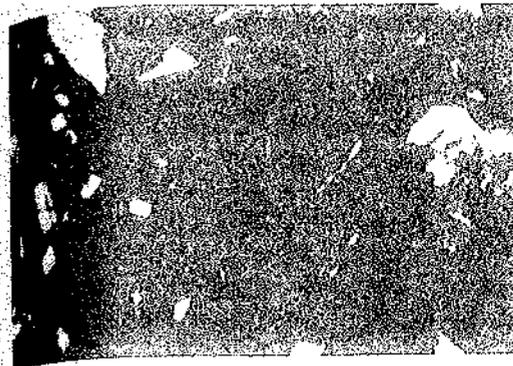


FOTO 2
CUTANES DELGADOS Y DISCONTINUOS ALREDEDOR DE LOS GRANOS ESQUELETALES
LP × 40
LN × 40

Thin and discontinued cutans around skeleton-grains

ello, es difícil relacionar la presencia de glébulas sesquioxídicas con un proceso determinado (Luzio, 1978) aunque evidentemente, la fuente de hierro son algunos de los minerales descritos, portadores de hierro tales como la biotita y los piroxenos.

—Inceptisoles

Los Inceptisoles estudiados corresponden a las terrazas entre los 15 y 35 m sobre el nivel del río Maipo.

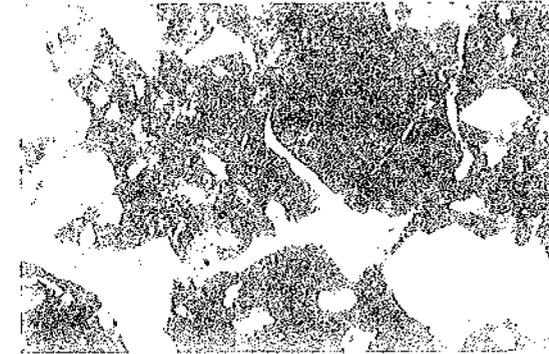


FOTO 4
GLEBULAS SESQUIOXÍDICAS
LN × 40
Sesquioxídic glébulas



FOTO 3
ORTOCAVIDADES Y CANALES INTERCONECTADOS
LN × 40

Ortho-rugs and interconnected channels



FOTO 3
ORTOCAVIDADES Y CANALES INTERCONECTADOS
LN × 40

Ortho-rugs and interconnected channels

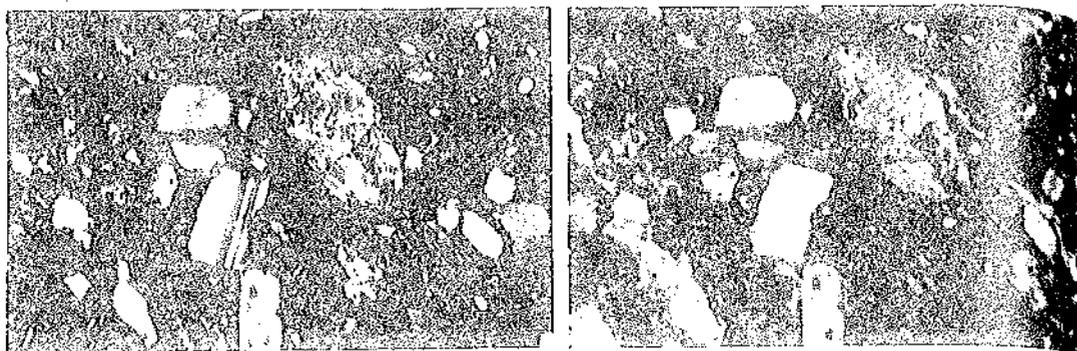


FOTO 5
GRANOS ESQUELETALES
LP x 40
Skeleton - grains

El plasma es bastante denso, de color pardo oscuro, con una distribución dominante porfiriosquelica (foto 6), con algunas playas aglomeroplásmicas. No se observan claramente concentraciones y separaciones plásmicas, configurando la trama insépica descrita por Luzio (1978) en Ocreptos.

La materia orgánica se encuentra estrechamente asociada al plasma y a algunos restos vegetales de estructura reconocible en los horizontes superficiales.

Los vacíos están representados por un sistema de canales y ortocavidades simila-



FOTO 6
TRAMA DEL SUELO.
DISTRIBUCION RELATIVA PORFIRO-
ESQUELICA
LP x 40
*Soil fabric. Prophyroskeletal related
distribution*

res al de los Entisoles. En los sectores donde la trama es aglomeroplásmica se pueden observar vacíos de asentamiento compuesto. En los horizontes inferiores disminuyen los vacíos en relación al plasma y al esqueleto.

Los rasgos pedológicos órticos están escasamente representados. Se observan glébulas sesquioxídicas similares a las descritas en Entisoles, y depósitos de hierro en la superficie de algunos fragmentos de rocas volcánicas provenientes probablemente de la liberación in situ del hierro. Las glébulas tienen bordes irregulares, netos más o menos redondeados.

A veces es posible distinguir algunos raros rasgos de iluviación, argilanes de vacíos normales, apenas desarrollados, delgados y discontinuos, tapizando canales (foto 7).

Los rasgos pedológicos heredados se asocian a los litorelictos descritos en el esqueleto. Al igual que en los Entisoles el grado de alteración del esqueleto es mínimo, con la excepción de un movimiento muy limitado del hierro en la superficie de algunos fragmentos de rocas.

Aparentemente hay un ligero mayor desarrollo en los Inceptisoles en comparación con los Entisoles, reflejado en el des-

arrollo incipiente de cutanes de iluviación y que sin embargo, no alcanzan a configu-

rar el proceso de iluviación propiamente tal.

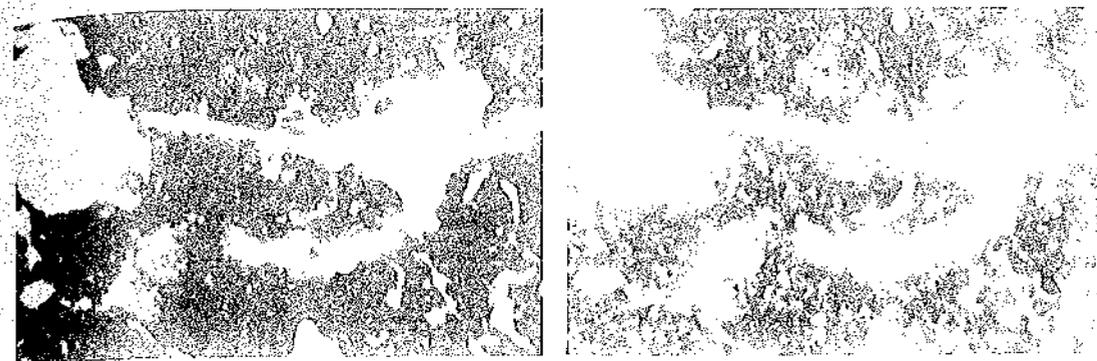


FOTO 7
ARGILANES DE VACIOS NORMALES
LP x 40
LN x 40
Normal voids argillans

RESUMEN

Se estudió en láminas delgadas, suelos desarrollados en sedimentos aluviales del río Maipo, pertenecientes a Xeroceptos y Xerortentes.

Las características micromorfológicas de los suelos revelaron una alteración mínima de los granos esqueléticos y un escaso

desarrollo de la trama del suelo, expresada por la ausencia de concentraciones y separaciones plásmicas.

Los Inceptisoles muestran un desarrollo incipiente manifestado por la aparición de depósitos de hierro en la superficie de granos del esqueleto y por la presencia, en algunos casos, de argilanes de vacíos normales, delgados y discontinuos.

LITERATURA CITADA

- BREWER, F. 1964. Fabric and Mineral Analysis of Soil. John Wiley and Sons Inc. New York.
- FAJARDO, M. 1975. Contribución al estudio de los suelos Rojo-Arcillosos del Valle Central. IREN-CORFO, Publ. 17.
- HONORATO, R. y W. LUZIO. 1974. Algunas sugerencias para la adaptación de la terminología micromorfológica de Brewer al castellano. Ciencia e Inv. Agr. 1(2): 111-114.
- HONORATO, R. y R. NÚÑEZ. 1975. Características evolutivas de los suelos derivados de sedimentos fluviales del río Maipo. Ciencia e Inv. Agr. 2 (3-4).
- HONORATO, R. y E. GARRIDO. 1979a. Micromorfología de formaciones calcíticas en suelos Negros. Ciencia e Inv. Agr. 6(2): 83-95.
- HONORATO, R. y E. GARRIDO. 1979b. Características micromorfológicas de un Histsol en el valle de Aconcagua. Ciencia e Inv. Agr. 6(3).
- KAWAI, K. y M. OYAMA. 1962. A method of preparing their sections of soils with the polyester resin "Polylite". Soil Sci. and Plant Nutrition, 8(4): 18-21.
- LUZIO, W. 1978. Características micromorfológicas de Ordenes de suelos representativos del valle central de Chile. Ciencia e Inv. Agr. 5(4): 181-187.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA PREDISPOSICION DEL TRIGO (*Triticum aestivum* L. y *Triticum durum* Desf.) AL POLVILLO DE LA CAÑA (*Puccinia graminis tritici*)¹⁻²

TEMPERATURE EFFECT ON PREDISPOSITION OF WHEAT (*Triticum aestivum* L. and *Triticum durum* Desf.) TO STERM RUST (*Puccinia graminis tritici*).

LUIS CARRASCO E. y GASTON E. APABLAZA H.

Departamento de Fitotecnia, Pontificia Universidad Católica de Chile.

SUMMARY

Five wheat cultivars, Aurifen, Marianela, Menflo, Quilafen and Sonka-INIA were submitted to temperature treatments before inoculation, to check for changes in predisposition to the attack of race 15 B of *Puccinia graminis tritici*.

Two parallel experiments were conducted. The first, by immersion of seedlings in water at temperatures of 25, 30, 35, 40, 45 and 50° C for one minute, the second by treating the seedlings in a growth chamber during 8 h at the same temperatures.

The reaction of seedlings to the pathogen was measured through the type and number of pustules formed, and it was different in each cultivar. Increasing temperatures induced an increase in predisposition of the plants to the disease and, their effects were different on each cultivar.

The results obtained in both experiments were similar. Equations to relate the type and number of pustules to temperature were obtained from data of both experiments. The growth chamber data gave higher determination coefficients than those of the immersion experiment. This suggests that the growth chamber treatments gave a better estimate of the variation of predisposition of seedlings to the disease.

INTRODUCCION

El polvillo de la caña ha causado graves daños en el mundo. En Chile, Cortázar¹ asignó a esta enfermedad en 1947, un 15% de la reducción de rendimiento de los tri-

gos sembrados desde la zona norte hasta Talca. En 1951, causó pérdidas de 50% en la producción de trigo candeal en Aconcagua y Valparaíso y de 40% en Santiago y Colchagua (Stakman y Harrar, 1963). Luego de esta epifitía el daño a nivel

¹Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Chile con el N° 212/79. Fecha de recepción: 6 de septiembre de 1979.

²Este trabajo presenta algunos aspectos desarrollados en la tesis de Ingeniero Agrónomo del autor principal.

Los autores agradecen a INIA y al Ing. Agr. E. Hacke por la colaboración prestada.

Cortázar, R. Comunicación personal.

nacional disminuyó, debido básicamente al uso de cultivares resistentes en las zonas norte y central del país. Sin embargo en 1978-1979 la incidencia de esta enfermedad aumentó, debido posiblemente a condiciones ambientales más favorables².

La mayoría de las plantas son inmunes o resistentes a casi todos los microorganismos con que entran en contacto. El que se desarrolle la enfermedad depende, entre otros, de la influencia de los factores ambientales sobre la respuesta de la planta a la presencia del patógeno o sus metabolitos (Schoeneweiss, 1975).

El efecto de la temperatura sobre la predisposición a enfermedad ha sido estudiado en diversas especies vegetales, observándose un efecto diferencial sobre éstas, ya que la predisposición aumenta, disminuye o se mantiene constante dependiendo del hospedante y del patógeno involucrado.

La reacción de la mayoría de los cultivares de trigo a *Puccinia graminis tritici* es constante en un amplio rango de temperatura. Sin embargo hay cultivares cuya reacción a este patógeno es alterada por pequeñas diferencias.

Mortensen y Green (1978), Harder *et al.* (1978), Brown y Shipton (1964 a y b) y otros investigadores han observado una mayor predisposición del trigo al polvillo de la caña, al someter plantas a diferentes temperaturas durante el periodo previo a inoculación o durante el desarrollo de la infección. No hay antecedentes sobre un posible efecto de aplicación temporal de temperatura en preinoculación en los cultivares chilenos. Las condiciones ambientales pueden actuar como factor predisponente a las enfermedades, afectando al hospedante, al patógeno o a la interacción hospedante-patógeno. Schoeneweiss (1975) sugirió llamar predisposición a la tendencia de los factores no genéticos, a afectar la susceptibilidad de las plantas a la enfermedad.

Algunos investigadores indican que las temperaturas a que son sometidas las plantas después de la inoculación, tienen efecto sobre la resistencia de algunos cultivares a *Puccinia graminis tritici*. Así, Mohamed (1960) obtuvo antecedentes que permiten suponer que algunos cultivares sufrirían una alteración en su reacción a este patógeno, dependiendo de la temperatura a que se sometieran en preinoculación. Observó que plántulas sometidas a temperaturas más altas en pre o postinoculación desarrollaron un mayor número de pústulas y de tipo más severo. El autor postuló que las altas temperaturas podrían favorecer la producción de algunos constituyentes del huésped de fácil uso para el patógeno.

Brown y Shipton (1964b), estudiaron el efecto de la temperatura de preinoculación sobre la penetración de apresorios de *P. graminis tritici* en hojas de trigo. Concluyeron que las condiciones ambientales influyen dependiendo de la interacción hospedante-patógeno y que no es posible hacer generalizaciones. Además, el hecho de que la penetración varíe en los diversos cultivares no necesariamente significa que el número de pústulas formadas estará relacionado con la penetración, ya que el crecimiento de las hifas puede ser limitado antes que la formación de la pústula ocurra.

Eversmeyer, Burleigh y Roelfs en 1973, utilizaron técnicas de regresión múltiple para identificar las variables meteorológicas y biológicas útiles para explicar la variación en el desarrollo del polvillo de la caña, entre 7 y 30 días después de la predicción. No se pudo predecir el desarrollo de la enfermedad usando sólo variables meteorológicas. Además, las ecuaciones utilizadas podían predecir cuando la infección estaba ya presente y no antes. Los autores afirman que el determinar el desarrollo de la epifiticia y su posible efecto sobre el rendimiento podría proporcionar información acerca de que cultivares usar en cada caso particular.

También, ayudaría a decidir el posible uso de otros controles alternativos.

Uno de los objetivos de esta investigación fue analizar si algunos cultivares de uso actual en Chile cambian su predisposición a *Puccinia graminis tritici* al ser sometidos a ciertas temperaturas, por un corto periodo, antes de la infección. La determinación de este efecto puede significar un aporte en el conocimiento sobre la predicción del desarrollo de la infección bajo diferentes condiciones ambientales.

MATERIALES Y METODOS

La obtención, selección y multiplicación de una raza fisiológica pura de *Puccinia graminis tritici*, se efectuó en el invernadero de la Estación Experimental "La Platina" del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, durante el periodo septiembre a diciembre de 1978. Posteriormente, la identificación de la raza y los experimentos con el efecto de la temperatura en la resistencia de plántulas al hongo, se realizaron en el invernadero del Campus San Joaquín de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Chile, durante los meses de enero a marzo de 1979.

Se utilizaron los cultivares de trigo común Aurifén, Marianela, Menflo, Sonka-INIA, y el cultivar de trigo candeal Quilafén.

Para la obtención y selección de una raza del patógeno se aislaron uredosoros provenientes de plantas infectadas en la Estación Experimental La Platina. Las esporas de cada uredosoro se inocularon separadamente a plántulas del cultivar Quilafén, manteniéndose en condiciones de invernadero y aisladas para que se desarrollara la infección sin contaminación por otras esporas.

De las plántulas que desarrollaron pústulas, se obtuvo esporas con las que se inoculó los cultivares Aurifén, Marianela, Menflo, Quilafén y Sonka-INIA. Es decir, cada cultivar se inoculó con todas las razas obtenidas separadamente. Poste-

riormente se seleccionó un uredosoro de la raza que infectó a los cinco cultivares, la cual se incrementó por sucesivas generaciones en mezclas de plantas susceptibles regadas con una solución de hidrácida maleica al 1%. La raza pura así obtenida se utilizó para los experimentos de cámara de crecimiento y de inmersión en agua y la inoculación se efectuó según el método descrito por Stackman, Levine y Loegering en 1944. Las plántulas se asperjaron con agua y con una espátula de inoculación húmeda se sacaron las esporas del uredosoro y se distribuyeron uniformemente sobre las hojas. Luego, las plántulas se pusieron en una cámara de incubación oscura y húmeda durante 24 horas.

Para la identificación de la raza fisiológica se inocularon los cultivares diferenciales del género *Triticum*, descritos por Stackman y Harrar en 1963. Además, se utilizó el cultivar diferencial Lee, con el fin de distinguir posibles biotipos. Cuando los uredosoros estuvieron desarrollados se clasificaron de acuerdo al tipo de pústula según la escala de Stackman y Harrar, y la raza se identificó según una clave tricotómica descrita para tal efecto por dichos investigadores.

Los experimentos de inmersión en agua y de cámara de crecimiento se desarrollaron paralelamente. En el primero, se sometieron plántulas con la segunda hoja desarrollada a inmersión en agua temperada, durante un minuto. Se hicieron siete tratamientos con agua a 25, 30, 35, 40, 45 y 50° C, y se mantuvo un testigo inoculado, para cada cultivar, que no fue sometido a la inmersión.

En el experimento en cámara de crecimiento, cuando las plántulas tuvieron dos hojas desarrolladas, se sometieron a tratamiento de temperatura por 8 horas, durante las cuales la intensidad lumínica y la humedad relativa del aire se mantuvieron constantes. La temperatura aplicada fue similar a los tratamientos del experimento en agua y también se mantuvo un testigo inoculado para cada cultivar

²Hacke, E. Comunicación personal.

que no fue sometido a temperatura en la cámara.

Posteriormente, en ambos experimentos, las plántulas se inocularon según el método ya descrito y se mantuvieron en condiciones controladas de invernadero a temperaturas inferiores a 25°C. Los testigos estuvieron siempre bajo estas condiciones.

Con el fin de determinar cuantitativamente los efectos de los tratamientos se observaron las siguientes variables: número de pústulas totales por subparcela y tipo de pústula desarrollada por la planta. En el Cuadro 1 se observan las clases de reacción y tipos de pústulas descritos por Stackman y Harrar (1963). Las mediciones se efectuaron cuando los uredosoros

CUADRO 1

TIPOS DE INFECCION PRODUCIDOS POR RAZAS FISIOLÓGICAS DE *Puccinia graminis tritici* SOBRE CULTIVARES DIFERENCIALES DE *Triticum spp.*

Infection types produced by physiological races of P. graminis tritici on different cultivars of Triticum spp.

Tipos de infección ¹ Infection type	Nota Grade	Clase de reacción del cultivar Reaction of the cultivar
Inmune Immune	0	No se desarrollan pústulas de roya, pero a veces se presentan pequeñas manchas de tejido muerto en el hospedante.
Muy resistente Very resistant	1	Aparecen pústulas de roya extremadamente pequeñas y rodeadas de áreas muertas.
Moderadamente resistente Moderately resistant	2	Se presentan pústulas pequeñas o medianas, generalmente incluidas en "islas verdes" del tejido del hospedante, rodeadas de una zona clorótica o de tejido necrosado.
Moderadamente susceptible Moderately susceptible	3	Las pústulas son de tamaño mediano, generalmente éstas separadas; no hay zonas necrosadas, pero pueden existir áreas cloróticas, especialmente en condiciones desfavorables.
Muy susceptible Very susceptible	4	Las pústulas son grandes y a menudo están unidas. no hay tejido muerto, pero en condiciones desfavorables de crecimiento la hoja puede amarillarse.
Heterogénea Heterogeneous	5	El tamaño de las pústulas es variable, incluyendo algunas veces todos los tipos mencionados antes, o aparecen en la misma planta intergradaciones de los mismos.

¹Stackman y Harrar 1963.

estuvieron completamente desarrollados, a los 18 días después de la inoculación.

El diseño experimental utilizado correspondió en ambos experimentos a un split-plot o parcelas divididas, con cuatro repeticiones, siendo los tratamientos los cultivares y los subtratamientos las temperaturas. Cada subtratamiento estuvo constituido por un macetero con cinco plántulas. Las variables tipo y número de pústulas fueron analizadas por medio de un análisis de varianza y la prueba de rango múltiple de Duncan al 0,05 (Cochran y Cox, 1965).

Se efectuó también un análisis de regresión para determinar el grado de correlación y las ecuaciones que relacionan en cada cultivar la variable independiente temperatura con las variables dependientes tipo y número de pústulas (Cochran y Cox, 1965). Los valores correspondientes a las variables dependientes fueron linealizados con respecto a la temperatura, a través de una transformación logarítmica.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los tipos de reacción presentados por los cultivares diferenciales, indican que se trabajó con la raza 15, biotipo B del patógeno (Cuadro 2).

El análisis de varianza para los resultados de los experimentos de efecto de temperatura por inmersión en agua y en cámara de crecimiento, muestra que los cuadrados medios de cultivares y temperaturas fueron altamente significativas para número y tipo de pústula. Esto indica que la predisposición a la raza 15 B del patógeno, medida como tipo de reacción y número de pústulas, fue influenciada por los cultivares utilizados y las temperaturas a que éstos fueron sometidos. La interacción entre ambos factores fue también altamente significativa, lo que indica que los cultivares sufrieron efectos diferentes al ser sometidos a temperatura (Cuadro 3).

CUADRO 2

REACCION DE LOS CULTIVARES DIFERENCIALES A LA RAZA *P. GRAMINIS TRITICI* UTILIZADA.

Reaction type of the differential wheat cultivars to the race of P. graminis tritici used in the experiment.

Cultivar diferencial Cultivar	Tipo de reacción Reaction type
Little Club	4
Marquis	4
Reliance	3
Kota	3
Arnautka	3
Mindum	3
Spelmar	3
Kubanka	3
Acme	3
Emkorn	3
Vernal	4
Khaphi	1
Lee	3

¹Los tipos de infección 0, 1 y 2 corresponden a reacciones resistentes 3 y 4 a susceptibles de acuerdo a la llave para identificación de razas fisiológicas de *P. graminis tritici* de Stackman y Harrar.

En el experimento en cámara de crecimiento, los cuadrados medios de cultivares, temperaturas e interacción entre ambos factores, fueron también altamente significativos (Cuadro 4).

Para determinar las diferencias estadísticas entre los promedios de los tratamientos aplicados y el efecto combinado de cultivares y temperaturas, se efectuó la prueba de rango múltiple de Duncan.

El Cuadro 5 muestra los valores del tipo y número de pústulas en los cultivares y las diferencias entre éstos.

En todos los casos los cultivares Quila-fén y Menflo mostraron los valores más altos y Sonka-INIA los más bajos. Marianela presentó en ambos experimentos un tipo

CUADRO 3

CUADRADOS MEDIOS PARA NUMERO Y TIPO DE PUSTULA EN LOS CULTIVARES DE TRIGO AURIFEN, MARIANELA, MENFLO, QUILAFEN, Y SONKA-INIA. EXPERIMENTO EN AGUA A DIFERENTES TEMPERATURAS

Mean Squares of Number and Type of Pustules on Five Wheat Cultivars in the Hot Water Experiment.

Fuente de variación	g.l.	Cuadrados medios (Mean squares)	
		Número de pústulas	Tipo de pústulas*
Source of variation	d.f.	Number of pustules	Type of pustules
Repeticiones	3	472,14	0,06
Cultivar (A)	4	350124,75**	17,98**
Error a	12	408,68	0,02**
Temperatura (B)	6	122550,89**	4,61**
A × B	24	14069,74**	0,24**
Error b	90	99,18	0,02
Total	139	17904,49	0,78

* Tabla de Stackman y Harrar.
** Significativo al 0,01.

CUADRO 4

CUADRADOS MEDIOS PARA NUMERO Y TIPO DE PUSTULAS EN LOS CULTIVARES AURIFEN, MARIANELA, MENFLO, QUILAFEN Y SONKA-INIA. EXPERIMENTO EN CAMARA DE CRECIMIENTO.

Mean squares of number and type of pustules on five wheat cultivars in the growth chamber experiment.

Fuente de variación	g.l.	Cuadrados medios (Mean squares)	
		Número de pústulas	Tipo de pústulas*
Source of variation	d.f.	Number of pustules	Type of pustules
Repeticiones	3	469,97	0,04
Cultivar (A)	4	110097,50**	14,68**
Error a	12	151,04	0,02
Temperatura (B)	5	66415,06**	5,58**
A × B	20	5181,02**	0,26**
Error b	75	87,79	0,02
Total	119	7444,47	0,79

* Tabla de Stackman y Harrar.
** Significativo al 0,01.

CUADRO 5

VALORES PROMEDIO DE NUMERO Y TIPO DE PUSTULAS EN LOS CULTIVARES DE TRIGO QUILAFEN, MENFLO, AURIFEN, MARIANELA Y SONKA-INIA. EXPERIMENTOS EN AGUA CALIENTE Y CAMARA DE CRECIMIENTO.

Average of number and type of pustules in five wheat cultivars. Hot water and growth chamber experiments.

Cultivar	Experimento en agua caliente		Experimento en cámara de crecimiento	
	Nº de pústulas	Tipo de pústulas**	Nº de pústulas	Tipo de pústulas
Cultivar	Ner of pustules	Type of pustules	Ner of pustules	Type of pustules
Quilafén	354,46 a*	3,69 a	249,21 a	3,63 a
Menflo	261,93 b	3,41 b	255,33 a	3,26 b
Aurifén	94,93 d	2,99 c	185,54 c	2,89 c
Marianela	239,14 c	2,51 d	205,54 b	2,42 d
Sonka-INIA	98,82 d	1,66 ef	87,37 d	1,62 c

* Los valores unidos por la misma letra en cada columna, no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan, al nivel de 0,05.

** Tabla de Stackman y Harrar.

de pústula menos severo que Aurifén, pero su número de pústulas fue mayor.

En general, en ambos experimentos todos los cultivares mostraron diferencias estadísticamente significativas para tipo y número de pústulas. La excepción la constituyeron Aurifén y Sonka-INIA, los que no difirieron significativamente para número de pústulas en el experimento en agua; y Quilafén y Menflo, cuyo número de pústulas no difirió significativamente en el experimento en cámara de crecimiento.

Los efectos combinados de cultivares y temperaturas sobre la predisposición a esta enfermedad se analizan en forma conjunta para los experimentos en agua y en cámara de crecimiento.

En el experimento en agua (Cuadro 6) se observa que el tipo de pústula mostró tendencia a aumentar a medida que aumentó la temperatura. El valor más alto se obtuvo para Quilafén a 40°C y el menor para Sonka-INIA a 25°C.

Los cultivares presentaron diferencias

estadísticamente significativas entre ellos a casi todos los niveles de temperatura. Sin embargo Menflo y Quilafén no difirieron significativamente entre sí a partir de los 40°C.

No hubo diferencias significativas entre los testigos para cada cultivar y el tratamiento en agua a 25°C lo que indica que esta forma de aplicar el tratamiento no provocó alteraciones que influyeran sobre el tipo de pústula. Ningún cultivar mostró diferencias significativas sobre los 40°C.

En el experimento en cámara de crecimiento, se observan las mismas tendencias (Cuadro 7). Quilafén no mostró diferencias significativas para tipo de pústula desde los 30°C. Además, Quilafén, Menflo y Aurifén no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí a 40 y 45°C. Ningún cultivar mostró diferencias significativas entre 40 y 45°C.

No se incluyen datos a 50°C, ya que las plántulas no sobrevivieron a los tratamientos en cámara de crecimiento.

CUADRO 6

VALORES PROMEDIO DE TIPO DE PUSTULAS EN LOS CULTIVARES DE TRIGO QUILAFEN, MENFLO, AURIFEN, MARIANELA Y SONKA-INIA, SOMETIDOS A DIFERENTES TEMPERATURAS.

Average type of pustules in five wheat cultivars treated with water at different temperatures.

Temperatura (°C)	Tipo de pústula* (Type of pustules)				
	Cultivar		(Cultivar)		
Temperature (°C)	Quilafén	Menflo	Aurifén	Marianela	Sonka-INIA
25**	3,15 d***	2,60 g	2,15 i	1,85 j	1,35 m
25	3,15 d	2,55 g	2,20 i	1,90 j	1,40 m
30	3,80 bc	3,25 d	2,35 h	2,20 i	1,60 l
35	3,90 ab	3,70 c	3,00 e	2,85 f	1,70 kl
40	3,95 a	3,95 a	3,80 bc	2,90 ef	1,90 j
45	3,95 a	3,90 ab	3,75 c	2,95 ef	1,85 j
50	3,90 ab	3,90 ab	3,70 c	2,90 ef	1,80 jk

*Tabla de Stackman y Harrar.

**Corresponde al testigo inoculado mantenido en invernadero.

***Los valores del cuadro unidos por la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan al nivel de 0,05.

CUADRO 7

VALORES PROMEDIO DE TIPO DE PUSTULA EN LOS CULTIVARES DE TRIGO QUILAFEN, MENFLO, AURIFEN, MARIANELA Y SONKA-INIA SOMETIDOS A DIFERENTES TEMPERATURAS EN CAMARA DE CRECIMIENTO.

Average type of pustules in five wheat cultivars treated at different temperatures in a growth chamber.

Temperatura (°C)	Tipo de pústula* (Type of pustules)				
	Cultivar		(Cultivar)		
Temperature (°C)	Quilafén	Menflo	Aurifén	Marianela	Sonka-INIA
25**	3,05 de***	2,40 h	2,15 i	1,85 jk	1,25 m
25	3,10 d	2,40 h	2,10 i	1,90 jk	1,25 m
30	3,90 a	3,40 c	2,40 h	2,20 i	1,60 l
35	3,90 a	3,60 b	3,00 def	2,75 g	1,80 k
40	3,95 a	3,90 a	3,85 a	2,95 ef	1,95 j
45	3,90 a	3,85 a	3,85 a	2,90 f	1,85 jk

*Tabla de Stackman y Harrar.

**Corresponde al testigo inoculado mantenido en invernadero.

***Los valores del cuadro unidos por la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan, al nivel de 0,05.

CUADRO 8

VALORES PROMEDIO DEL NUMERO DE PUSTULAS EN LOS CULTIVARES DE TRIGO QUILAFEN, MENFLO, AURIFEN, MARIANELA Y SONKA-INIA SOMETIDOS A DIFERENTES TEMPERATURAS EN AGUA.

Average number of pustules in five wheat cultivars treated with water at different temperatures.

Temperatura (°C)	Número de pústulas (Number of pustules)				
	Cultivar		(Cultivar)		
Temperature (°C)	Quilafén	Menflo	Aurifén	Marianela	Sonka-INIA
25*	244,25 k**	133,00 op	55,75 w	130,25 p	104,00 s
25	260,25 j	144,25 n	60,50 vw	136,00 op	110,00 rs
30	398,00 d	303,00 g	134,25 op	254,25 j	134,25 op
35	558,75 a	412,25 c	140,25 no	334,75 f	122,75 q
40	443,75 b	414,00 c	133,00 op	345,25 e	112,00 r
45	413,50 c	291,00 h	75,75 t	269,25 i	68,75 tu
50	162,75 m	136,00 op	65,00 iv	204,25 l	40,00 x

*Corresponde al testigo inoculado en invernadero.

**Los valores del cuadro unidos por la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan, al nivel de 0,05.

En el Cuadro 8 se observa que los efectos combinados de cultivares y temperaturas mostraron la tendencia a aumentar el número de pústulas a medida que aumentó la temperatura. Este efecto se observó en el experimento en agua hasta los 35 a 40°C dependiendo del cultivar. Luego el número de pústulas disminuyó, debido posiblemente a un daño provocado en la planta por la alta temperatura.

Los cultivares mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí a casi todos los niveles de temperatura. Sin embargo, entre los testigos de Marianela y Menflo no se observaron diferencias significativas, como tampoco entre Sonka-INIA y Aurifén a 45°C.

En el experimento en cámara de crecimiento (Cuadro 9), las tendencias observadas son similares, sin embargo, en este caso se obtuvo los valores máximos de número de pústulas en todos los cultivares a 40°C.

El menor valor lo presentó Sonka-INIA a 25°C y el mayor Menflo a 40°C.

En el Cuadro 10 se presentan las ecuaciones de regresión y los coeficientes de determinación para temperatura y número de pústulas y temperatura y tipo de pústula en los diversos cultivares del experimento en agua.

Las ecuaciones que relacionan la variable independiente temperatura con la variable dependiente tipo de pústula son logarítmicas, y las que relacionan la temperatura con el número de pústula, son semilogarítmicas.

Así por ejemplo, en el cultivar Quilafén, si se reemplaza X por 30°C y si al resolver el término de la ecuación el valor obtenido para Y fuera 3, indicaría que la clase de reacción esperada a 30°C para este cultivar sería moderadamente susceptible.

Todos los coeficientes de determinación fueron altamente significativos, excepto para número de pústulas en Sonka-INIA.

Es interesante señalar que los coeficientes de determinación obtenidos en

CUADRO 9

VALORES PROMEDIO DEL NUMERO DE PUSTULAS EN LOS CULTIVARES DE TRIGO QUILAFEN, MENFLO, AURIFEN, MARIANELA Y SONKA-INIA SOMETIDOS A DIFERENTES TEMPERATURAS EN CAMARA DE CRECIMIENTO.

Average number of pustules in five wheat cultivars treated at different temperatures in a growth chamber.

Temperatura (°C)	Número de pustulas (Number of pustules)				
	Cultivar		(Cultivar)		
Temperature (°C)	Quilafén	Menflo	Aurifén	Marianela	Sonka-INIA
25*	185,25 k**	125,00 m	127,00 lm	121,50 m	64,75 p
25	190,00 k	133,00 l	127,25 lm	125,50 m	69,75 p
30	253,25 f	250,00 f	218,50 ij	214,00 j	85,00 o
35	302,00 d	301,75 d	225,00 hi	256,50 f	101,25 n
40	315,25 c	395,00 a	227,50 h	280,75 c	104,75 n
45	249,50 f	327,25 b	188,00 k	235,00 g	98,75 n

*Corresponde al testigo inoculado mantenido en invernadero.

** Los valores del cuadro unidos por la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan al nivel de 0,05.

CUADRO 10

ECUACIONES DE REGRESION Y COEFICIENTES DE DETERMINACION PARA TEMPERATURA Y NUMERO DE PUSTULAS, TEMPERATURA Y TIPO DE PUSTULA EN LOS CULTIVARES DE TRIGO QUILAFEN, MENFLO, AURIFEN, MARIANELA Y SONKA-INIA EN EXPERIMENTO EN AGUA.

Regression equations and determination coefficients of temperature and number of pustules, and temperature and type of pustules in five wheat cultivars treated with water at different temperatures.

Cultivar	Ecuación de regresión*		Coeficiente de Determinación (r ²)	
	Regression equation		Determination Coefficient (r ²)	
	Número de pustulas	Tipo de pustula**	Número de pustula	Tipo de pustula
Cultivar	Number of pustules	Type of pustules	Number of pustule	Type of pustule
Quilafén	$y = -1.237,0 + 476,7 \ln x$	$y' = 0,7284 \times 0,4675$	0,6025***	0,6743***
Menflo	$y = -1.760,4 + 599,8 \ln x$	$y' = 0,1278 \times 0,9391$	0,8957***	0,8650***
Aurifén	$y = -404,3 + 150,4 \ln x$	$y' = 0,0458 \times 1,1835$	0,6243***	0,8776***
Marianela	$y = -1.331,0 + 461,2 \ln x$	$y' = 0,0796 \times 0,9851$	0,9276***	0,8581***
Sonka-INIA	$y = 119,4 + 0,086 \ln x$	$y' = 0,1671 \times 0,6372$	0,0001	0,5057***

*x e y corresponden a temperatura (°C) y número de pustulas; y' es el tipo de pustula.

**Tabla de Stackman y Harrar.

***Significativo al 0,01.

CUADRO 11

ECUACIONES DE REGRESION Y COEFICIENTES DE DETERMINACION PARA TEMPERATURA Y NUMERO DE PUSTULAS, Y TEMPERATURA Y TIPO DE PUSTULAS, EN LOS CULTIVARES DE TRIGO QUILAFEN, MENFLO, AURIFEN, MARIANELA Y SONKA-INIA, EN EXPERIMENTO EN CAMARA DE CRECIMIENTO.

Regression equations and Determination Coefficients of temperature and number of pustules, and temperature and type of pustules in five wheat cultivars. Growth chamber experiment.

Cultivar	Ecuación de regresión*		Coeficiente de Determinación (r ²)	
	Regression equation		Determination Coefficient (r ²)	
	Número de pustulas	Tipo de pustula**	Número de pustula	Tipo de pustula
Cultivar	Number of pustules	Type of pustules	Number of pustules	Type of pustules
Quilafén	$y = 687,9 + 275,0 \ln x$	$y' 0,6869 \times 0,1855$	0,9253-	0,6573---
Menflo	$y = 1.586,7 + 535,7 \ln x$	$y' 0,1041 \times 0,9911$	0,9680---	0,8140---
Aurifén	$y = 509,4 + 204,5 \ln x$	$y' 0,0318 \times 1,2878$	0,7069***	0,9178***
Marianela	$y = 924,0 + 329,8 \ln x$	$y' 0,0778 \times 0,9903$	0,9386***	0,8937***
Sonka-INIA	$y = 181,1 + 78,3 \ln x$	$y' 0,0587 \times 0,9172$	0,7738---	0,7396---

*x e y corresponden a temperatura (°C) y número de pustulas; y' es el tipo de pustula.

**Tabla de Stackman y Harrar.

***Significativo al 0,01.

cámara de crecimiento fueron mayores que los obtenidos en el experimento en agua (Cuadro 11). Esto sugiere que la cámara de crecimiento podría permitir obtener una mejor estimación de la variación en la predisposición de los cultivares al patógeno al ser sometidos a tratamientos de temperatura.

En la figura 1 se observan las curvas trazadas con los valores de tipo de pustula obtenidos en las ecuaciones determinadas para el experimento en agua. En las curvas se aprecia la interacción entre cultivar y temperatura, que se evidencia en la diferente respuesta de éstos al patógeno en función de la temperatura. Es interesante señalar que las variaciones en el tipo y número de pustulas ante el estímulo de la temperatura fueron independientes entre sí.

Las curvas obtenidas de las ecuaciones del experimento en cámara de crecimiento son similares a las anteriores (figura 2). Cabe hacer notar que Sonka-INIA se mostró prácticamente constante a través del rango de temperatura, y se mantuvo siempre dentro del rango de resistencia. Marianela varió desde moderadamente resistente a moderadamente susceptible. Aurifén lo hizo desde moderadamente resistente a muy susceptible. Menflo y Quilafén variaron desde moderadamente susceptible a muy susceptible.

Es posible concluir que en ambos experimentos la reacción al polvillo de la caña, expresada en tipo y número de pustulas fue diferente en los diversos cultivares. La temperatura influyó en la respuesta de éstos al patógeno, aumentando la predisposición a la enfermedad a medida que aumentó la

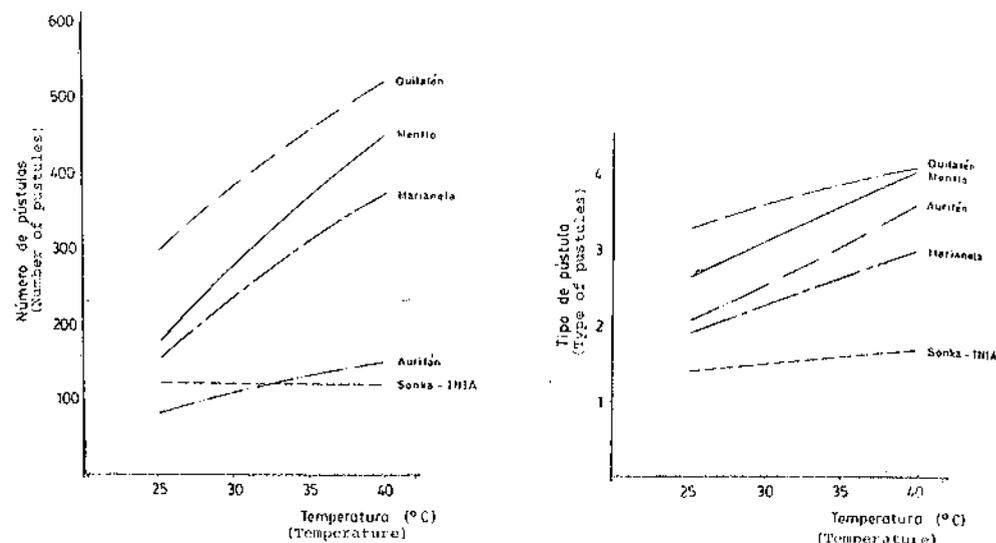


FIGURA 1

ECUACIONES DE REGRESION PARA TEMPERATURA Y NUMERO DE PUSTULAS, Y TEMPERATURA Y TIPO DE PUSTULA^a, EN LOS CULTIVARES DE TRIGO QUILAFEN, MENFLO, AURIFEN, MARIANELA Y SONKA-INIA, EN EXPERIMENTO EN AGUA.

Regression equations for temperature and number of pustules, and temperature and type of pustules of five wheat cultivars in the hot water experiment.

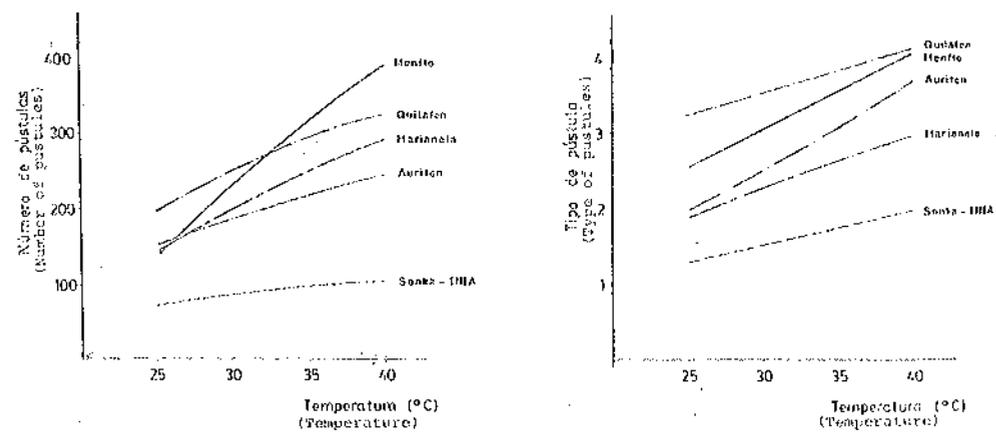


FIGURA 2

ECUACIONES DE REGRESION PARA TEMPERATURA Y NUMERO DE PUSTULAS, Y TEMPERATURA Y TIPO DE PUSTULA^a, EN LOS CULTIVARES DE TRIGO QUILAFEN, MENFLO, AURIFEN, MARIANELA Y SONKA-INIA, EN EXPERIMENTO EN CAMARA DE CRECIMIENTO.

Regression equations for temperature and number of pustules, and temperature and type of pustules of five wheat cultivars in the growth chamber experiment.

^aTabla de Stackman y Harrar.

temperatura. Este efecto fue diferente en los diversos cultivares pues variaron diferencialmente su predisposición al patógeno, en función de la temperatura de preinoculación a que fueron sometidos.

RESUMEN

Los cultivares de trigo Aurifén, Marianela, Menflo, Quilafén y Sonka-INIA, se sometieron a tratamientos de temperatura a 25, 30, 35, 40, 45 y 50°C. Estos se realizaron previo a la inoculación con la raza 15 B de *Puccinia graminis tritici*. Se hizo dos experimentos paralelos; uno en cámara de crecimiento con tratamientos de temperatura por 8 horas y otro por inmersión en agua con diferentes temperaturas durante 1 min.

La reacción de los diversos cultivares ante el patógeno, expresada como tipo y número de pustulas fue diferente para cada cultivar. Se apreció un aumento de la predisposición al ataque al aumentar la temperatura.

Los resultados obtenidos en ambos experimentos son concordantes. Las ecuaciones obtenidas a partir de los datos del experimento en cámara de crecimiento, presentan mayores coeficientes de determinación que las del experimento en agua, lo que sugiere que la cámara de crecimiento permite obtener una mejor estimación de la variación en la predisposición de los cultivares a la enfermedad, al ser sometidos a temperatura.

LITERATURA CITADA

- BROWN, J.F., and W.A. SHIPTON. 1964 a. Relationship of penetration to infection type when seedlings wheat leaves are inoculated with *Puccinia graminis tritici*. *Phytopath.* 58:89-91.
- BROWN, J.F., and W.A. SHIPTON. 1964 b. Some environmental factors influencing penetration from apleria of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* on seedling wheat leaves. *Phytopath.* 54:949-951.
- COCHRAN, G.W. y GERTRUDE M. COX. 1965. *Diseños Experimentales*. Ed. F. Trillas, S.A. México. 661 pp.
- EVERSMAYER, M.G., J.R. BURLINGH, and A.P. ROELES. 1973. Equations for predicting wheat stem rust development. *Phytopath.* 63:348-351.
- HARDER, D.E., R. ROHRINGER, D.J. SAMBORSKI, W.K. KIM, and J. CHONG. 1978. Electromicroscopy of Susceptible and resistant near isogenic (Sr 6/Sr 6) lines of wheat infected by *Puccinia graminis tritici*. *Can. J. Bot.* 56:2955-2966.
- MOHAMED, A.H. 1960. Predisposition of wheat seedlings to stem rust infection and development. *Phytopath.* 50:339-340.
- MORTENSEN, K. y G.J. GREEN 1978. Assessment of receptivity and urediospore production as components of wheat stem rust resistance. *Can. J. Bot.* 56:1827-1839.
- SCHOENEWEISS, F.D. 1975. Predisposition, stress and plant disease. *Annual Review of Phytopath.* 13:193-211.
- STACKMAN, E.C. y J.G. HARRAR. 1963. *Principios de Patología Vegetal*. EUDEBA. Buenos Aires, Argentina. 603 pp.
- STACKMAN, E.C., M.N. LEVINE, and W.Q. LOEGERING. 1944. Identification of physiologic races of *Puccinia graminis tritici*. U.S. Dept. Agr. Bur. Entomol. Plant Quarantine ET 167.
- VAN DER PLANK, J.E. 1968. *Disease Resistance in Plants*. Academic Press. New York. 206 p.

TASA DE EXTRACCION Y EVOLUCION DE LA MASA GANADERA: UN MODELO SIMPLE¹

STOCK DYNAMIC: A SIMPLE MODEL

BRUNO PHILIPPI Y.

Escuela de Ingeniería
Pontificia Universidad Católica de Chile

SUMMARY

A simple dynamic model of the farm stock is presented as an effective aid to estimate the expected supply of meat. An elementary discussion about the dynamic behaviour of the model, the steady state solution, and the sensibility analysis, is also included in order to illustrate the applicability of this model.

1. INTRODUCCION

Es usual estimar la oferta futura de carne de vacuno empleando las tasas históricas típicas que caracterizan el comportamiento de la masa ganadera total. Si bien en muchos casos éste es un procedimiento adecuado, en otras el alto grado de agregación del modelo empleado no permite estimar fácilmente la incidencia de ciertos parámetros sobre la evolución global. Esto puede ser particularmente relevante si consideramos que algunos de estos factores pueden ser parcialmente controlados dentro de ciertos límites. Este trabajo presenta una extensión elemental de estos modelos tradicionales pero que tiene la ventaja de explicitar algunos de estos factores para estimar su impacto sobre las políticas de extracción o beneficio anual del ganado.

2. PRESENTACION DEL MODELO

Si consideramos un sistema cerrado en el cual no hay ni importaciones ni exporta-

ciones de animales, el elemento central dinámico de nuestro modelo es la población de vacas en edad de reproducirse pues son éstos los que determinan esencialmente el tamaño de la masa bovina.

Consideremos los siguientes supuestos y parámetros para la construcción del modelo:

- Una vaca alcanza madurez reproductiva en T años.
- Un porcentaje "a" de las vacas de edad T o más años tienen un ternero al año.
- Un porcentaje "b" de los terneros que nacen son hembras.
- Un porcentaje "c" de los terneros viven hasta alcanzar madurez reproductiva.
- La mortalidad anual de vacas es $(1-d)$. O sea "d" es la tasa anual de sobrevivencia de la población adulta.
- r es el porcentaje de la población hembra adulta que se beneficia anualmente (tasas de extracción).

¹ Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Chile con el número 22-80. Fecha de recepción: 28 de abril de 1980.

² Esta idea fue desarrollada y utilizada por el autor en el "Estudio del Proyecto de Comercialización de Alimentos para el Gran Sur". CORFO. Septiembre, 1977.

Luego si $x(k)$ denota el número medio de vacas maduras en el año k , de acuerdo a las hipótesis indicadas, la evolución de $x(k)$ está determinada por la relación.

$$x(k) = abc x(k-T) + (d-r)x(k-1) \quad (1)$$

$$k = T, T+1, \dots$$

Si se considera la posibilidad de importar o exportar vacas reproductoras el consiguiente término debería ser agregado a la ecuación (1).

El modelo simplemente establece un balance en la masa de vacas en edad reproductora a lo largo del tiempo. De donde conociendo los valores $x(0), \dots, x(T-1)$ es posible derivar los valores de $x(k)$ para $k = T, T+1, \dots$

3. BREVE ANALISIS DINAMICO

Para simplificar el análisis es conveniente escribir (1) como un sistema de primer orden. Para ello definamos los variables auxiliares.

$$z_1(k) = x(k)$$

$$z_2(k) = x(k+1)$$

$$\vdots$$

$$z_T(k) = x(k+T-1)$$

Luego reescribiendo (1) como

$$x(k+T) = abc x(k) + (d-r)x(k+T-1) \quad (2)$$

con $k = 0, 1, 2, \dots$

el sistema (2) puede expresarse en término de estos variables auxiliares, como

$$z_1(k+1) = z_2(k)$$

$$z_2(k+1) = z_3(k)$$

$$\vdots$$

$$z_{T-1}(k+1) = z_T(k)$$

$$z_T(k+1) = abc z_1(k) + (d-r)z_T(k)$$

o en notación vectorial

$$z(k+1) = A z^T(k) \quad (3)$$

en que

$$z^T(k) = z_1(k), \dots, z_T(k)$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ abc & 0 & 0 & & 0 \end{bmatrix}$$

Asi por ejemplo, si $T = 2$, $z^T(k) = [z_1(k), z_2(k)]$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ abc & (d-r) \end{bmatrix}$$

Conocido $z(0)$ (condiciones iniciales), es fácil obtener explícitamente que

$$z(k) = A^k z(0) \quad k = 0, 1, \dots \quad (4)$$

Como sabemos, el comportamiento dinámico de este sistema está intimamente asociado a los valores propios de la matriz A . Dada la simple estructura de esta matriz su ecuación característica es

$$\lambda^T = abc + (d-r)\lambda^{T-1} \quad (5)$$

Si A tiene T vectores propios linealmente independientes (lo cual, por ejemplo, es cierto si las T raíces de (5) son diferentes) A es similar a una matriz diagonal. Esto es

$$A = S^{-1} \Lambda S$$

en que S es la matriz formada por los T vectores propios y Λ la matriz cuya diagonal son los valores propios y los otros elementos son cero.

En este caso es fácil ver que (3) puede expresarse como

$$z(k) = \sum_{i=1}^T \xi_i(0) \lambda_i^k u^i \quad (6)$$

y

$$z(0) = \sum_{i=1}^T \xi_i(0) u^i \quad (6)$$

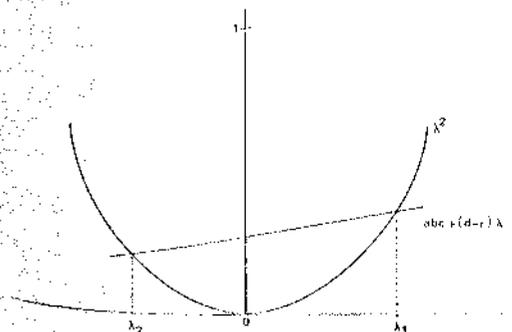
en que u^i es el vector propio asociado al valor propio λ_i . La representación (5) deja de manifiesto la relación entre el comportamiento dinámico del vector z y los valores propios de A . Cualitativamente el comportamiento asintótico de $z(k)$ será acotado si y sólo si los valores propios de A son menores o igual a uno en valor absoluto. No tiene sentido desarrollar aquí un análisis del comportamiento dinámico del modelo general ya que prácticamente sólo interesan los casos en que $T = 2$ ó quizás 3 años. Sin embargo, las consideraciones anteriores son necesarias si en lugar de periodos anuales se utilizan periodos trimestrales o semestrales ya que en este caso el posible valor de T sería mayor.

En lo que sigue, y para ilustrar desde un punto de vista práctico estas ideas, nos limitaremos principalmente al caso en que $T = 2$, teniendo presente que el análisis desarrollado puede ser directamente extendido a casos más generales, pero con un mayor esfuerzo computacional.

Veamos los valores propios para $T = 2$. En este caso

$$\lambda^2 = abc + (d-r)\lambda$$

Las raíces de este ecuación pueden determinarse gráficamente del siguiente diagrama:



Como $0 < abc < 1$ y $0 < (d-r) < 1$ ambos valores propios son reales y $|\lambda_1| > |\lambda_2|$. Además $-1 < \lambda_2 < 0$, con lo cual el crecimiento de la masa ganadera depende del valor de λ_1 . La negatividad de λ_2 imprime un carácter oscilatorio a la evolución de la misma.

4. MANTENCION DE LA MASA GANADERA Y TASA DE EXTRACCION

Es interesante preguntarse cual es la tasa de extracción r que permite mantener el nivel de la masa ganadera actual. En otras palabras, para que valor \bar{r} se tiene $x(k) = x$ para todo k . Esta se obtiene inmediatamente de la ecuación (1), ya que en este caso.

$$\bar{r} = abc + d - 1 \quad (7)$$

Del gráfico anterior es fácil ver que

- a) $0 \leq \lambda_1 < 1$ si $r > \bar{r}$
- b) $\lambda_1 = 1$ si $\bar{r} = abc + d - 1$
- c) $\lambda_1 > 1$ si $r < \bar{r}$

En el caso (a) si la tasa de extracción de hembras r es mayor que \bar{r} , la masa ganadera aumenta en el tiempo. En (b), $r = \bar{r}$, la masa se mantiene y en (c) con $r < \bar{r}$ la masa decrece.

Ciertamente, esta situación de equilibrio o estado estacionario, no depende del valor T o de los valores iniciales $x(0), \dots, x(T-1)$, y solamente tiene sentido en una situación en que los parámetros del modelo son estables.

Si aceptamos, a modo de ejemplo, los siguientes valores para los parámetros del modelo:

$$a = 0,70 \quad c = 0,82$$

$$b = 0,50 \quad d = 0,96$$

en que el valor de c incluye un 5% correspondiente al beneficio medio de terneros, de (7) se sigue que

$$\bar{r} = 0.25$$

O sea, una tasa de extracción de hembras superior a 0,25 tendría como consecuencia una disminución, en el tiempo, de la masa ganadera.

La relación (7) permite evaluar directamente la incidencia marginal de los diversos parámetros del modelo sobre \bar{r} . Así por ejemplo, una elevación en la tasa de parición "a" tiene una incidencia "bc" sobre \bar{r} . En el ejemplo considerado $bc = 0,41$ de donde un aumento de 10% en la tasa de parición representa, aproximadamente un 4% de aumento en la tasa de extracción. En forma análoga el impacto marginal sobre \bar{r} de una variación en la tasa de natalidad de terneros está dado por "ab", de donde, en nuestro ejemplo, un aumento de un 10% en la tasa de natalidad representa un aumento de 3,5% en la tasa de extracción.

Estas observaciones permiten cuantificar aproximadamente la respuesta en la oferta de medidas tendientes a alterar alguno de los parámetros señalados. Ciertamente estas medidas reflejan costos y en base a la comparación de que estos costos es que deberán tomarse las decisiones correspondientes.

5. OFERTA DE CARNE

La oferta total de carne está compuesta por las hembras y machos beneficiados. Si un novillo puede ser beneficiado a los S años de edad, la disponibilidad potencial de novillos en el año k, de acuerdo a nuestro modelo, sería

$$a(1-b)c \quad x(k-S) \tag{8}$$

En realidad no todos los terneros machos son beneficiados al alcanzar S años ya que un porcentaje de ellos se destina a toros y bueyes. Pero si suponemos que la proporción de estos animales permanece aproximadamente constante es razonable emplear (8) para estimar la oferta total de carne O(k) en el año k. De donde,

$$O(k) = rx(k) + a(1-b)c x(k-S) \tag{9}$$

Como en el estado estacionario $x(k) = x(k-S) = x$, (9) se reduce a

$$0 = (r + a(1-b)c) x \tag{10}$$

6. CRECIMIENTO DE LA POBLACION Y TASA DE EXTRACCION

Si la tasa de extracción es tal que la masa se mantiene constante a lo largo del tiempo, como la población consumidora de carne aumenta, el consumo de carne per cápita disminuye. Sería entonces más razonable determinar una tasa de extracción que asegure un crecimiento en la masa ganadera tal que el consumo per cápita permanezca constante. Luego si R es la tasa de crecimiento de la población y la masa inicial de hembras es x, la tasa de extracción apropiada sería

$$r^* = \frac{abc}{R^S} + d-R \tag{11}$$

Como $R > 1$ se sigue que $r^* < \bar{r}$. Y es posible ver que en el estado estacionario el beneficio medio anual, en número de cabezas, bajo las mismas suposiciones anteriores, estaría dado por

$$O(k) = R^k \cdot (r^* R^S + a(1-b)c)x \tag{12}$$

para $k = S, S + 1, \dots$

7. EJEMPLO

El año 1975 la masa ganadera del país se estimaba en 3.340.000 cabezas. Si el número de vacas, en edad de reproducirse, es aproximadamente un 32% de la masa total, se tiene que $x = 1.070.000$. Suponiendo $S = 2$ y una tasa de crecimiento de la población de 2% anual se obtienen, empleando para los parámetros los valores anteriormente señalados, que la oferta máxima de carne en el futuro sería.

Año	Oferta de cabezas	Toncladas carne en vara
1978	568.000	142.000
1979	580.000	145.000
1980	591.000	148.000
1985	653.000	163.000
1990	721.000	180.000

(Nota: Se ha empleado el factor 0,25 para convertir el número de cabezas en toneladas de carne en vara).

Cabe notar que en este caso $r^* = 0,22$ en lugar de $\bar{r} = 0,25$. Una tasa de extracción superior a r^* aumentaría momentáneamente la oferta de carne, pero disminuiría en el tiempo la masa ganadera, mientras que una extracción inferior a r^* disminuiría momentáneamente la oferta, pero aumentaría la masa ganadera.

Controlando la tasa de extracción es posible lograr un aumento en la masa ganadera tal que permita asegurar un autoa-

bastecimiento de la población a los niveles de consumo deseados. Esto implicaría en principio una reducción en el consumo per cápita durante algunos años, lo cual podría ser subsanado mediante importaciones, pero aseguraría una capacidad de autoabastecimiento en el futuro. La óptima elección de estas tasas de extracción también puede ser abordado en forma cuantitativa pero esto queda fuera del alcance y propósito de este trabajo.

8. CONCLUSION

La idea de este trabajo ha sido ilustrar, en un caso particular, cómo la estructuración de un problema en términos de un simple modelo matemático facilita considerablemente el análisis de ciertos aspectos del mismo. En este caso no sólo se dispone de una mejor herramienta predictiva sino que también es posible estimar la incidencia de los principales factores que juegan en el problema.

USO EFICIENTE DEL AGUA DE RIEGO EN CHILE A TRAVES DE UNA MODERNA POLITICA DE AGUAS¹⁻²

EFFICIENCY OF IRRIGATION WATER USE IN CHILE THROUGH A MODERN WATER POLICY

EDUARDO VENEZIAN Y LUIS GUROVICH

Escuela de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile

SUMMARY

Through the presentation of new water policies in Chile, some economic approaches to improve water use by farmers are discussed.

The problems associated to water use are analyzed under an historic and technical point of view, including the economic significance of irrigation on Chilean agriculture. Some aspects related to water use efficiency are discussed for the prevailing conditions on the irrigated areas in Chile.

Economic considerations on water use and water policies are presented for different situations; in relation to the profitability of investments on water use improvement, some alternatives to determine the value of resource in agricultural production are discussed.

INTRODUCCION

El Decreto Ley N° 2.603, de 23 de abril de 1979, introdujo modificaciones legales muy importantes en cuanto al uso de las aguas de riego, destacándose principalmente la restitución a los particulares de la propiedad de los derechos de agua, que había sido expropiada por la Ley 16.640 de Reforma Agraria. Sin embargo, estos cambios legales representan hasta ahora sólo una cuestión formal, sin repercusiones prácticas en la distribución, eficiencia de uso y costos del agua, que deberán verse profundamente afectados cuando se promulguen las disposiciones y reglamentos específicos que el mismo decreto

enuncia, los que se formularán en un nuevo Código de Aguas.

Las disposiciones reglamentarias a que se refiere el párrafo anterior se encuentran en su etapa de elaboración y discusión. Los autores consideran de interés examinar algunos antecedentes técnicos y económicos sobre el agua de riego, que servirán como elementos de juicio útiles en la formulación de los aspectos operativos de la nueva política de aguas.

1. El problema del agua

El crecimiento de la población y de la actividad económica de Chile, han determinado un constante aumento en la deman-

¹Una primera aproximación al presente trabajo fue publicada en "Panorama Económico de la Agricultura" N° 9.

²Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Chile con el N° 142/80

Fecha de recepción: 1° de julio de 1980

da por agua, hasta el punto que se está produciendo escasez de este factor de la producción, en cuanto a su disponibilidad en el lugar y tiempo oportunos. Es decir, el agua no es un "bien libre", sino que un recurso escaso que tiene un costo social. Es necesario, por lo tanto, considerar a este recurso con un criterio técnico y económico mucho más riguroso que en el pasado, cuando su abundancia relativa implicaba pocas restricciones en su aprovechamiento. La posibilidad de usos múltiples y a veces conjuntos del agua, con fines urbanos, hidroeléctricos, industriales, mineros, agrícolas y turísticos, determina que la demanda por agua sea no sólo mayor, a medida que pasa el tiempo, sino que progresivamente más compleja y aún conflictiva, por los intereses contrapuestos de los diferentes grupos de usuarios.

Si bien la agricultura es la actividad que consume por sobre el 90% de las disponibilidades totales de agua entre las regiones I a VII, es también por lo general la actividad con menos prioridad de acceso a medida que este recurso se hace más escaso. De acuerdo con los datos del Cuadro 1, un 31,6% de la superficie arable de Chile es de riego permanente, y un 24% adicional se considera de riego eventual; la contribución de la agricultura regada a la producción agropecuaria supera el 65% del total (Jordan, 1974). Por esto, las medidas legales y administrativas que se adopten deben ser las más adecuadas para facilitar una mejor asignación del agua entre los diferentes usuarios y dentro del sector agrícola, para que se estimule su uso más eficiente en el campo.

La asignación o distribución actual del agua en Chile es el resultado de un largo proceso histórico, en que los usos y costumbres establecidos, resultaron de las características geográficas, hidrológicas, agronómicas y sociales, específicas de las diferentes zonas y regiones del país; estos usos fueron legislándose hasta quedar esencialmente recopilados en un cuerpo básico, el Código de Aguas del año 1951. Posteriormente, a raíz de la ley de Re-

forma Agraria de 1967, que expropió las aguas y en parte dejó sin efecto algunas disposiciones importantes de dicho Código, surgió una situación legal sumamente confusa y de efectos negativos para el uso más racional y económico de este recurso; pero, por la misma complejidad del problema, en la práctica han subsistido los usos y costumbres tradicionalmente establecidos en las diferentes zonas del país.

Uno de los problemas fundamentales es que el riego tradicional es una práctica de baja eficiencia técnica y económica, lo cual es incompatible con las crecientes demandas por agua y la presión del sistema económico, que exige una agricultura más rentable. La disponibilidad de tecnología agrícola y de riego avanzadas, y la liberalización de la economía nacional requieren ahora de la modernización de toda la estructura institucional y legal de aprovechamiento de las aguas.

El anacronismo legal-institucional se ha visto agravado por el proceso de expropiación y distribución de tierras resultante de la Reforma Agraria. Particularmente la asignación de tierras en unidades familiares entre 1974-1979, que originó unas 40.000 pequeñas propiedades en las mejores tierras de riego del país, tuvo como consecuencia un reparto de las aguas, manteniendo las dotaciones y procedimientos de los correspondientes antiguos predios; pero evidentemente lo que pudo haber sido adecuado para una explotación grande, con administración centralizada, no lo ha sido para las parcelas resultantes de ella. En efecto, en muchas zonas reformadas se considera que la situación actual del riego es caótica, y que solamente no han surgido mayores problemas porque no ha habido sequías graves en los últimos años.

La administración eficiente de los recursos de agua, particularmente para el riego agrícola, es bastante compleja y difícil de llevar a cabo. Esto se debe a las diversas fuentes que pueden abastecer a un mismo usuario (fluviales, esteros, embalses, aguas subterráneas, derrames-

etc.), los múltiples cultivos para que puedan emplearse las aguas de riego, las variaciones estacionales e interanuales en los caudales, y la interconexión en la distribución de estos recursos en forma de sistemas o redes dentro de cuencas hidrográficas, o aún entre varias cuencas, en casos de transferencia de aguas de una a otra por medios artificiales.

Los sistemas de distribución de aguas frecuentemente dan origen a efectos externos a los proyectos mismos, con costos sociales o privados para otros usuarios, lo que complica su programación y evaluación económica. Estas "externalidades" incluyen por ejemplo, las alteraciones estacionales de los caudales disponibles y de los niveles de las napas freáticas, la variación del volumen de los derrames, la degradación del agua por contaminación. Asimismo los aspectos técnicos a considerar para modificar las estructuras de conducción y división de aguas, al modificarse las asignaciones del recurso, son también de gran complejidad y alto costo privado y social, especialmente porque casi siempre se verán envueltos varios usuarios en cada proceso de reasignación de derechos. De esta manera, la determinación de costos de operación y transferencia de derechos, y su justa asignación y cobranza a los usuarios requerirá el esfuerzo conjunto de organismos técnicos y de usuarios. No obstante las excelentes disposiciones establecidas en el Código de Aguas, hasta ahora no han sido implementadas y han quedado inoperantes y por ello la administración de las aguas en Chile es bastante deficiente, por lo menos en comparación con los procedimientos y esquemas en uso en países más desarrollados.

Finalmente, el aprovechamiento económico de las aguas para sus múltiples fines, incluyendo la expansión de las áreas de riego, determina que se deba invertir sustantivamente en obras de captación, almacenamiento y conducción, que a menudo representan costos muy elevados. Las externalidades que la sociedad ha estableci-

do para sus inversiones y esfuerzos han hecho surgir la necesidad de definir quién debe ejecutar estas grandes obras hidráulicas, cómo se financian, quién debe pagar sus costos en último término y cómo deberán distribuirse los costos y beneficios.

La experiencia histórica de Chile hasta comienzos de este siglo fue que el agua se utilizó fundamentalmente para regadío, para lo cual se llegaron a habilitar más de un millón de hectáreas, exclusivamente por la acción de particulares. Con posterioridad a 1914, el incremento de usos del agua fuera del regadío, la mayor envergadura de las obras necesarias y otros factores determinaron que el Estado tomara un papel casi exclusivo en el desarrollo y aprovechamiento de las aguas; con este fin se creó el organismo que es hoy la actual Dirección de Riego. Unas 400.000 hectáreas adicionales se han habilitado, muchos proyectos planeados no se han ejecutado, otros lo han sido incompleta o defectuosamente, y a menudo han resultado ser económicamente ineficientes (Wollman 1968). Por otra parte, los regantes beneficiados con las obras han pagado sólo una fracción del costo real de las mismas, por efecto de la inflación y normas para reembolsar la deuda; es decir, ha habido un significativo subsidio estatal para unos pocos agricultores beneficiados.

2. Importancia del riego en la agricultura nacional

Gran parte de la superficie cultivable de Chile requiere del riego para su buen aprovechamiento agrícola. El Cuadro 1 muestra la superficie regada y su relación con la superficie arable, por regiones de acuerdo al Censo Agropecuario de 1975/76.

Otros estudios señalan que a las cifras del Cuadro 1 deben adicionarse alrededor de 800.000 hectáreas consideradas de "riego eventual" (Wollman, 1968; Jordan, 1974). De esta forma, la agricultura de riego en Chile representa alrededor de 2 millones de hectáreas, lo que ubica a

CUADRO I
SUPERFICIE ARABLE Y REGADA DE CHILE

Región	Sup. arable (miles Hás.)	Sup. regada	% Riego
I-III	36,3	23,4	64
IV	125,2	71,8	57
V	156,1	77,8	50
RM	171,3	155,8	91
VI	324,0	205,8	63
VII	523,7	301,8	58
VIII	733,3	184,6	25
IX	725,9	28,3	4
X-XII	537,2	5,9	1
TOTAL	3.332,9	1.055,3	32

Fuente: INE, Censo Nacional Agropecuario 1975/76, 1978.

Chile en el lugar 25 entre los países del mundo en cuanto a superficie y entre los primeros 6 lugares en su proporción con respecto a la superficie arable total (Kukuda, 1976).

El agua es un factor severamente limitante para la agricultura en las Regiones III y IV, puesto que los terrenos aptos para el cultivo son mucho mayores que las disponibilidades de agua, a la vez que la escasez de ésta aumenta la competitividad de la demanda para usos no-agrícolas. En las Regiones V, VI y parte de la VII las disponibilidades de tierras cultivables y de agua son tales que no se presenta actualmente una escasez física total de agua; pero sí hay importantes problemas de distribución estacional y entre predios, por derechos previamente adquiridos, lo que se refleja en las vastas áreas de riego eventual y el uso de derrames. En toda esta área, el factor importante a considerar es la demanda por agua en los meses críticos del año, que varían según las fuentes de abastecimiento de cada localidad y la significancia de las demandas competitivas (por Ej., centrales hidroeléctricas y consumo urbano). Estudios detallados de las principales cuencas hidrográficas ejecutados recientemente por

la Comisión Nacional de Riego han establecido claramente el problema de mala distribución del agua y apuntan a la necesidad de regular los caudales y reasignar derechos de agua entre usuarios (Comisión Nacional de Riego, 1978 a, b, c).

En las Regiones VIII y IX el área de riego disminuye en importancia y hay superávit en la disponibilidad total de aguas, aunque con algunas necesidades de regulación estacional, para suplir la demanda de verano. En estas regiones adquiere mayor relevancia otro aspecto de manejo del agua, el drenaje, al cual se ha prestado en general poca atención en el país, pero que debería incorporarse explícitamente en las nuevas disposiciones legales.

Las estadísticas agropecuarias desgraciadamente no permiten determinar en forma fiel la proporción del valor de la producción agrícola nacional que se genera en las zonas de riego; sin embargo, ésta fue estimada en un 53% en 1965 y se calcula que actualmente debe superar el 65% a consecuencia de la enorme expansión de la producción frutícola, toda de riego. Así mismo, el 90% de los US\$ 150 millones en productos agrícolas exportados anualmente provienen de la agricultura

de riego. La distribución geográfica de la población rural, concentrada en la Zona Central, muestra también que la mayoría de ésta obtiene empleo en los campos regados.

La gran incidencia del riego en la agricultura nacional ha motivado numerosos estudios sobre los recursos de aguas, las prácticas de riego y la eficiencia de la agricultura de riego, tópicos que han recibido además la atención especial de diversos organismos internacionales. Es interesante observar que ya la primera misión internacional del Banco Mundial/FAO (1952), ponía énfasis en la necesidad de mejorar la distribución del agua y su uso en los predios, además de expandir las áreas de riego, como medidas para aumentar la productividad y el desarrollo agrícola del país. Un cuarto de siglo más tarde, un reciente análisis del Banco Mundial (1980) sobre la economía chilena sigue encontrando los mismos problemas en materia de riego y hace recomendaciones similares, recalcando la prioridad de mejorar la eficiencia del uso del agua en el actual sistema de canales y embalses.

A pesar de reconocerse la importancia del mejoramiento del riego en el desarrollo de la agricultura chilena, resulta interesante analizar la causa de que esta práctica de producción no haya tenido un mejoramiento significativo en tantos años. Entre el conjunto de razones que se podrían señalar, no cabe duda que lo fundamental ha sido la falta de estímulo económico para que el agricultor haga mejor uso del agua. Este aspecto sin embargo es el que ha recibido menos atención en los estudios y recomendaciones citados, si bien en los últimos años se comienza a reconocer que la falta de establecer un sistema racional de precios para el agua ha sido una limitante básica para estimular su uso más racional. Sin embargo, no puede dejar de señalarse además que las graves distorsiones político-sociales experimentadas por la agricultura chilena y la complejidad

técnica y administrativa envueltas en el problema del uso y asignación del recurso, han jugado un papel fundamental en el estancamiento experimentado en el mejoramiento de las prácticas de riego en el predio agrícola.

3. Eficiencia de utilización del agua de riego

El mejoramiento del riego tiene su expresión técnica en el concepto de eficiencia de utilización, que es la relación entre el volumen de agua recibida en el predio y aquél efectivamente aplicado y aprovechado por los cultivos. La eficiencia de utilización resulta de la interacción entre las características hídricas del suelo y el manejo del agua. En Chile, las prácticas de riego tradicionales tienden a mantenerse en el tiempo, transmitiéndose las técnicas de un agricultor a otro sin mayores variaciones entre zonas de suelos de muy diversas características hídricas (Gurovich, 1976). Un detallado estudio de eficiencias de riego en Chile (Gurovich, 1978) indica que la eficiencia de aplicación del agua de riego a nivel predial, puede estimarse en un 25%, valor que debe compararse con otros estudios publicados (Jensen, 1976) que indican una eficiencia de 47% en promedio para la agricultura regada de todos los Estados Unidos y de un 76% para el caso de Israel (Schmueli, 1976).

La baja eficiencia a nivel predial en Chile no significa que se pierdan las 3/4 partes del agua; pues las características geográficas del país permiten el reafloramiento de aguas en los ríos y el aprovechamiento de derrames de tal modo que a nivel de hoya hidrográfica la eficiencia de utilización puede alcanzar hasta un 90%. No obstante esto último, un sistema de distribución y métodos de riego con estas características son adversas al aumento de la productividad agrícola y a una utilización socialmente óptima del agua porque:

- a) La distribución dispar de los recursos entre los regantes y la inseguridad de riego para muchos, implícitas al sistema, determinan un patrón de cultivos que no alcanza el potencial productivo físico y económico de los suelos. Así se observa, por ejemplo, un alto porcentaje de praderas naturales y cereales de baja rentabilidad en tierras regadas de primera calidad.
- b) La baja eficiencia del riego interacciona negativamente con otros factores de producción, reduciendo su productividad y los rendimientos totales esperados por el agricultor. Es decir, el método de riego pasa a ser un factor limitante que impide obtener la respuesta a los fertilizantes, pesticidas, etc. que serían de otro modo posibles de alcanzar.
- c) En la medida que la agricultura controla mediante derechos preestablecidos y utiliza mal volúmenes grandes de agua, aumenta la escasez relativa y el costo del agua para otros usuarios no agrícolas. Esto puede agravarse en todo el Centro-Norte del país en los próximos años (Informe Conferencia Naciones Unidas, 1976).

La solución a estos problemas sólo podrá lograrse dando al agua el mismo tratamiento económico que a cualquier otro recurso productivo; es decir, haciendo explícitos su costo real y su productividad en usos alternativos, en cualquier localidad y época en que ella sea un factor escaso. El concepto relevante de eficiencia de uso del agua pasa a ser un problema básicamente económico. Sin embargo, en muchos casos las restricciones físicas que se presentan para la distribución y uso de los recursos de agua, así como dificultades de carácter administrativo de evidente complejidad, pueden llegar a distorsionar seriamente el enfoque básicamente económico de la eficiencia del uso del agua; en estos casos la necesidad de una institución u organización que coordine los esfuerzos de

mejoramiento del uso del agua, se hace una necesidad imperiosa.

4. Criterio económico en el uso del agua

Como se ha mencionado, la asignación y uso del agua para riego en Chile se ha establecido siguiendo criterios hidráulicos, agronómicos y legales, pero con escasa atención a su eficiencia económica. Causas importantes de esto sin duda han sido, que se ha tendido a considerar el agua como un recurso ilimitado y que la naturaleza de los derechos legales sobre ella en efecto la hacen ser un recurso casi sin costo para el agricultor individual. Otra razón importante es la relativa dificultad del análisis y aplicación práctica de criterios de eficiencia económica en la asignación y uso del agua.

Lo ideal sería efectuar una evaluación de la eficiencia económica del uso del agua en términos de la maximización del valor presente neto del ingreso nacional; lo cual, bajo ciertos supuestos teóricos implicaría también maximización del bienestar social nacional. Este objetivo general encubre, sin embargo, problemas importantes en cuanto a la valoración de costos y beneficios, divergencias en valores sociales y privados y efectos distributivos implícitos a la definición, que no es del caso elaborar aquí.

Las condiciones de eficiencia de uso del agua por la actividad agrícola se pueden considerar convenientemente bajo tres situaciones principales:

- 1) Agua abundante, de modo que el uso que hace de ella el agricultor no afecta su disponibilidad durante el año, o en años futuros. En este caso, el agua es un recurso ilimitado y sólo tiene costos de distribución (amortización de la construcción, mantenimiento y administración, de las obras de riego). El uso económico eficiente implica únicamente minimizar estos costos de distribución, para cau-

dales adecuados de uso por hectárea en relación al uso-consumo de la planta. Cómo se cobran estos costos a los usuarios es una cuestión de la política de aguas. La forma más adecuada es establecer cuotas por hectárea y cobrar en proporción al número de hectáreas regadas y según la distancia servida por canales para entregar agua al predio. De este modo se puede cubrir el costo total de distribución, o la parte de él que el Estado desee cargar a los usuarios. En general, esto significa un costo bajo del agua y fácil cobranza; pero tiene el inconveniente de inducir un uso técnico-agronómico ineficiente, por cuanto no hay incentivo para ahorrar agua. Cualquier cantidad que se utilice, hasta el total del volumen disponible al predio, cuesta lo mismo³. En realidad, esta política de aguas es la que se ha aplicado en todo Chile y explica en gran parte las bajas eficiencias de riego observadas. Lo grave de esto es que, en primer lugar, como el agua no es un recurso ilimitado en todas las zonas agrícolas (hay fuerte escasez hasta la IV Región, que se prevee irá extendiéndose más al sur en las próximas décadas) esta política causa además un uso económicamente ineficiente del agua.

En segundo lugar, en la medida que una baja eficiencia técnica del riego es un factor limitante para mejorar la productividad agrícola, una política que alienta esta ineficiencia es un obstáculo para el aumento de los rendimientos de los cultivos. Por esta razón, aún con agua abundante, la política de precios del agua debería tender a cobrar por el consumo efectivo de cada usuario.

³ El costo marginal del agua es igual a cero y se tenderá a aplicar agua hasta donde el valor de su producto marginal también sea cero. Más rigurosamente, esta condición se cumple sólo cuando la razón del valor del producto marginal y del costo marginal del agua es igual en todos sus usos, y mayor a la razón que habría si quedara agua sin usar.

⁴ El usuario con agua abundante, racionalmente la utilizará hasta donde el valor de su producto marginal sea cero, igual a su costo marginal del agua (el precio privado). Sin embargo, si la disponibilidad de agua no alcanza para satisfacer a todos los usuarios potenciales, quiere decir que el valor del producto marginal es positivo en algunos otros usos, y el precio social del agua entonces es positivo.

- 2) Agua escasa, volumen total disponible fijo para el año o temporada. En este caso, la condición de eficiencia económica requiere que no sea posible aumentar el valor presente neto de la producción agrícola, redistribuyendo el agua entre predios, o de un uso a otro dentro de los predios⁴. Si en esta situación de escasez la política de distribución y precios del agua es la tradicional indicada antes, se produce una divergencia entre el costo (precio) privado y el costo social del agua. Esto por cuanto los predios con derechos sobre volúmenes abundantes de agua la derrocharán, mientras otros usuarios potenciales verán restringida su producción por falta del recurso agua⁵.

La divergencia en costos induce un uso ineficiente del agua en sentido social, aún si el uso fuera eficiente dentro de cada predio individual. Esta ineficiencia se mantendrá mientras quede inflexible el sistema de "racionamiento" o distribución de los recursos de agua, determinado por los derechos legales establecidos. Por lo tanto, una política de aguas socialmente racional en situaciones de escasez, debería asignarle un precio al agua conforme a su productividad marginal, e inducir una reasignación entre usuarios conforme al criterio de eficiencia económica. Este caso obviamente es el relevante en la mayoría de las zonas de riego en Chile, si se considera que se producen escaseces estacionales (principalmente en enero-febrero) que tienen exactamente las mismas implicaciones económicas descritas.

- 3) Agua escasa; su uso en un periodo afecta la disponibilidad y/o costos en periodos siguientes, y posibles inversiones en obras de captación alteran el volumen disponible a través del tiempo. En este caso de ca-

rácter dinámico, el criterio de eficiencia económica además del cumplimiento de las condiciones estáticas de optimización anteriores, requiere que la entrega anual de agua, a partir de represas y/o aguas subterráneas, y el perfil de inversiones en obras sean tales que maximicen el valor presente del agua, descontado sobre el periodo relevante de tiempo. La determinación práctica de este criterio es altamente compleja y para ello se han desarrollado modelos matemáticos y computacionales de "uso conjunto" del agua, técnicas que aún no se han empleado en Chile⁶.

Por cuanto en muchas zonas del país existen grandes embalses y tranques reguladores, así como aguas subterráneas aprovechables, y se puede incrementar sustancialmente la captación de flujos superficiales a medida que aumenta la demanda por agua, es importante considerar en la nueva política de aguas este criterio dinámico de eficiencia. A corto plazo, es evidente que se hace más urgente tener precios del agua que reflejen su valor social, y un sistema de asignación del recurso que induzca su uso eficiente entre las múltiples alternativas a través del tiempo.

5. Precio y tarifación del agua de riego

El análisis de la disponibilidad y distribución actuales del agua en Chile, de la eficiencia del riego y de su impacto sobre la productividad agrícola y de los criterios económicos en el uso de este recurso llevan claramente a la conclusión que es indispensable llegar a establecer un sistema de precios reales del agua, que reflejen su valor de escasez para las diferentes zonas del país, y cobrar a los múltiples usuarios de acuerdo a su consumo efectivo.

En cuanto a determinar los precios, sin duda la mejor forma sería permitiendo la

transacción (sujeta a ciertas restricciones técnicas) de los derechos de agua, no sólo dentro de un sector como la agricultura, sino que entre los diferentes sectores económicos, como industria, vivienda, etc. El precio quedaría determinado en cada localidad por aquellos usos que obtuvieran la mayor productividad del agua, lo cual tendría como último resultado, el máximo beneficio social. La política de aguas debería apuntar en esta dirección.

Hay muchos factores técnicos y consideraciones político-sociales, sin embargo, que interfieren con la creación de un mercado de aguas, por lo cual no se puede esperar que éste surja a corto plazo con un volumen significativo. Pero como urge mejorar la asignación y uso de este recurso, se debe buscar formas alternativas de valorarlo.

A través de investigaciones económicas se pueden obtener estimaciones de la productividad y costo marginales del agua, que proporcionan rangos de valores para los precios reales. Hay muy pocos de estos estudios en Chile, pero a vía de ejemplo se pueden citar algunos. Una investigación en proceso en el Departamento de Economía Agraria (1979 a), usando datos para la VII Región, estima que el agua de riego tendría un valor para el productor de entre 1,5 y 2,5 centavos de dólar por m³. Otro estudio referido a cinco proyectos en la misma región, con metodologías y datos muy diferentes, estima valores de entre 1,9 y 2,1 centavos por m³. Estos valores parecen bastante razonables y sugieren los límites superiores que podrían alcanzar los precios en esta Región. Al otro extremo, un estudio para el Valle del Aconcagua (Palma, 1976) estima un valor del agua de riego para el productor de 25 ¢ de dólar por m³. Este elevadísimo valor estaría reflejando la alta productividad de la Zona y la escasez del recurso para la agricultura, dada la demanda prioritaria para uso urbano-industrial de Valparaíso y de los requerimientos para descarga de efluentes

de la refinería de petróleo de Concón. Con fines de comparación, se puede notar que el precio actual del agua para uso doméstico en Santiago es del orden de 15 ¢ de dólar por m³.

Estimaciones del valor y/o costo del agua de riego en otros países indican valores desde menos de un milésimo de dólar/m³ para agua de bombeo en partes de los EE.UU., hasta 4 ¢ de dólar/m³ en el Noroeste de México (Cummings, 1974). El costo actual del agua de riego en Israel es de alrededor de 35 ¢ de dólar por m³. Es evidente que el rango de valores posibles es muy amplio, siendo de precio muy bajo donde el recurso es abundante y de fácil captación, y muy alto en las situaciones opuestas.

Otra forma de estimar el valor del agua para la agricultura podría ser a través de las diferencias en las tasaciones de la tierra, según sean de secano o de riego, pero de igual clasificación agronómica en sus demás características.

Independientemente del procedimiento por el cual se comience a determinar precios del agua, corresponde luego establecer métodos de tarifación y los cargos que habría que cobrar en diferentes situaciones, de tal modo que incentiven el uso eficiente del recurso. Hay muchos esquemas para esto en el mundo, como la medición volumétrica individual, que es poco empleada por su alto costo, y diversos mecanismos impositivos directos o indirectos. Entre éstos se incluye, por ejemplo, la modalidad de tasar el agua separadamente del suelo y cobrar impuestos específicos a cada recurso. Este sistema tendría el efecto de estimular al agricultor a ahorrar agua, usándola más eficientemente, de modo de poder vender o arrendar su excedente y reducir su costo de producción. El costo en este caso no es sólo el impuesto que se pagaría sobre el exceso de agua, sino también el costo de oportunidad del capital invertido en los derechos excesivos de agua. Este sistema además sería un estímulo para desarrollar un mercado del agua, que en último término propor-

cionaría directamente los precios socialmente correctos de este factor de producción.

La posibilidad de transar derechos de agua entre usuarios, o de adquirir estos derechos del Estado donde sea posible, a precios de mercado, tendría el resultado de ir paulatinamente reasignando el agua entre predios y usuarios en general, sin necesidad de la intervención directa del Estado. Dadas las graves dificultades que presenta la administración burocrática de este recurso, parece conveniente dejar lo más posible de esta tarea a los mismos particulares o asociaciones de usuarios interesados, comenzando por el proceso de modificar el control sobre el recurso que estos tienen a través de sus derechos legales. Esto no quiere decir, naturalmente, que el Estado no deba ejercer un legítimo papel de regulación y fiscalización, especialmente debido a la importancia que tienen las "externalidades" en el uso del agua, pero no por esta razón se debe imponer un régimen de planificación y control del recurso tal que obstaculice o anule la iniciativa e inversión particulares en este campo.

6. Rentabilidad de inversiones en mejoramiento del riego

La introducción de un costo por el agua según su consumo efectivo impondría un fuerte incentivo para mejorar la eficiencia del riego en la agricultura. Afortunadamente, esto parece muy viable en Chile dada la alta rentabilidad que se ha encontrado, en varios estudios, al mejoramiento de la tecnología de riego.

El cuadro siguiente resume los resultados de dos investigaciones sobre esta materia, que no obstante utilizaran metodologías de análisis diferentes y se refieren a distintas zonas, ambas muestran beneficios netos muy significativos para la adopción de mejores técnicas de riego de bajo costo.

La aparición progresivamente más frecuente de modernos métodos tecnificados de riego en el país, especialmente en plantaciones frutales de la zona Centro-Norte, son también una demostración evidente

⁶Un esfuerzo en esta materia es un reciente estudio iniciado por el Departamento de Economía Agraria de la Universidad Católica de Chile con el auspicio del DIUC. Ver Depto. Economía Agraria (1979 b).

J. Brosch. BAR-RAM Israel Ltd. Comunicación personal, 1980.

CUADRO 2

ESTIMACIONES DE BENEFICIOS DE LA ADOPCION DE TECNOLOGIA DE RIEGO

Cultivo	Estudio	Beneficios netos (US\$/ha)
Alfalfa	(P)	937
Alfalfa	(G)	153
Trigo	(P)	52
Trigo	(G)	121
Maiz	(P)	227
Maiz	(G)	48
Manzano	(G)	550
Palto	(G)	487

Fuente: Gurovich, 1979; Parks, 1978.

que la rentabilidad de estos métodos es alta; y aunque aún no rige un costo directo por el agua que refleje su precio social, los agricultores más progresistas ya están aprovechando la oportunidad económica que representa la tecnología avanzada de riego.

7. Conclusiones

1) El aprovechamiento de las aguas, particularmente para riego, en Chile presenta deficiencias técnicas y económicas que se arrastran desde mucho tiempo, y que se han visto agravadas por las transformaciones institucionales provocadas por la Reforma Agraria y por la creciente demanda por agua con fines urbanos, industriales y para el propio crecimiento de la agricultura. El agua debe ser considerada un recurso escaso y valioso, y es necesario promover su uso más eficiente.

2) Un primer paso en este sentido es modernizar la legislación de aguas, agilizándola y eliminando las confusiones e indefiniciones resultantes de las disposiciones jurídicas asociadas a la Reforma Agraria. Se espera que el nuevo Código de Aguas exigido por el Decreto Ley N° 2.603 cumpla esta tarea y se

implemente convenientemente en forma práctica en la realidad.

3) La mejor manera de redistribuir el agua entre los múltiples usuarios actuales y potenciales es a través del mercado, permitiendo la transacción ágil de derechos o dotaciones, sujeta a las restricciones técnicas y administrativas pertinentes (es decir aquellas necesarias para proteger los derechos de terceros, cumplir normas esenciales de ingeniería, y en general para regular posibles externalidades). La existencia de un mercado de derechos de agua, permitiría conocer el precio social del agua, y tasarla y tributar conforme a la valoración correspondiente.

4) La introducción de un costo efectivo para los usuarios, que refleje el valor social del agua, tanto a través de su valor de capital como a través de la tributación, debería inducir un rápido mejoramiento de la eficiencia del riego en la agricultura. Esto se considera importante no sólo por el ahorro eventual del recurso, que permitiría una expansión del área agrícola con alta seguridad de riego, sino porque una mejor tecnología de riego es indispensable para aumentar la productividad de los demás insumos modernos empleados en la agricultura.

5) De acuerdo a los resultados de algunos estudios en Chile, y conforme a la creciente aparición de sistemas modernos de riego en el país, se concluye que la inversión en técnicas mejoradas de riego a nivel predial es de una rentabilidad significativa. De este modo, el incremento en costo del agua, al establecer un cargo efectivo por ella, podría verse más que compensado con los beneficios obtenidos del mejoramiento en el uso del agua.

6) A fin de permitir análisis más rigurosos, tanto económicos como agronómicos o ingenieriles, y ya sea a nivel predial, de cuencas o regiones, aparece indispensable incrementar la investigación hidrológica y de respuesta de cultivos al riego. La escasez de datos en esta materia en Chile es una limitante seria para el mejor uso del agua.

RESUMEN

A partir del análisis de nuevas disposiciones legales acerca de los derechos de agua en Chile, se discute diversos enfoques para mejorar el uso eficiente del agua de riego bajo estímulos económicos.

Se analiza el problema de agua desde una perspectiva histórica y técnica, incluyendo la importancia económica del riego en la agricultura nacional. Asimismo se discuten

algunos aspectos fundamentales que determinan la eficiencia de utilización del agua de riego.

Se establecen criterios económicos en el uso del agua para diferentes situaciones y en relación con la rentabilidad de las inversiones en mejoramiento del riego, se discuten alternativas para determinar el valor de este recurso en la agricultura.

LITERATURA CITADA

- COMISION NACIONAL DE RIEGO (1978). *Estudio integral de Riego de la Cuenca del Río Maipo*. Tomo A: Informe General, Santiago, marzo.
- COMISION NACIONAL DE RIEGO (1978). *Estudio de Prefactibilidad Hoya del Río Rapel*. Vol. 6, Informe Final, Santiago, abril.
- COMISION NACIONAL DE RIEGO (1978). *Proyecto Convento Viejo: Estudio de Factibilidad y Desarrollo*. Tomo I, Informe, Santiago, enero.
- CUMMINGS, RONALD (1974). *Interbasin Water Transfers, A Use Study in Mexico*. Resources for the Future, Inc., Washington.
- DEPTO. DE ECONOMIA AGRARIA (1979 a). *Economía del Mejoramiento del Riego a Nivel Predial en la Zona Central de Chile*. Informe de Avance al DIUC, Proyecto 209/78.
- DEPTO. DE ECONOMIA AGRARIA (1979 b). *Eficiencia Económica en la Asignación de Agua para Riego en Chile*. Informe al DIUC, Proyecto 53/78.
- EDWARDS G., RICARDO (1974). *Nuevos Conceptos en la Política de Riego en Chile*. En Cuarto Seminario Nacional de Riego y Drenaje. INIA, Santiago.
- FARINA, JUAN M. (1977). *Proposición para Una Metodología para Cobrar por el Uso del Agua de Riego en Chile*. (Tesis). Instituto de Economía, Universidad Católica, Santiago.
- GUROVICH, LUIS (1978). *Conceptualización de la Eficiencia de Riego a Nivel Predial. Análisis de Algunas Situaciones en Chile*. Ciencia e Investigación Agraria. Vol. 5, N° 4.
- GUROVICH R., LUIS (1979). *Effects of Improved Field Practice on Crop Yield, Water Use and Profitability of Irrigation in Central Chile*. Irrigation Science 1, 97.
- IBRD-FAO (1952). *The Agricultural Economy of Chile*
- JENSEN, M. et al. (1967). *Improving Irrigation Efficiency*. En *Irrigation of Agricultural Land*, American Society of Agronomy, Madison.
- LOBO, EUGENIO (1969). *Distribución del Agua en Chile*. En *El Agua y Su Mejor Aprovechamiento: Problema Básico de la Agricultura*. S.N.A., Santiago.
- PALMA, A. et al. (1976). *Análisis de Alternativas de Uso Óptimo de los Recursos Agua y Tierra en la Cuenca del Río Aconcagua, Chile*. CEPLA/IREN/DEA.
- PARKS, LOREN (1978). *Estimations of Water Production Functions for Evaluation of Irrigation Methods: A Case Stud in Chile*. Interciencia. Vol. 3, N° 2.
- PELLEGRINI P.; VICTOR (1968). *Colaboración del Sector Privado en el Regadío del País*. El Campesino, S.N.A., enero.
- WOLLMAN, NATHANIEL (1968). *The Water Resources of Chile*. John Hopkins Press, Baltimore.
- WORLD BANK (1980). *Chile: An Economy in Transition*. Washington D.C.

EFECTO DEL ALMACENAJE EN LA CAPACIDAD DE GERMINACION DE SEMILLAS DE DOS CLONES DE GUINDO MERICIER¹.

EFECTO DEL ALMACENAJE EN LA CAPACIDAD DE GERMINACION DE SEMILLAS DE DOS CLONES DE GUINDO MERICIER¹

GONZALO F. GIL², ORLANDO BALBOA³, Y WALDO VALENZUELA¹

*Escuela de Agronomía e Instituto de Ciencias Biológicas
Universidad Católica de Chile*

SUMMARY

Seeds of Red and Black Mericier sweet cherry were cold stratified for 150 days immediately after harvest or after a dry storage period of one, two, three, or four months at 5°C or at 15-20°C. All seeds lost some capacity for germination after four months of storage; those of Red Mericier did so at any temperature while those of Black Mericier only at room temperature. However, seeds of Black Mericier showed an improvement of their germination capacity after being stored at room temperature for one to three months.

El guindo Mericier es, todavía, el porta-injerto más usado en el país para la propagación de variedades dulces comerciales, cuya semilla presenta dificultades en la germinación aún después de un largo período de estratificación húmeda a baja temperatura (Gil, Guerra, y Lavandero, 1979). Los viveros de plantas suelen hacer esta operación en el invierno aprovechando el frío y la humedad naturales.

Sin embargo, la recolección de semillas se efectúa a fines de diciembre o en enero, época de calor y sin lluvia. A veces se inicia la estratificación de inmediato, siendo difícil la mantención de humedad unifor-

me y permanente. En otras ocasiones, se almacena la semilla seca y se estratifica al comenzar el invierno; este almacenaje ha sido señalado como perjudicial para la viabilidad por la deshidratación de la semilla (Suszka, 1971) o por la temperatura ambiente (Sebok, 1970).

Con el objeto de establecer el efecto de la temperatura de almacenaje y su duración en la capacidad de germinación posterior de semillas secas de guindo Mericier de los tipos fruto rojo y negro se realizó este trabajo que forma parte de un programa sobre la multiplicación del guindo.

Semillas de guindo dulce Mericier Rojo

¹Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Chile con el N° 218/79. Fecha de recepción: 13 de noviembre de 1979.

²Profesor Departamento Frutales y Viñas, Escuela de Agronomía.

³Profesor Departamento de Botánica, Instituto de Ciencias Biológicas.

¹Ingeniero Agrónomo.

y Mericier Negro, recién cosechadas y limpias, se almacenaron en bolsas de papel por uno, dos, tres o cuatro meses en dos condiciones diferentes:

1) A temperatura y humedad ambiente (15-25°C y 50-80%) y 2) A temperatura de 5°C y humedad relativa de 35%.

Una vez finalizado el periodo de almacenaje las semillas fueron sometidas al test de cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio y estratificadas a 5°C por 150 días (Gil *et al.*, 1979; Valenzuela, 1979) asignándose 20 semillas intactas y viables a cada tratamiento, con tres repeticiones. Como control se usó semillas intactas estratificadas inmediatamente después de la cosecha, sin almacenaje.

Al término de la estratificación se realizó el ensayo de germinación en bandejas con papel filtro húmedo en cámaras térmicas a $17 \pm 1^\circ\text{C}$. Se registró el número de semillas germinadas (radícula de longitud mayor a 1 cm y geotropismo positivo) y el tiempo requerido. Los resultados fueron analizados por el modelo factorial y el test del rango múltiple de Duncan.

La semilla de las dos variedades tuvo un comportamiento diferente después del almacenaje. Así, en Mericier Rojo la duración del almacenaje a cualquier temperatura afectó la capacidad germinativa (Cuadro 1) pues después de cuatro meses sólo se obtuvo 51,9% de germinación como promedio en comparación a 86,6% obtenido por estratificación inmediata. Coincidiendo con la disminución en germinación se observó también una menor velocidad.

En Mericier Negro, en cambio, existió interacción entre temperatura y duración del almacenaje (Cuadro 2). A baja temperatura y humedad por cuatro meses no se afectó la capacidad germinativa posterior, pero cuando esas condiciones eran las ambientales (15-20°C y 50-80%) la capacidad germinativa se vio incrementada después de uno a tres meses de almacenaje y disminuida fuertemente después de cuatro meses. No se observó un efecto importante en la velocidad de germinación.

Tanto Fogle (1958) como Suszka (1961)

(1971) atribuyen la pérdida de capacidad germinativa a una pérdida de humedad de la semilla misma; este proceso parece lento, alcanzando el punto negativo después del tercer mes. La diferencia varietal observada puede deberse a la naturaleza del carozo, el cual opondría mayor resistencia al paso de humedad en la variedad Mericier Negro, hecho que sería significativo en condiciones de menor poder evaporativo (5°C). De hecho, se ha comprobado que el carozo es también mucho más limitante de la germinación después de la estratificación en semillas Mericier Negro que en las del Rojo (Valenzuela, 1979). La conservación de la capacidad germinativa a baja temperatura también ha sido observado en otras poblaciones de *Prunus avium* (Hildebrandt, 1961; Sebok, 1970).

En Mericier Negro, un corto periodo de almacenaje en condición ambiental mejoró, incluso, la capacidad de germinación. Este hecho sólo puede relacionarse con la respuesta positiva al pretratamiento con calor que se ha observado en semillas de Mericier Negro cuando la posterior estratificación fría no ha sido suficientemente larga (Valenzuela, 1979).

En conclusión, para seguridad en el manejo de las semillas de guindo Mericier debe estratificarse lo más pronto posible después de la cosecha. El almacenaje antes de estratificar debe hacerse a baja temperatura, aunque esto no ha sido importante en el tipo Rojo, y por un periodo máximo de tres meses para las semillas del tipo Rojo, no importando mucho el tiempo para las del tipo Negro.

CUADRO 1

CAPACIDAD GERMINATIVA DE SEMILLAS DE GUINDO MERICIER ROJO DESPUES DE UN PERIODO DE ALMACENAJE SEGUIDO DE ESTRATIFICACION FRIA POR 150 DIAS

Germination capacity of Red Mericier cherry seeds after a dry storage period followed by 150 days of cold stratification.

Tiempo de Almacenaje <i>storage time</i> (meses-months)	Germinación <i>germination</i> (%)	Velocidad <i>velocity</i> (días-days)
0	86.6 ab*	1.2 a
1	63.3 bc	1.5 a
2	87.5 ab	1.6 a
3	95.6 a	1.0 a
4	51.9 c	3.5 b

Temperatura de almacenaje
Storage temperature

20 y 5°C, no significativas
: 20 and 5°C, not significant

*Nivel de 5% -- Level.

CUADRO 2

EFECTO DE LA TEMPERATURA Y DURACION DEL ALMACENAJE ANTES DE LA ESTRATIFICACION POR 150 DIAS SOBRE LA GERMINACION DE SEMILLAS DE GUINDO MERICIER NEGRO.

Effect of storage temperature and duration prior to 150 days stratification on seed germination of Black Mericier cherry.

Tiempo de almacenaje <i>storage time</i> (months)	Temperatura de almacenaje <i>Storage temperature</i>			
	20°C		5°C	
	Germinación %	Velocidad (días)	Germinación %	Velocidad (días)
0	37.6 a*	3.1	37.6 a	3.1
1	60.1 b	3.0	24.0 a	4.0
2	62.0 b	3.5	24.0 a	5.1
3	70.4 b	3.9	35.9 a	4.6
4	15.6 c	3.1	44.0 a	4.1

*Nivel del 5% -- Level.

LITERATURA CITADA

- FOGLE, H.W. 1958. *Effects of duration of after-ripening, gibberellins and other pre-treatments on sweet cherry germination and seedling growth*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 72: 129-133.
- GIL, G.F., R. GUERRA, y R. LAVANDERO. 1979. *Germinación de semillas de guindo en relación a las condiciones de estratificación*. Cienc. Inv. Agr. 6 (2) : 95-98.
- HILDEBRANDT, W. 1961. *Studies on the physiology of germination in stone fruits: III. The absorption of moisture by stone fruit seeds on soaking and the effect of moisture on germination*. Gartenbauwiss 25: 15-25. En Hort. Abstr. 31: 247, Nº 1931.
- SEBOK, J. 1970. *Treatment of cherry rootstock seeds stored for several years*. Kert. Szol. Foisk Kozlem 32:83-88. En Hort. Abstr. 40:381, Nº 3075.
- SUSZKA, B. 1967. *The warm cold stratification of seeds of Prunus species*. Proc. Intl. Symp. on Physiology Ecology and Biochemistry of Germination. pp: 999-1052.
- _____. 1971. *Storage of Mazzard cherry (Prunus avium) seeds over a period of years*. Arbor. Kornickie 15: 129-137.
- VALENZUELA, W. 1979. *Dormancia y germinación de semillas de guindo dulce (Prunus avium L.) Mericier*. Tesis, Universidad Católica de Chile. Departamento Frutales y Viñas, Escuela de Agronomía. 83 p. (mimeografiada).

EFFECTIVIDAD DE LAS PRUEBAS DE LA ALFANAFTILAMINA Y DE LA DIFENILAMINA PARA INDICAR EL CONTENIDO DE NITROGENO NITRICO EN TEJIDOS DE VID EN EL CAMPO¹

EFFECTIVENESS OF THE ALPHANAPHTYLAMINE AND DIPHENYLAMINE TESTS TO INDICATE THE NITRATE-NITROGEN CONTENT OF GRAPE TISSUES IN THE FIELD

GONZALO F. GIL Y PABLO DIAZ²

Departamento de Frutales y Viñas, Escuela de Agronomía
Universidad Católica de Chile

SUMMARY

The alphanaphtylamine test was adequate to indicate N-NO₃ deficiency levels in grape perioles of the Sauvignon variety but not in Semillon or Cabernet and was inadequate for the excess range. The dyphenylamine test proved to be a better test for all three varieties, the main drawback being its lack of accuracy in the range of slight deficiency.

El nivel de nitrato en el peciolo es un indicador adecuado de la nutrición nitrogenada de la vid, cuyo conocimiento es una buena guía para la fertilización (Cook y Kishaba, 1956). La determinación precisa de los nitratos se efectúa mediante un análisis de laboratorio (Ulrich *et al*, 1959; Universidad Católica de Chile, 1967). Sin embargo, los viticultores necesitan de análisis sencillos de campo que les permita obtener una rápida información del estado nutritivo del viñedo.

Una prueba rápida de tejido es la de la difenilamina, usada con éxito por Cook y Kasimatis (1963) en distintas variedades cultivadas en California. Posteriormente se ha encontrado que la prueba de la alfa-naftilamina es muy eficaz para la determinación del nitrógeno nítrico en tejidos de maíz y sorgo en condiciones de campo (Rauschkolb *et al*, 1974), el cual

tiene la ventaja de emplear un polvo no cáustico.

La nutrición nitrogenada es muy variable en viñedos chilenos, y en un alto porcentaje de ellos es un factor limitante de la producción (Rodríguez *et al*, 1972). Hace falta recurrir a análisis de tejidos pero ha habido poca atención al respecto en el país (Cáceres, 1975); por ello, se estudió la aplicabilidad de la prueba de la alfa-naftilamina a la vid y se comparó su efectividad con la de la difenilamina.

El estudio comprendió las variedades Sauvignon y Semillón (blancas) y Cabernet (tinta) de varias viñas del llano del Maipo que diferían en vigor, productividad, y nivel nutritivo. Se recolectó peciolo y tallos de brotes de cargadores desde poco antes de la floración hasta la madurez del fruto para ampliar aún más la gama de

¹ Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Chile con el Nº 221/79. Fecha de recepción: 22 de noviembre de 1979.

² Actual dirección, PROCHILE.

concentración de nitratos, puesto que éstos varían con la estación (Gil *et al.*, 1973).

Las pruebas rápidas se efectuaron en muestras de 30 pecioloos o tallos inmediatamente después de eliminada la lámina de la hoja. En el corte fresco del extremo de estos órganos se aplicó solución de difenilamina (1 g de difenilamina blanca pura disuelta en 100 ml de ácido sulfúrico concentrado —37 N— libre de nitrato) y se contabilizó el número de casos de color azul fuerte, azul débil, o sin reacción de color (Cook y Kasimatis, 1963). Del mismo modo, se aplicó polvo de alfaftilamina (110g de BaSO_4 , 12g de $\text{Mn SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 2 g de cinc en polvo, 75 g de ácido cítrico, 4 g de ácido sulfanílico, 2g de alfaftilamina) y se registró la coloración rosada según la Tabla 9 de atlas de Biesalski (1957). De todas las escalas de notas posibles, la que se utilizó finalmente fue de 1 a 5, cuyos códigos de color son: 1 = reactivo, 2 = H, 3 = P, 4 = Q, y 5 = W.

Para conocer la concentración de nitrógeno nítrico (N-NO_3) en los tejidos, éstos se analizaron por el método del ácido fenoldisulfónico (Universidad Católica de Chile, 1967), estableciéndose correlaciones y regresiones entre color desarrollado y concentración.

La respuesta en color a la prueba de la alfaftilamina se ajustó a una parábola tanto en pecioloos como en tallos de las tres variedades, pero los coeficientes de correlación con la concentración de N-NO_3 fueron generalmente bajos (Cuadro 1). Los pecioloos resultaron ser un mejor tejido para este test pero solamente en la variedad Sauvignon se obtuvo una correlación moderadamente alta y significativa ($r = 0,78^*$), en la cual la curva de regresión explicó el 61% de los casos (Figura 1). En esta variedad existió una relación positiva lineal hasta 1000 ppm de N-NO_3 . Como los niveles normales en pecioloos de vid se encuentran entre 300 y 1200 ppm (Cook y Kishaba, 1956; Winkler *et al.*, 1974) la prueba fue capaz de separar los casos deficientes de los normales, pero no los excesivos.

CUADRO 1

COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE COLOR DESARROLLADO CON EL TEST DE LA ALFANAFTILAMINA Y CONCENTRACION DE N-NO_3 EN PECIOLOS Y TALLOS DE VID

Correlation coefficients between colour developed with the alphanaphtylamine test and N-NO_3 concentration in grape petioles and stems

Variety	Pctioles	Tallos Stems
Sauvignon	0.78*	0.14
Semillón	0.72	0.44
Cabernet	0.59	0.35

*Significativo al 5%.

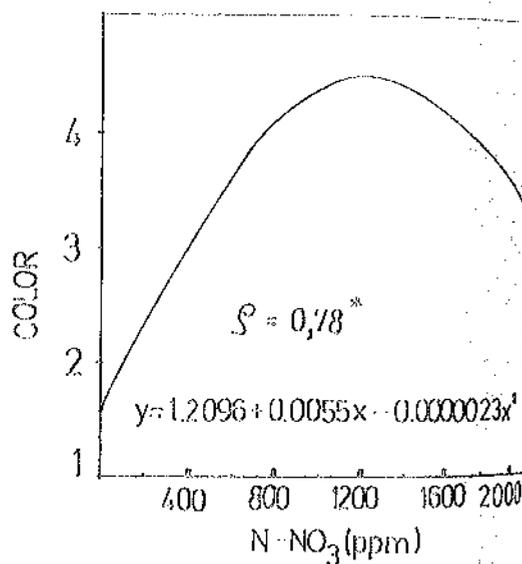


FIGURA 1

RELACION ENTRE CONTENIDO DE NITROGENO NITRICO Y COLOR DESARROLLADO CON ALFANAFTILAMINA EN PECIOLOS DE VID, CV. SAUVIGNON

Relationship between nitrate nitrogen content and color response to alphanaphtylamine in grape petioles, cv. Sauvignon

La prueba de alfaftilamina resultó, pues, menos adecuada para la vid que para maíz y sorgo (Rauschkolb *et al.*, 1974). Sin embargo, como hubo diferente respuesta varietal, y en Sauvignon hubo insensibilidad por sobre 1000 ppm de N-NO_3 a diferencia de maíz y sorgo, es posible que haya interferencia de otros compuestos en la reacción con tejidos de vid; en este caso, para una generalización del empleo de la prueba, debe afinarse ya sea la técnica de la reacción o la composición del reactivo.

En la prueba de la difenilamina se considera que una muestra de 30 pecioloos es deficiente cuando seis o menos dan una coloración débil o no dan color, es normal cuando

ocho a 20 se colorean, y es excesiva cuando 23 o más se colorean intensamente. Con este criterio se encontró una buena coincidencia entre el diagnóstico basado en la prueba y aquel basado en la concentración real de N-NO_3 según normas de Winkler *et al.* (1974) (Cuadro 2). En el rango de exceso se calificó erradamente sólo un caso entre cinco en la variedad de Sauvignon. Las fallas mayores de la prueba, cinco entre 11 casos, ocurrieron en el rango de leve deficiencia (237-287 ppm). La prueba detectó bien las deficiencias claras (menos de 230 ppm), demostró poca precisión para las deficiencias leves, y no sirvió para detectar niveles suboptimales de N-NO_3 (entre 300 y 600 ppm, Winkler *et al.*, 1974).

CUADRO 2

DIAGNOSTICO DEL ESTADO NUTRICIONAL DEL NITROGENO DE TRES VARIEDADES DE VID MEDIANTE ANALISIS QUIMICO DE PECIOLOS Y PRUEBA DE LA DIFENILAMINA

Diagnostic of the nitrogen nutritional status of three grape varieties by petiole chemical analysis and diphenylamine test

Sauvignon			Semillón			Cabernet		
N-NO_3 (ppm)	Condición (%)	Test DFA	N-NO_3 (ppm)	Condición (%)	Test DFA	N-NO_3 (ppm)	Condición (%)	Test DFA
2000	E**	E	1375	E	E	1275	E	E
1850	E	E	1000	A	A	975	A	A
1550	E	A	900	A	A	787	A	A
875	A	A	600	A	A	606	A	A
812	A	A	550	A	A	600	A	A
750	A	A	537	A	A	500	A	A
575	A	A	394	A	A	400	A	A
550	A	A	306	A-D	A	350	A	A
387	A	A	300	A-D	A	338	A	A
375	A	A	287	D	A	325	A	A
212	D	D	262	D	A	275	D	A
200	D	D	237	D	A	262	D	A
						213	D	D
						212	D	D
						175	D	D
						162	D	D

*Winkler *et al.* (1974).

**E= Excesivo, A= Adecuado, D= Deficiente.

En consecuencia, la prueba de la *difenilamina* en peciolos es útil para obtener una información aproximada del estado de la nutrición nitrogenada de la vid en condiciones de campo permitiendo la separación entre deficiencia clara, normalidad, y exceso. La prueba de la *alfanaftilamina*

en peciolos, en cambio, aparece por ahora como menos adecuada, aunque en la variedad Sauvignon sirvió para detectar estados de deficiencia; en este caso, puede ser útil el empleo de las dos pruebas en forma complementaria.

LITERATURA CITADA

- BIESAISKI, E. 1957. *Pflanzenfarben Atlas mit farbezeichen nach DIN 6164*. Musterschmidt-Verlag, Göttingen (Alemania).
- CÁCERES, C. 1975. *Estudio nutricional en vid: Aplicación del test de Cook*. Universidad de Chile, Facultad de Química y Farmacia, Tesis (mimeografiada), 71 p.
- COOK, J.A., y A.N. KASIMATIS. 1963. *Predicting nitrogen response in vineyards: The petiole test*. Univ. of Calif., Agric. Ext. Ser. Pub. AXT-106, 9 p.
- — —, y T. KISHABA. 1956. *Petiole nitrate analysis as a criterion of nitrogen needs in California vineyards*. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 68: 131-140.
- GIL, G., J. RODRÍGUEZ, S. GONZÁLEZ, D. SUÁREZ, y H. URZÚA. 1973. *Evolución estacional de nutrientes minerales en hojas de vid*. (*Vitis vinifera*, L.). *Agric. Técnica* (Chile). 33 (2): 45-53.
- RAUSCHKOLB, R.S., A.L. BROWN, J. ANICK, J.D. PRATO, R.E. PELTON, y F.R. KEGEL. 1974. *Rapid tissue testing for evaluating nitrogen nutritional status of (1) corn and (2) sorghum*. *Calif. Agric.* 28 (6): 10-13.
- RODRÍGUEZ, J., G. GIL, O. PRADO, D. SUÁREZ, C. DEL SOLAR, H. URZÚA, y J. RIBA. 1972. *Levantamiento nutricional en 112 viñedos de la zona central de Chile*. *Agric. Técnica* (Chile) 32(4):166-175.
- ULRICH, A., D. RIRIE, F.J. HILLS, A.G. GEORGE, M.D. MORSE, y C.M. JOHNSON. 1959. *Plant analysis and analytical methods*. *Calif. Agric. Exp. Sta. Bull.* 766. 78 p.
- UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. 1967. *Manual de análisis foliar*. Dep. de Edafología. Santiago, Chile. 24 p. (mimeografiado).
- WINKLER, A.J., J. COOK, W.M. KLIWER, y L.A. LIDER. 1974. *General viticulture*. Univ. Calif. Press, Berkeley, California. 710 p.

EFFECTIVIDAD DE DIVERSOS FERTILIZANTES FOLIARES PARA AUMENTAR LOS NIVELES DE Zn Y Mn EN HOJAS DE DURAZNERO Y VID¹

EFFECTIVENES OF SOME FOLIAR FERTILIZERS TO INCREASE Zn AND Mn CONTENT IN PEACH AND GRAPELEAVES

GONZALO GIL S., GEORG HECHT M., Y CLAUDIO PRIETO N.

Universidad Católica de Chile, Escuela de Agronomía, Departamento de Frutales y Viñas

SUMMARY

Fortuna peach trees with clear Zn and mild Mn deficiency and Sauvignon grape vines with mild Zn deficiency were sprayed twice during the spring with commercial complete fertilizers, and with Zn and Mn sulphate or chelate. Only sulphates increased Zn and Mn content of mature and new leaves of both species in midsummer. The addition of urea and Mn to the Zn SO₄ sprays increased even more Zn content in peach leaves. The sprays did not alter the status of other nutrients. None of the commercial fertilizers caused any effect at all on peach and grape plants.

INTRODUCCION

La fertilización es una práctica de uso corriente en el manejo de huertos frutales y viñedos, la cual generalmente no está basada en un buen criterio técnico bien definido, lo que ha generado una gran variación entre productores. Esto es particularmente cierto para los microelementos, habiendo muy pocos productores que se preocupen de ellos, aún cuando se ha detectado deficiencias en nuestro país. En duraznero mediante análisis foliar se ha establecido deficiencias de cinc y manganeso en muchos huertos de Aconcagua y Santiago (Razeto, 1965; Razeto y Uriu, 1971; Rodríguez *et al*, 1973). Deficiencia de manga-

neso también ha sido encontrada por sintomatología visual en San Vicente, (Rosenberg, 1971).

En la vid de vinificación se comprobó la alta incidencia de deficiencia de cinc y menor de manganeso entre Santiago y Talca (Rodríguez *et al*, 1971) y en parronales de uva de mesa de manganeso (Wylie *et al*, 1972).

Los fertilizantes más usados hasta ahora para corregir deficiencias de estos microelementos son los sulfatos y quelatos (Childers *et al*, 1966; Cook 1966), habiendo citas de efectos sinérgicos entre Mn y Zn al ser aplicados en conjunto (Childers, 1966). En Chile, ocasionalmente se usa estos fertilizantes y en muchos huertos se

¹Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Chile con el Nº 222/79. Fecha de recepción: 22 de noviembre de 1979.

ha estado recurriendo a fertilizantes foliares completos, no existiendo pruebas de su conveniencia.

Se inició, por lo tanto, un estudio para comparar la efectividad de aspersiones foliares de quelatos y sulfatos de cinc y manganeso en elevar el tenor de estos microelementos en duraznero y vid y su posible relación al ser aplicados en conjunto. Se investigó también el efecto causado a las plantas por dos fertilizantes foliares completos de amplio uso comercial.

La experiencia se llevó a cabo en 1977-78 en la Estación Experimental de la Universidad Católica de Chile, ubicada en Pirque, Área Metropolitana, en duraznero Fortuna y en vid Sauvignon, ambos en plena producción, en donde se había comprobado previamente la existencia de carencias de Zn y Mn²⁻³.

Los fertilizantes se asperjaron a las plantas en dos oportunidades, el 10 de octubre y el 21 de noviembre (duraznero), y el 25 de octubre y el 25 de noviembre (vid) en las siguientes dosis por 100 l de agua: Bayfolan 300 cc, Fetrilon 100 g, Quelato de Zn 35% 300 cc, Quelato de Mn 27% 450 cc, Urea 75 g, sulfato de Zn 300 g, sulfato de Mn 200 g. Se hicieron algunas combinaciones entre Zn, Mn, y Urea y se mantuvo un testigo; en total se llegó a 12 tratamientos dispuestos en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela estaba constituida por cuatro árboles (duraznero) o por ocho plantas (vid). Todas las aspersiones llevaron Citowett y los tratamientos con sulfatos incluyeron cal para neutralizar la solución.

A fines de enero se colectaron hojas maduras del tercio medio de los brotes (recibieron aspersión) y hojas nuevas apicales (no existían al momento de la aspersión) para su análisis químico. Todas las hojas fueron previamente proflijamente lavadas nueve veces para eliminar depósitos de las aspersiones.

El duraznero (control) del ensayo presentó deficiencia de Zn (Cuadro 1) ya que el nivel mínimo oscila alrededor de 15 ppm (McClung, 1954; Kenworthy, Bell y Larsen, 1955; Rogríguez *et al.*, 1973; Childers, 1975). La vid también estaba dentro del rango crítico de 15 a 20 ppm establecido por Cook (1966) y Gartel (1973).

El sulfato de Zn resultó el fertilizante más eficaz para elevar el contenido de cinc en las dos especies. En el duraznero fue el único que produjo un incremento en las hojas maduras, el cual parece haber sido efectivamente absorbido, y no un residuo del fertilizante, porque las concentraciones son bajas y los quelatos no dejaron traza, en contraposición a trabajos anteriores que efectuaron un lavado menos prolijo⁴. En la vid, también el sulfato fue el más eficaz proveedor de Zn. El contenido de Zn en hojas maduras fue más del doble que con quelato, todos significativamente superiores al control. Sin embargo, las hojas nuevas, que nacieron después de la época de las aspersiones y, por lo tanto, no pudieron contaminarse con el fertilizante, aumentaron su contenido de Zn solamente en las plantas que recibieron ZnSO₄. Esto indicaría que hubo una cierta translocación hacia la punta del brote o bien el cinc proveniente de las raíces fue mejor aprovechado por las hojas nuevas al ser más alto el contenido de las hojas maduras. Como esto ocurrió con los quelatos, la concentración obtenida en las hojas maduras bien puede ser resultado de residuo de la aspersión. Los valores extremadamente altos en hojas maduras tratadas con ZnSO₄ también estaría reflejando algo de residuo. En el duraznero, las hojas nuevas no mostraron un incremento estadísticamente significativo de la concentración de cinc, pero debe destacarse que los análisis de hojas provenientes de plantas tratadas con ZnSO₄ siempre dieron cifras más altas. Esto, junto con el incremento obtenido en

CUADRO 1

EFECTO DE ASPERSIONES PRIMAVERALES DE FERTILIZANTES EN EL CONTENIDO DE CINCO DE HOJAS DE DURAZNERO Y DE VID A MEDIADOS DE VERANO.

Effect of spring fertilizer sprays on zinc content of peach and grape leaves in midsummer.

TRATAMIENTO	DURAZNERO <i>Peach</i>		VID <i>Grape</i>	
	Hoja madura <i>Leaf: mature</i>	H. nueva <i>new</i>	H. madura <i>mature</i>	H. nueva <i>new</i>
Control	13.9 c	17.8 a	17.7 c	15.6 c
ZnSO ₄	34.6	19.9 a	267.5 a	52.9 a
ZnSO ₄ + Urea	43.4 ab	19.7 a	253.1 a	52.3 a
ZnSO ₄ + MnSO ₄	44.3 ab	21.2 a	286.9 a	42.8 ab
ZnSO ₄ + MnSO ₄ + Urea	53.3 a	19.8 a	263.1 a	35.1 b
Zn EDTA	14.5 c	18.9 a	123.4 b	16.7 c
Zn EDTA + Urea	17.3 c	16.4 a	87.5 b	18.4 c
Zn EDTA + Mn EDTA	15.8 c	17.7 a	118.4 b	28.8 bc
Zn EDTA + Mn EDTA + Urea	22.1 c	18.5 a	100.0 b	17.7 c
Bayfolan	11.8 c	17.3 a	19.0 c	15.9 c
Petrilon	10.8 c	17.0 a	35.0 c	17.3 c

CUADRO 2

EFECTO DE ASPERSIONES PRIMAVERALES DE FERTILIZANTES EN EL CONTENIDO DE MANGANESO DE HOJAS DE DURAZNERO Y DE VID A MEDIADOS DE VERANO.

Effect of spring fertilizer sprays on manganese content of peach and grape leaves in midsummer.

TRATAMIENTO	DURAZNERO <i>Peach</i>		VID <i>Grape</i>	
	Hoja madura <i>Leaf: mature</i>	H. nueva <i>new</i>	H. madura <i>mature</i>	H. nueva <i>new</i>
Control	21.9 c	21.1 c	33.6 c	23.4 c
ZnSO ₄	20.3 c	18.8 c	34.4 c	25.0 c
ZnSO ₄ + Urea	17.2 c	18.8 c	40.6 c	24.2 c
ZnSO ₄ + MnSO ₄	72.5 b	38.3 a	521.5 a	73.4 a
ZnSO ₄ + MnSO ₄ + Urea	107.0 a	29.7 b	425.5 b	50.8 b

Todos los demás tratamientos no significativos.
All other treatments not significant.

hojas nuevas de vid, permite suponer que el ZnSO₄ efectivamente mejora el estado nutricional del cinc. Tanto para duraznero (Bollard, 1953; McClung, 1954) como para vid (Cook y Malstrom, 1963; Gartel, 1973) el sulfato de cinc ha dado

buen resultado como aspersión de primavera.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados significativos en el contenido de manganeso. El duraznero en estudio mostró un nivel deficiente según algunos autores

² Gil, G. Datos no publicados.

³ Cabrera, A., y R. Contardo. 1977. Informe de investigación. Depto. de Frutales y Viñas, Escuela de Agronomía, Universidad Católica de Chile.

⁴ Cabrera, A. y R. Contardo. 1977. *Op. cit.*

(Boynton *et al* 1951; citados por Childers *et al*, 1966; Coppenet, 1952; Rodríguez *et al*, 1973) o muy cerca del nivel crítico según otros (Razeto, 1965; Pozo y Godoy, 1978). La vid, en cambio, se encontraba en un nivel normal (Levy y Badocus, 1965; Beyers, 1962; Gartel, 1973). El único fertilizante que subió los contenidos de Mn en las hojas fue el $MnSO_4$; ni los abonos completos comerciales ni los quelatos de Mn produjeron cambios. A pesar de que el análisis foliar de las hojas maduras de vid arrojó cifras muy altas, que hacen pensar en residuo de $MnSO_4$, efectivamente hubo un mejoramiento de la nutrición del manganeso en las dos especies a juzgar por las concentraciones encontradas en las hojas nuevas.

El sulfato de manganeso sería más apropiado, entonces, que el quelato para apli-

cación foliar en vid (Cook, 1958; Cook y Malstrom, 1963). También son numerosos los informes de éxito en duraznero (Childers *et al*, 1966; Woodbridge y McLarty, 1951; Healy, 1953; Rosenberg, 1971).

Ningún tratamiento afectó la nutrición de los macroelementos ni del resto de los microelementos ni tampoco el crecimiento vegetativo, la producción ni la madurez de la fruta. Los micronutrientes deben encontrarse en un nivel extremadamente bajo para que la fertilización provoque una respuesta en producción a corto plazo (Childers *et al*, 1966; Cook, 1966).

Es importante destacar que ninguno de los dos fertilizantes foliares comerciales del estudio (Bayfolan y Fetrilon) causó algún efecto nutricional, lo que hace dudar de la conveniencia de su empleo.

LITERATURA CITADA

- BEYERS, E. 1962. *Diagnostic leaf analysis for deciduous fruits*. South Afr. J. Agric. Sci. 5 (2): 313-322.
- BOLLARD, E.G. 1953. *Zn deficiency in peaches and nectarines*. New Zeal. J. Sci. Tech. 35A: 15-18.
- CHILDERS, N.F. 1975. *Modern Fruit Science*. Rutgers, The State University, New Jersey. 976 p.
- _____, H.K. BELL, y W.E. BALLINGER. 1966. *Peach nutrition*. En *Fruit Nutrition*, Ed. N.F. Childers, Rutgers, The State University, New Jersey. 888 p.
- COOK, J.A. 1958. *Field trials with foliar sprays of Zn EDTA to control Zn deficiency in California vineyards*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 72: 158-164.
- _____. 1966. *Grape nutrition*. En *Fruit Nutrition*, Ed. N.F. Childers, Rutgers The State University, New Jersey: 777-813.
- _____, y L. MALSTROM. 1963. *Correction of zinc deficiency in California vineyards*. Amer. J. Enol. Vitic. 14: 223-229.
- COPPENET, M. 1952. *Manganese deficiency in plants other than cereals in Brittany*. C.R. Acad. Agric. (France) 38:193-195.
- GARTEL, W. 1973. *Los micronutrientes y su importancia en la vid*. Univ. Cat. (Chile), Depto. Frutales y Viñas (mimeografiado).
- HEALY, W.B. 1953. *Treatment of lime induced manganese deficiency in peach trees*. New Zeal. J. Sci. Tech. 34A: 386-396.
- KENWORTHY, A.D., H. BELL, y LARSEN. 1955. *Zn deficiency found in Michigan peach orchards*. Mich. Agric. Exp. Sta. Quart. Bull. 38 (1): 70-72.
- LEVY, J.F., y H. BADOCUS. 1965. *Identification et études par l'analyse foliaire de quelques carences alimentaires de la vigne*. Vigne et Vin. 138: 18-24.

MCCLEUNG, A.C. 1954. *The occurrence and correction of Zn deficiency in North Carolina peach orchards*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 64: 75-80.

POZO, N. y D. GODOY. 1978. *Absorción de Zn, Mn, y su efecto en el crecimiento de portañeros de duraznero*. Soc. Agron. (Chile), XXIX Jornadas. Santiago, Chile, 27 julio-3 agosto.

RAZETTO, B. 1965. *Nutrición mineral del duraznero y manzano en Chile*. Univ. Chile, Fac. Agron., Est. Exp. Agron. Bol. Tecn. 32., 30 p.

_____, y K. URIU. 1971. *Estado de nutrición mineral de frutales de hoja caduca en Chile*. Univ. Chile, Fac. Agron. Bol. Tecn. 47, 31 p.

RODRÍGUEZ, J., J. GARCÍA-HUIDOBRO, G. GIL, D. SUÁREZ, H. URZÚA, y M. CRESPO. 1973.

Levantamiento nutricional en 50 huertos de duraznero en el Valle de Aconcagua. Agric. Tecn. (Chile), 33(3):147-155.

_____, G. GIL, O. PRADO, D. SUÁREZ, C. DEL SOLAR, H. URZÚA, y J. RIBA. 1971. *Levantamiento nutricional en 112 viñedos en la zona central de Chile*. Agric. Tecn. (Chile). 32(4):166-175.

ROSENBERG, G. 1971. *Un método más económico para corregir deficiencias de Mn en durazneros*. Semente (Chile) 41(12):17-18.

WOODBRIDGE, C.G. y H.R. MCLARTY. 1971. *Manganese deficiency in peach and apple in British Columbia*. Sci. Agric. 31:435-438.

WYLIE, A., C. GONZÁLEZ, J. SOLÉ, N. RODRÍGUEZ, y M. BÁEZ. 1972. *La nutrición mineral de los vegetales*. Univ. Católica, Fac. Agronomía, y Univ. Chile, Fac. de Química y Farmacia (mimeografiado).

DESARROLLO DE FRUTOS DE TUNA (*OPUNTIA FICUS INDICA*, MILL.) CON APLICACION PREFLORAL DE GIBBERELINA Y AUXINA¹

FRUIT DEVELOPMENT IN THE PRICKLY PEAR (*OPUNTIA FICUS INDICA*, MILL.) WITH PREANTHESIS APPLICATION OF GIBBERELLIN AND AUXIN

GONZALO GIL S. y ALEX ESPINOZA R.

Departamento de Frutales y Viñas, Escuela de Agronomía,
Universidad Católica de Chile

SUMMARY

Two experiments were undertaken to ascertain the effect of a gibberellin (AG_3) and an auxin (fenoprop) on fruit set and growth of prickly pear in an orchard located in Colina, Metropolitan Area. Gibberellic acid —at 100 or 500 ppm— and fenoprop —at 50, 100, or 500 ppm— were applied on emasculated and intact flowers, 36 or 15 days before anthesis (DAA). All fruits were sprayed again with AG_3 five days after anthesis (DDA) at 500 ppm and 43 DDA at 250 ppm.

Fruits normal in size and edible proportion were obtained when AG_3 or fenoprop were applied 15 DAA on emasculated flowers. Gibberellic acid, but not fenoprop, sprayed on immature intact flowers —which later pollinated freely— increased the proportion of false small seeds. Both AG_3 and fenoprop sprayed 36 DAA on intact flowers produced heavier seeded fruits than those resulting from the open pollinated control.

Fenoprop —when sprayed 15 DAA— hastened the appearance of maturity color in parthenocarpic fruits and the 36 DAA sprays stimulated the accumulation of soluble solids in seeded fruits. It produced phytotoxic symptoms at 500 ppm.

INTRODUCCION

La tuna es una especie que requiere de polinización y fecundación para producir y madurar frutos, pero el ácido giberélico (AG_3) exógeno es capaz de reemplazar al polen y, en parte, a la semilla en su efecto estimulante del tejido frutal (Gil, Morales y Momberg, 1977). Para producir frutos

partenocárpicos de desarrollo normal es necesario aplicar AG_3 a la flor emasculada y dos a tres veces al fruto, ya sea en dosis elevadas como aspersión, o bajas como inyección (Díaz y Gil, 1978). Sin embargo, ha sido difícil obtener el desarrollo total del endocarpio comestible y los frutos han resultado con falsas semillas (vanas) por crecimiento de los integumentos ovulares. Por

¹Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Chile con el N° 223/79. Fecha de recepción: 21 de diciembre de 1979.

esta causa el primer objetivo del estudio que aquí se presenta ha sido determinar el efecto del AG₃ aplicado a flores inmaduras, antes de la antesis y durante el desarrollo de los óvulos, en la inducción de partenocarpia en tuna.

Por otra parte, las auxinas han provocado partenocarpia en varias especies (Crane, 1964; Gil, 1972). Otros efectos de las auxinas, especialmente del ácido 2, 4, 5-triclorofenoxipropiónico (fenoprop) son la prevención de caída de frutos (Edgerton y Hoffman, 1951), y la estimulación del crecimiento del fruto (Crane y Blondeau, 1951; Gil y Vitagliano, 1972). Además, los tratamientos que combinan auxinas y giberelinas han impedido el proceso normal de fecundación y promovido el crecimiento de bayas en la vid (Zuluaga, Zuluaga, y De la Iglesia, 1968, 1971). Por estos antecedentes se estableció como segundo objetivo de este trabajo determinar la acción del fenoprop en aspersión antes de la antesis sobre la fructificación de tunas.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en la zona de Chicureo, comuna de Colina (Área Metropolitana) entre octubre de 1977 (estado de sépalos morados) y febrero de 1978 (madurez de cosecha). Un grupo de plantas uniformes se destinó al estudio del AG₃ y otro al del fenoprop. En cada grupo se seleccionó paletas (dolicoblastos) que por eliminación de algunas flores portaron finalmente 10 flores de similar estado de desarrollo; a la mitad de este conjunto de paletas se practicó emasculación de flores mientras que la otra mitad quedó intacta. Las aspersiones hormonales se efectuaron con bomba manual, mojando completamente la estructura floral, ya sea 36 ó 15 días antes de la antesis (DAA). Las dosis de AG₃ empleadas fueron 100 y 500 ppm y las de fenoprop 50, 100 y 500 ppm. Los tratamientos se hicieron con cuatro repeticiones según un diseño experimental de bloques completos al azar.

Durante la antesis todas las flores quedaron expuestas a la polinización natural y todos los frutos bajo observación fueron asperjados con AG₃ a los cinco días después de la antesis (DDA) en dosis de 500 ppm y a los 43 DDA en dosis de 250 ppm para sostener el crecimiento de los posibles frutos partenocárpicos (Gil, *et al.*, 1977; Díaz y Gil, 1978). Una vez cosechados los frutos se determinó su número y sus características. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza y al test del rango múltiple de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto del AG₃ en el crecimiento de frutos

Flores emasculadas: Las aspersiones de AG₃ 36 ó 15 DAA, seguidos de otras dos después de la antesis, provocaron el crecimiento partenocárpico sostenido de frutos. Este efecto fue más notable con la dosis de 500 ppm aplicada 15 DAA (Cuadro 1), en cuyo caso los frutos alcanzaron un peso y un desarrollo de su parte comestible similares a los testigos semillados. En el trabajo anterior de Díaz y Gil (1978) esto no se logró con la aplicación de AG₃ en la antesis; por consiguiente, cuando no existen semillas, el AG₃ exógeno debe estimular el tejido ovárico un tiempo antes para que ese tejido se desarrolle totalmente. La dosis de 100 ppm, aunque efectiva para que los frutos fueran normales en peso y en diámetro de su parte comestible, no fue suficiente para estimular el total crecimiento en longitud de este tejido. El AG₃ aplicado a flores menos avanzadas en desarrollo, 36 DAA, indujo la cuaja partenocárpica, pero los frutos resultantes fueron más pequeños que los testigos y con menor proporción comestible.

Todos los frutos provenientes de flores emasculadas, obviamente, no produjeron embrión, pero siempre contenían falsas semillas constituidas solamente por integumentos. Estas falsas semillas eran siempre pequeñas con el tratamiento de AG₃ 36

CUADRO 1

EFFECTO DEL ACIDO GIBERELICO ASPERJADO A FLORES ANTES DE LA ANTESIS EN EL CRECIMIENTO DE FRUTOS DE TUNA

Effect of gibberellic acid sprayed to flowers before anthesis on fruit growth of the prickly pear

Tratamiento*		Peso fruto <i>fruit weight</i> (g)	Proporción comestible <i>Edible proportion</i>		Semillas <i>seeds</i>				
Época** (DAA)	Dosis AG ₃ ** (ppm)		Longitud	Diámetro	Chicas (%)	Vanas (%)			
Testigo intacto		115.5	cd	0.73	a	0.89	a	47.2	64.0
<i>Flores emasculadas</i>									
36	100	73.5	c	0.58	c	0.66	de	100.0	100.0
	500	79.4	e	0.62	bc	0.64	e	100.0	100.0
15	100	97.9	dc	0.58	c	0.85	a	87.7	100.0
	500	125.7	bc	0.65	abc	0.83	ab	83.3	100.0
<i>Flores intactas</i>									
36	100	154.5	a	0.66	abc	0.72	cd	75.9	78.5
	500	145.0	ab	0.67	ab	0.76	bc	80.2	83.5
15	100	123.5	bcd	0.65	abc	0.85	a	96.1	100.0
	500	138.7	abc	0.67	ab	0.83	ab	71.1	81.2

*Todos los frutos recibieron AG₃ otra vez 5 y 43 días después de la antesis. *All fruits were sprayed again with AG₃ at five and 43 days after anthesis.*

**DAA = días antes de la antesis - *days before anthesis.*

***Sin análisis estadístico - *without statistical analysis.*

DAA y mayoritariamente pequeñas con el tratamiento 15 DAA. En cambio, Díaz y Gil (1978) habían encontrado que el AG₃ en floración inducía un cierto crecimiento de los óvulos. El AG₃ parece, por lo tanto, inhibir algo el crecimiento de óvulos cuando estos están poco desarrollados aún.

Flores intactas: El fruto de tuna posee, en forma natural, una alta proporción de semillas falsas o vanas, lo que lo hace receptivo al AG₃ (Gil *et al.*, 1977; Díaz y Gil, 1978). Esto se vio comprobado ahora pues los frutos testigo contenían un 64% de ellas y un 47% de tamaño chico (Cuadro 1). Los tratamientos antes de la antesis con AG₃ aumentaron la proporción de semillas falsas chicas, aun cuando las flores intactas fueron polinizadas libremente. El AG₃, entonces, ejerce una cierta inhibi-

ción del crecimiento de óvulos si la aplicación tiene lugar en una época en que ellos están poco diferenciados (Rivera *et al.*, 1978) y/o una acción abortiva del embrión después de la fecundación (estenopermocarpia falsa). Este fenómeno ha sido observado previamente en la vid como respuesta al AG₃ (Zuluaga *et al.*, 1971). El empleo de AG₃ en esta forma es un paso adelante para evitar la fecundación en tuna.

Cuando la aplicación de AG₃ se efectuó 36 DAA los frutos resultaron con mayor peso que los testigos (Cuadro 1), pero la proporción comestible en el sentido transversal fue menor (0,72-0,76 vs. 0,89); en cambio, cuando el AG₃ se asperjó 15 DAA los frutos resultaron iguales al testigo, aunque con mayor proporción de semillas falsas. Ya se había hecho notar anteriormente (Díaz y

Gil, 1978) que las tunas producidas por polinización y fecundación libre, por déficit en el número de semillas, crecían más con aplicaciones después de la cuaja de AG_3 ; ahora se establece que ese efecto aditivo puede ser causado antes.

Efecto del fenoprop en el crecimiento de frutos

El Cuadro 2 resume los resultados obtenidos con el fenoprop asperjado a flores en desarrollo antes de la antesis.

Flores emasculadas: Las aspersiones de preantesis con fenoprop más las postflora-

les con AG_3 produjeron cuaja y crecimiento de frutos partenocárpicos de tuna. La época de 15 DAA resultó más apropiada, con dosis entre 50 y 500 ppm, para producir frutos de peso y proporción comestible similar al testigo. Esta respuesta a la fecha de aplicación también ocurrió con el AG_3 (Cuadro 1), lo que indica que los tejidos florales de tuna deben llegar a un cierto estado de desarrollo para reaccionar a las hormonas, estado alcanzado unos 15 DAA, cuando los óvulos están completamente diferenciados (Rivera *et al.*, 1978). La misma situación ha sido descrita por Zuluaga *et al.* (1971) en vid, quienes indican, además, que si los ovarios u óvulos no están maduros no existe polaridad en el transporte de hormonas.

CUADRO 2

EFFECTO DEL FENOPROP ASPERJADO A FLORES ANTES DE LA ANTESIS EN EL DESARROLLO DE FRUTOS DE TUNA

Effect of fenoprop sprayed to flowers before anthesis on fruit development of the prickly pear

Tratamiento*	fenoprop	Peso del fruto		Proporción comestible		Semillas***			
		Fruit weight		Edible proportion		Seeds			
Epoca** (DAA)	Dosis (ppm)	(g)		Longitud	Diámetro	Chicas (%)	Vanas (%)		
Testigo intacto	---	115.5	bcd	0.73	ab	0.89	a	47.2	64.0
<i>Flores emasculadas</i>									
36	50	55.3	e	0.56	d	0.55	de	---	---
	100	92.5	d	0.55	d	0.49	e	82.3	100.0
	500	62.4	e	0.63	bcd	0.66	c	100.0	100.0
15	50	109.2	cd	0.66	abc	0.64	cd	77.1	100.0
	100	113.3	bcd	0.66	abc	0.65	c	80.2	100.0
	500	98.6	d	0.59	cd	0.68	c	72.8	100.0
<i>Flores intactas</i>									
36	50	163.2	a	0.74	a	0.82	ab	44.8	54.7
	100	157.0	a	0.75	a	0.78	b	74.6	77.9
	500	141.0	ab	0.74	a	0.81	ab	60.8	84.9
15	50	142.8	ab	0.68	abc	0.80	ab	51.8	54.7
	100	137.6	abc	0.65	abcd	0.82	ab	53.2	58.3
	500	123.0	bcd	0.72	ab	0.81	ab	52.2	60.1

*Todos los frutos recibieron AG_3 a los 5 y 43 días después de la antesis. All fruits were sprayed with AG_3 at 5 and 43 days after anthesis.

**DAA - días antes de la antesis - days before anthesis

***Sin análisis estadístico - Without statistical analysis.

El estímulo auxínico antes de la antesis parece insuficiente para reemplazar a la semilla en su función; en efecto, en algunas pruebas adicionales realizadas se observó que los frutos partenocárpicos cuajados después de la aspersión con fenoprop permanecían con escaso desarrollo si no se aplicaba AG_3 . El fenoprop causó fitotoxicidad en dosis de 500 ppm y en pruebas aisladas al 1% en lanolina se constató un efecto inhibitor sobre el crecimiento del fruto, con muerte de ovario y endocarpio y la cáscara adquirió una coloración amarillenta y textura blanda prematuramente. Este tipo de efecto es bastante típico de auxinas como el fenoprop (Gil, Griggs y Martin, 1972) o el 2, 4, 5-T (Marlangeon, 1967).

A pesar de que la emasculación evitó la formación de embrión, los frutos contenían falsas semillas (Cuadro 2), algunas de las cuales, aproximadamente un 20% eran grandes debido al crecimiento de algunos óvulos no fecundados.

Flores intactas: Al igual que en el caso del AG_3 , el fenoprop aplicado 36 DAA estimuló el crecimiento de frutos que resultaron con semilla por la libre polinización, los cuales resultaron de mayor peso que los testigos, con similar proporción comestible. Sin embargo, no causó un efecto claro o importante en las semillas mismas, tan sólo en dosis altas de 100 y 500 ppm pareció aumentar la proporción de falsas semillas. En este sentido resultó menos eficaz que el AG_3 para inhibir el desarrollo de óvulos o para evitar fecundación o inducir aborto.

Efecto del AG_3 y del fenoprop en la madurez de frutos

Ningún tratamiento con AG_3 alteró el color verde-amarillento normal a la fecha de cosecha, ni el contenido de sólidos solubles del fruto de alrededor de 14%, tanto en frutos semillados como en partenocárpicos, lo que ya había sido establecida por Díaz y Gil (1978) para las aspersiones hechas con anticipación a la iniciación del proceso de madurez.

El fenoprop, en cambio, afectó ambos índices de madurez (Cuadro 3). En cuanto al color se refiere, solamente en dosis de 100 y 500 ppm y aplicado 15 DAA adelantó la aparición de color de madurez en frutos 100% partenocárpicos, provenientes de flores emasculadas. Por otra parte, se notó una tendencia al aumento de sólidos solubles, lo que fue significativo en frutos semillados cuando el fenoprop se aplicó en dosis de 100 y 500 ppm mucho antes de la antesis (36 días). El efecto estimulante de la evolución de estos índices coincide con la apreciación general de que las auxinas promueven maduración (Mitchell y Marth, 1944; Dewey y Uota, 1953; Biale, 1960).

CONCLUSIONES

Es posible substituir el rol de las semillas y producir frutos de tuna partenocárpicos normales en tamaño y proporción comestible mediante una aspersión con 100 ó 500 ppm de AG_3 o de 50 a 500 ppm de fenoprop 15 días antes de la antesis a flores inmaduras emasculadas, y dos aspersiones después de la antesis con AG_3 .

Cuando las flores se polinizan libremente, el AG_3 asperjado antes de la antesis sobre flores intactas, pero no el fenoprop, reduce el número de semillas del fruto y aumenta el de falsas semillas chicas. En estas condiciones, tanto el AG_3 como el fenoprop asperjados 36 DAA provocan un crecimiento de frutos semillados mayor que el normal.

La aspersión con fenoprop 15 DAA apresura la aparición de color y madurez en frutos partenocárpicos y la efectuada 36 DAA la acumulación de sólidos solubles en frutos semillados. Las dosis de 500 ppm de fenoprop causa síntomas de fitotoxicidad.

RESUMEN

En un tunal de Colina, Area Metropolitana, se estudió el efecto de aplicaciones antes de la antesis, 36 y 15 días (DAA), de ácido giberélico (AG_3) en dosis de 100 y 500 ppm y de ácido 2, 4, 5-triclorofenoxipropiónico

CUADRO 3

EFECTO DEL FENOPROP ASPERJADO A FLORES DE TUNA ANTES DE LA ANTESIS EN LA MADUREZ DE FRUTO A LA COSECHA.

Effect of fenoprop sprayed to prickly pear flowers before anthesis on fruit maturity at harvest.

Tratamiento fenoprop*		Color cáscara**		Sólidos solubles
Flores (condición)	Epoca** DAA	Dosis (ppm)	(1-4)	(%)
Testigo intacto, polinizado			2.14 cd	14.5 b
Emasculadas	36	50	2.05 d	11.8 d
		100	1.82 d	14.2 bc
		500	1.89 d	14.4 b
	15	50	2.63 abc	15.3 ab
		100	2.90 a	15.6 ab
		500	2.71 ab	14.8 b
Intactas	36	50	2.32 bcd	15.1 ab
		100	2.00 d	17.3 a
		500	1.89 d	16.5 a
	15	50	2.32 bcd	15.0 ab
		100	2.03 d	14.5 b
		500	1.89 d	16.3 ab

*Todos los frutos recibieron AG₃ 5 y 43 días después de la antesis. All fruits were sprayed with AG₃ 5 and 43 days after anthesis.

**DAA = días antes de la antesis - days before anthesis.

***Color: 1 = verde, 2 = verde amarillento, 3 = amarillo, 4 = anaranjado. Colour: 1 = green, 2 = yellowish green, 3 = yellow, 4 = orange.

(fenoprop) en dosis de 50, 100, y 500 ppm en la cuaja de flores emasculadas e intactas y en el crecimiento de los frutos. Todos los frutos fueron asperjados adicionalmente con AG₃ en dosis de 500 y 250 ppm a los cinco y 43 días después de la antesis respectivamente.

Se logró substituir el rol de las semillas y producir frutos de tuna partenocárpico normales en tamaño y proporción comestible mediante la aspersión de AG₃ o de fenoprop 15 DAA a flores inmaduras emasculadas.

El AG₃, pero no el fenoprop, asperjado

antes de la antesis a flores inmaduras e intactas, dejadas polinizarse libremente, incrementó la proporción de falsas semillas chicas en los frutos. Tanto el AG₃ como el fenoprop asperjados 36 DAA produjeron un crecimiento de frutos semillados mayor que el normal.

El fenoprop asperjado 15 DAA apresuro la aparición del color de madurez en frutos partenocárpico y asperjado 36 DAA estimuló la acumulación de sólidos solubles en frutos semillados. En dosis de 500 ppm el fenoprop produjo síntomas de fitotoxicidad.

LITERATURA CITADA

- BLAIR, J.B. 1960. Respiration of fruits. Handbuch der Pflanzenphysiologie 12 (Part II): 536-592. Springer, Heidelberg (Alemania).
- CRANE, J.C. 1964. Growth substances in fruit setting and development. Ann. Rev. Pl. Physiol. 15:303-326.
- _____ y R. BLONDEAU. 1951. Hormone-induced parthenocarpy in the Calimyrna fig and a comparison of parthenocarpic and caprifigged syconia. Pl. Physiol. 26: 136-145.
- DEWEY, D.H. y M. UOTA. 1953. Post harvest applications of chemicals for ripening canery Bartlett pears. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61: 246-250.
- DIAZ, F. y G. GIL. 1978. Efectividad de diversas dosis y métodos de aplicación del ácido giberélico en la inducción de partenocarpia y en el crecimiento del fruto de tuna. Cien. Inv. Agr. 5(3): 109-117.
- EDGERTON, L.J., y M.B. HOFFMAN. 1951. The effectiveness of several growth regulating chemicals in delaying the harvest drop of the McIntosh apple. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 57: 120-124.
- GIL, G.F. 1974. Fitormoni nell'allegazione e nella crescita dei frutti. Riv. Ortoflorofrutic. Ital. (1):1-18.
- _____, W.H. GRIGGS, and G.C. MARTIN. 1972. Gibberellin induced parthenocarpy in "Winter Nelis" pear. HortScience 7(6): 559-561.
- _____, M. MORALES, y A. MOMBORG. 1977. Cuaja y desarrollo del fruto de tuna (*Opuntia ficus indica*, Mill.) y su relación con polinización y con los ácidos giberélico y cloroetilfosfónico. Cien. Inv. Agr. 4(3): 163-169.
- _____ y C. VITAGLIANO. 1972. L'azione dell'acido 2, 4, 5 triclороfenossipropiónico e dell'ethephon sull'acrescimento del frutto di albicocco. Riv. Ortoflorofrutic. Ital. 5-6: 780-786.
- MARLANGHEON, C.R. 1967. Efecto de los ácidos giberélico y 2, 4, 5-triclorofenoxiacético sobre el crecimiento y maduración de frutos de durazneros Real Jorge afectados por una helada. II Reunión Latinoamer. Fisiol. Veg. Univ. Nac. Cuyo, Mendoza, Argentina, P. 52.
- RIVERA, O., G. GIL, G. MONTENEGRO, y G. AVILA. 1978. Etapas de diferenciación en yemas de *Opuntia ficus indica*. XXVI Congreso de la Soc. Amer. Hort. Región Tropical y XXVIII Congreso de la Soc. Agronómica de Chile. Santiago, Chile 31 julio-4 agosto de 1978.
- ZULUAGA, P., E. ZULUAGA, y F. DE LA IGLESIA. 1968. Induction of stimulative parthenocarpy in *Vitis vinifera* L. Vitis 7: 97-105.
- _____, _____, y _____. 1971. Regulation of parthenocarpy in berries of *Vitis vinifera* L. Phyton 28(2): 137-144.

FORMACION DE RAICES EN ENTRENUDOS DE HIGUERA (*FICUS CARICA* L. CV. ADRIATIC) CULTIVADOS *IN VITRO*^{1,2}

ROOT FORMATION IN FIG INTERNODES (*FICUS CARICA* L. CV. ADRIATIC) CULTURED
IN VITRO.

MIGUEL JORDAN y LILIANA ITURRIAGA³

SUMMARY

Callus and root formation in stem internode sections of Ficus carica cv. Adriatic cultured in vitro was induced in presence of naphthalenacetic acid in concentrations ranging from 0.1 to 1.0 mg/l. In short term cultures, exogenous kinetin is not required for sustaining growth or rhizogenesis.

INTRODUCCION

Skoog y Miller (1957) demostraron que las respuestas morfogénicas en tejidos de tabaco cultivados *in vitro* eran dependientes de la acción conjugada de auxinas y citoquininas, y que la neoformación de brotes y/o raíces era determinada por el balance entre ambas fitohormonas. La organogénesis es un proceso que involucra secuencias de desdiferenciación y rediferenciación celular sujetas a la potencialidad de la especie; por lo tanto, material de fácil capacidad regenerativa *in vivo* puede representar un sistema experimental adecuado *in vitro*.

Entre las plantas de tipo leñoso, *Ficus carica* es una especie de gran poder regenerativo natural (Condit, 1947; Hartmann y Kester, 1975). La utilización de secciones de entrenudos de esta especie, como un sistema simplificado, permitiría excluir parcialmente algunos mecanismos de regulación interna, como son nutrición, diferenciación, etc., controlados por la planta. El objetivo de este trabajo fue conocer preli-

minarmente posibles respuestas morfogénicas y potencialidades de estos conjuntos celulares ante distintos niveles de fitohormonas *in vitro* en la perspectiva de utilizar la vía micropropagación vegetativa en la regeneración de material seleccionado.

MATERIAL Y METODOS

Para el cultivo *in vitro* se utilizaron secciones de los 2 entrenudos más cercanos a la yema apical de *Ficus carica* en activo crecimiento (noviembre). Los trozos de aproximadamente 3 mm de grosor, 7 mm de diámetro y 44 mg de peso fresco promedio, se desinfectaron en hipoclorito de Na al 2% durante 5 minutos y se colocaron asépticamente en tubos de cultivo de 130 x 25 mm con 15 ml de solución nutritiva según Jordán *et al.* (1978) previa esterilización en autoclave a 121°C durante 20 minutos.

Cada sección fue colocada sobre un puente de papel Whatman N° 1 en contacto con el medio nutritivo. Los tubos fueron sellados con papel de aluminio y mantenidos en la

¹ Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Chile con el N° 224/80. Fecha de recepción: 4 de enero de 1980.

² Laboratorio de Botánica, Departamento de Biología Ambiental y de Poblaciones del Instituto de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago de Chile.

³ Trabajo financiado por el proyecto FIUC 2/79.

oscuridad durante 60 días en una cabina climatizada a temperatura constante de 25°C.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 1 muestra las concentraciones de fitohormonas utilizadas, el aumento de la masa celular no organizada (callo) expresada en peso fresco, el número total de raíces formadas en cada tratamiento y el promedio de longitud en milímetros alcanzados por ellas.

La formación de callo se observó inicialmente en los tratamientos N° 1, 2 y 4 al cabo de 13 días de cultivo, y las primeras diferenciaciones radiculares se observaron a los 21 días en el tratamiento N° 1. Las raíces emergieron directamente desde la corteza del entrenudo, a veces irrumpiendo a través del callo pero sin ser originados por éste (Fig. 1a-b).

Los resultados muestran que se produce una estimulación en la formación de callo y de raíces frente a un incremento en la concen-

tración de ácido naftalenacético (ANA) en combinación con 6-furfuril-aminopurina (cinetina). La presencia de ANA es esencial para el inicio de ambos procesos *in vitro* pero los tratamientos sin cinetina permiten igualmente el crecimiento de masas celulares y la rizogénesis. El escaso número de raíces formadas en algunos tratamientos sin cinetina no permiten establecer comparaciones significativas de longitud. El incremento de peso mediante proliferación de callo y la inducción de raíces en los tratamientos en que el ANA fue incorporado como única fitohormona, indicaría la posible presencia de citocininas endógenas o niveles adecuados de compuestos de acción semejante en el material utilizado. Diferenciación conducente a la neoformación de brotes no se observó.

RESUMEN

La formación de tejidos no organizados (callos) y raíces en secciones de internudo

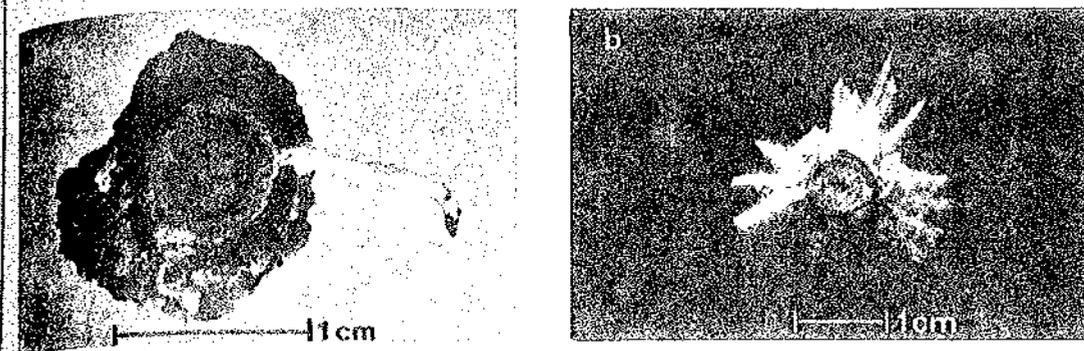


FIGURA 1 a-b

FORMACION DE "CALLO" Y RAICES EN SECCIONES DE INTERNUDOS DE HIGUERA DESPUES DE 26 (a) Y 40 (b) DIAS DE CULTIVO

Callus and root formation in fig internodes after 26 (a) and 40 (b) days in culture

de higuera (*Ficus carica* L. cv. Adriatic) cultivados *in vitro* puede ser inducida en presencia de ácido naftalenacético, en concentraciones de 0,1-1,0 mg/l. En cortos

periodos de cultivo, cinetina exógena no es requerida para mantener el crecimiento de los entrenudos o para iniciar la rizogénesis.

TABLA 1

FORMACION DE CALLO Y DE RAICES EN SECCIONES DE ENTRENUDOS DE HIGUERA (CV. ADRIATIC) DESPUES DE 2 MESES DE CULTIVO EN OSCURIDAD

Callus and root formation in fig (cv. Adriatic) internode sections after 2 months culture in the dark

Treatment N°	Acido naftalenacético (ANA) (mg/l)	6-furfurilaminopurina (cinetina) (mg/l)	Callo* (Peso fresco) (mg)	N° Raices por tratamiento	Longitud raíces \bar{X} (mm)
Treatment Nr.	Naphtalenacetic acid (ANA) (mg/l)	6-furfurylamino-purine (kinetin) (mg/l)	Callus** (fresh wg.) (mg)	Nr. roots/treatment	Root Length \bar{X} (mm)
1	1.0	0.1	2017 a	15	12.42 a
2	0.5	0.1	1607 a	9	17.88 a
3	0.1	0.1	935 b	1	3.00
4	1.0	0.0	1553 a	4	43.60 b
5	0.5	0.0	1050 b	1	23.00
6	0.1	0.0	1023 b	2	23.50
7	0.0	0.5	108 c	0	0.0
8	0.0	0.1	250 c	0	0.0
9	0.0	0.0	106 c	0	0.0

*Promedio de 5 repeticiones/tratamiento. Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al 5% de 5%.

**Average from 5 replicates. Averages followed by the same letter are not significant different at the 5% level.

LITERATURA CITADA

CONDIT, I.J. 1947. The fig. Chronica Bot. Company, Mass. USA. 222 p.

HARTMANN, H.T. and D.E. KESTER. 1975. Plant Propagation. Prentice-Hall, New Jersey, USA. 662 p.

JORDÁN, M., APABLAZA, G. y P. LIPPI. 1978. Obtención de plantas de papa libres de virus X c

Y por cultivo de ápices caulinares *in vitro* y detección serológica por la prueba ELISA. Ciencia e Inv. Agr. 5(4) 207-211

SKOOG, P. and C.O. MILLER. 1957. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissues cultured *in vitro*. Symp. Soc. Exp. Biol. 11, 118-131.

Se comunica a usted que a partir del Volumen 7 (1980), se editarán 3 números de la revista "Ciencia e Investigación Agraria" en los meses de Abril, Agosto y Diciembre de cada año. Se agrega que el costo por suscripción anual, es de 600 pesos chilenos, o 15 dólares para el extranjero, con un descuento de un 10% para las Agencias de Suscripción.

COMITÉ EDITOR

NORMAS PARA LA PUBLICACION DE ARTICULOS

- La Revista aparecerá en tres números anuales que formarán un volumen. Cada número tendrá las siguientes secciones:
1. Serán trabajos originales que, usando el sistema lógico, adopten las normas establecidas por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA). Estas investigaciones serán agrupadas por materias específicas: Desarrollo Rural, Economía Agraria, Fitotecnia, Frutales y Vitis, Suelos Zootecnia, Misceláneos.
 2. *Artículos Científicos:* Aquellos artículos basados en trabajos de investigación en que se ha aplicado en forma rigurosa el Método Científico y se ha estudiado el efecto que tienen diferentes tratamientos sobre la respuesta medible de un sistema, como metodología para comprobar o rechazar una hipótesis claramente establecida como objetivo del trabajo.
 3. *Artículos de Investigación:* Aquellos artículos basados en trabajos de investigación en que se ha recopilado información existente, se le ha ordenado y sacado conclusiones en base al aporte del autor, pero no se ha establecido en forma cuantitativa el efecto que pudiera tener diversas alternativas o tratamientos sobre la respuesta del sistema representado por el conjunto de la información recopilada.
 4. *Ensayo:* Aquellos artículos basados en una recopilación de artículos científicos o de investigación existentes, en que el autor ha aportado su opinión personal respecto del tema tratado y ha establecido conclusiones respecto del estado actual del conocimiento del tema, existente en el mundo a la fecha de escribir el artículo.
 5. *Notas de Investigación:* Aquellos artículos basados en aspectos de trabajos experimentales o investigaciones de cualquier tipo, que presenten un aspecto metodológico novedoso, o un resultado que el autor decida publicar antes que finalice totalmente la investigación, por considerarlo importante o relevante.

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 publicación 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; 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 celsius. 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, cuadros, gráficos, etc., deben ser dibujados en cartulina con tinta china negra (no se aceptará escritura a máquina sobre este material).

NORMAS A APLICARSE EN CADA SECCION DEL MANUSCRITO

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 del apellido en mayúsculas. Los nombres de los autores separados por coma.

Introducción: No debe exceder de 200 palabras. 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. Las correspondientes a los cuadros serán identificadas con letras en forma individual para cada uno. Significancia de estadísticas se indica usualmente con asteriscos.

Título de Texto: Habrá tres tipos de títulos de texto. Sólo la primera letra de cada sustantivo será en mayúscula.

1. Título principal: aparecerá al centro de la página.
2. Primer subtítulo: aparece al margen izquierdo de la página en letra bastarda (se señala subrayando en el manuscrito), al principio del párrafo en líneas aparte.
3. Segundo subtítulo: aparece en el margen izquierdo en letra bastarda al principio del párrafo y separado por punto del resto del párrafo. Usar el tipo 3 preferencialmente.

Citas en Literatura: Como normas generales se usarán las indicadas por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (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 Archibald 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 (Archibald McClintock, 1949 a b; Best *et al.* (1951), que...

Literatura citada: La literatura no publicada no se incluye en la lista de la literatura citada. Se coloca en el texto como comunicación personal o datos no publicados. 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. En caso de libros, comienzan con mayúsculas todos los sustantivos o adjetivos sustantivados. También se anota la edición, la editorial y la ciudad de publicación. La abreviación de una revista citada no es seguida de coma.

Material gráfico: Debe emplearse siempre que lo explicado no pueda expresarse fácilmente en el texto. El gráfico debe reemplazar al texto y no duplicarlo. Cuando se utilizan gráficos, cuadros, etc., deben ser claros, simples, concisos: Se debe seleccionar el mínimo de datos necesarios para mostrar los puntos que se desea enfatizar y así pueda ser analizado con facilidad. Los títulos principales irán en mayúsculas, no seguidos de punto y con su traducción al inglés. Esto deberá subrayarse. Cada columna tendrá su encabezamiento, e irá también traducido al inglés. Sólo la primera letra de estos títulos irá con mayúscula. Los asteriscos se usan solamente para indicar significancia y deben ir acompañados de notas al pie de la página. Para marcar otras notas al pie del cuadro deben usarse letras minúsculas elevadas. Evitese el uso de líneas verticales y de signos especiales. Las desviaciones estándares de promedio (errores estándares) se pueden agregar a los valores con un signo más o menos, pero para ello es conveniente usar una columna o líneas separadas. Las desviaciones estándares (de observaciones) no deben agregarse a los valores, pero deben aparecer en una columna o línea separada. Las técnicas estadísticas para hacer test de significancia entre varios valores se indican en Snedecor (1965), p. 251 y sig., y Steel y Torrie (1960), p. 106 y sig.

Figuras: Mapas y figuras íntegramente dibujados con tinta china. Los originales no deberán ser más grandes que 21.5 x 27.5 cm, debiendo enviarse dos ejemplares de cada uno. Las fotografías deben tener buenos contrastes. Los mosaicos fotográficos deben presentarse montados sobre una hoja de papel, totalmente terminados, con leyendas y numeración. Deben entregarse en hojas separadas marcadas con: Figura y su respectiva traducción al inglés, subrayada.

Material de estadísticas: Las tablas deben ser usadas cuando los lectores necesitan números exactos o cuando el material no puede ser graficado. Los datos deben ser resumidos y analizados con métodos estadísticos que usen eficientemente la información de que se dispone.

Otros: Usar sólo sistema métrico decimal. No usar mayúsculas en las palabras, cuadro o figura dentro del texto. Use números arábigos. Las abreviaciones siempre en singular. Agradecimientos deben aparecer en la primera página como nota al pie del autor. Por cada número se consideran 10 separatas (apartados) en forma gratuita. Cada separata adicional deberá pagarse de acuerdo a los costos del momento.