

SIMIENTE

VOLUMEN 68, N° 1-4 ENERO-DICIEMBRE 1998



SOCIEDAD AGRONÓMICA DE CHILE

SIMIENTE

Órgano Oficial de Difusión Científica de la Sociedad Agronómica de Chile.
Fundada el 1º de Octubre de 1942.

SIMIENTE es publicada trimestralmente por la Sociedad Agronómica de Chile (SACH). Los trabajos para publicación, las solicitudes de suscripciones, la publicidad y los cambios de dirección deben enviarse al Director-Editor a Mac Iver 120, oficina 36, Casilla 4109, Santiago, Chile, Teléfonofax (56-2) 638 4881.

La preparación de los artículos deben ceñirse a las "Normas de Publicación" que aparecen en las páginas ij y iii.

La revista la reciben gratuitamente los socios activos de la SACH. Las suscripciones tienen un valor de: Suscripción Regular Anual \$ 9.000, Número Individual \$ 3.500. Suscripción Anual para Estudiantes de Agronomía: \$ 7.500, Número Individual \$ 2.500. Suscripción Anual para el Extranjero (por correo aéreo certificado): US\$ 40, Número Individual US\$ 15.

Referencia bibliográfica **SIMIENTE**.

Se autoriza la reproducción total o parcial del material que aparece en **SIMIENTE**, siempre que se cite debidamente la fuente y los autores correspondientes.

La SACH no se responsabiliza por las declaraciones y opiniones publicadas en **SIMIENTE**; ellas representan los puntos de vistas de los autores de los artículos y no necesariamente los de la Sociedad. La mención de productos o marcas comerciales no implica su recomendación preferente por parte de la SACH.

Producido por Ideograma, José Arrieta 85, Providencia, Santiago, Teléfono: (56-2) 665 1603 - 665 1604. Fax: 665 0389. E-mail: idegra@entelchile.net

Impreso por Editorial LOGOS, San Francisco 620 Of. 22, Santiago, Teléfonofax (56-2) 639 4742.

SOCIEDAD AGRONÓMICA DE CHILE

Fundada el 28 de agosto de 1910

Directiva

Consejo Directivo 1997-1998

Presidente	Claudio Wernli K., Ing. Agr., PhD.
1º Vicepresidente	Elena Dagnino D., Ing. Agr.
2º Vicepresidente	Horst Berger S., Ing. Agr.
Secretario	Alberto Cubillos P., Ing. Agr., PhD.
Prosecretario	Sergio González E., Ing. Agr.
Tesorera	Silvia Gálvez A., Ing. Agr.

Consejeros

Rina Acuña P., Ing. Agr.
Agustín Aljaro U., Ing. Agr. MS.
Pedro Baherle V., Ing. Agr.
Rolando Chateauneuf D., Ing. Agr.
Eleodoro Fuentes P., Ing. Agr.
Cristián Krarup, Ing. Agr.
Luis Luchsinger L., Ing. Agr., PhD.

Consejeros Honorarios

Mario Astorga C., Ing. Agr.

Carlos Muñoz S., Ing. Agr., PhD.
Héctor Núñez P., Ing. Agr.
Adriana Pinto A., Ing. Agr.
Philippo Pszczozolsowski, Ing. Agr.
Gabino Reginato M., Ing. Agr., MS.
Julio Retamales P., Ing. Agr., PhD.
Jorge Valenzuela B., Ing. Agr., PhD.

Gustavo Saravia I., Ing. Agr.

SIMIENTE

Representante Legal

Claudio Wernli K.,
Presidente SACH

Editor Honorario

Gustavo Saravia I., Ing. Agr.

Director-Editor

Carlos Muñoz S., Ing. Agr., PhD.

Sub-Director

Héctor Núñez P., Ing. Agr.

Editores Asociados

Riego, Drenaje y Ciencias del Suelo
Edmundo Acevedo H., Ing. Agr.,
PhD.

Post Cosecha y Agroindustria
Horst Berger S., Ing. Agr.

Economía Agraria y Desarrollo Rural
Rolando Chateauneuf D., Ing. Agr.

Entomología y Nematología
Roberto González R., Ing. Agr., MS.,
PhD.

Control de Malezas
Marcelo Kogan A., Ing. Agr., MS.,
PhD.

Fitopatología
Bernardo Latorre, Ing. Agr., MS.,
PhD.

Fitomejoramiento y Cultivos
René Cortazar, Ing. Agr., MS., PhD.

Hortalizas y Ornamentales
Aage Krarup H., Ing. Agr.

Fruticultura
Jorge Valenzuela B., Ing. Agr., PhD.

Producción Animal y Praderas
Claudio Wernli K., Ing. Agr., PhD.

Gerente de Edición

Erika Salazar S.,
Ing. Agr.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

SIMIENTE es el órgano oficial de difusión científica de la Sociedad Agronómica de Chile, en el que se dan a conocer resultados de investigaciones científicas de amplio espectro de la producción agropecuaria, con el objeto de mantener una constante y actualizada información sobre el desarrollo científico-tecnológico del sector.

Los artículos para publicación en **SIMIENTE** deben ser originales, es decir, no pueden haber sido publicados previa o simultáneamente en otra revista científica o técnica.

En **SIMIENTE** se recibirán trabajos para publicaciones en las siguientes secciones :

Trabajos de Investigación : los trabajos de investigación deberán incluir los siguientes capítulos: i) Resumen, el cual debe contener una condensación informativa de los objetivos, métodos, resultados y conclusiones principales; ii) Abstract. Traducción del Resumen al idioma inglés; iii) Palabras Claves, 5 como máximo, no usadas en el título, que sirven como índices identificatorios. Pueden incluirse nombres comunes y científicos de especies, sustancias, tecnologías, etc.; iv) Introducción, revisión bibliográfica concisa donde se indicarán claramente los motivos de la investigación, el objetivo e hipótesis de la investigación y su relación con otros trabajos relevantes (propios o de otros autores), v) Materiales y Métodos : Descripción concisa de materiales y métodos en el desarrollo de la investigación ; si las técnicas o procedimientos utilizados han sido publicados anteriormente, mencionar sólo su fuente bibliográfica e incluir detalles que representan modificaciones sustanciales del procedimiento original. vi) Resultados. Los resultados se presentarán en lo posible en tablas y/o figuras, que deberán ser respaldadas , cuando corresponda, por análisis estadístico , evitando la repetición y seleccionando la forma que en cada caso resulte adecuada para la mejor interpretación de los resultados; vii) Discusión. Debe ser breve y restringirse a los aspectos significativos del trabajo. En caso que, a juicio de los autores, la naturaleza de los trabajos lo permita, los Resultados y la Discusión pueden presentarse en conjunto , bajo el título general de " Resultados y Discusión "; y viii) Literatura Citada. Listado alfabético de las referencias bibliográficas utilizadas (ver ejemplos en Normas de Estilo).

Notas Técnicas: la estructura del trabajo no está sujeta a lo establecido para los trabajos de investigación , por tratarse de notas cortas sobre avances de investigaciones, determinación de especies, descripción de métodos de investigación, etc. Sin embargo, deben incluir un Resumen, un Abstract y la Literatura Citada.

Revisiones Bibliográficas: trabajos de investigación bibliográfica en la especialidad del autor y de estructura libre. Deben incluir Resumen y Literatura Citada.

Puntos de Vista: Comprende artículos cortos de material de actualidad, revisiones de libros de reciente publicación, asistencia a congresos, reuniones científicas e índice de revistas. Deben incluir Literatura Citada.

Además, **SIMIENTE** publicará los trabajos que se presenten en los simposios o como trabajos libres de los Congresos de la SACH u otras agrupaciones asociadas a la misma. Los **Simposios**, trabajos de estructura libre, deben contener Resumen, Abstract y Literatura Citada; y los **Resúmenes** deben contener una condensación informativa de los métodos, resultados y conclusiones principales señalando, cuando corresponda, la fuente de financiamiento.

NORMAS PARA LA ELABORACIÓN DE LOS TRABAJOS

Los trabajos propuestos para publicación deben ser enviados en cuatro copias, mecanografiados a espacio y medio, en papel tamaño carta, al Director-Editor de Revista **SIMIENTE**, Mac Iver 120, Oficina 36 o la Casilla 4109, Santiago, Chile.

Una vez aceptado el trabajo, el (los) autor (es) deberán incorporar las sugerencias de los revisores y remitir en un diskette 3 1/2, el trabajo final mecanografiado computacionalmente con los procesadores de texto WordPerfect o Word a 1 1/2 espacio sin sangrías. Las tablas y gráficos deben enviarse en archivos separados, señalándose en el texto su ubicación. Las fotos, en blanco y negro, deben enviarse por separado adecuadamente identificadas, en papel brillante y en aplicación de 12 x 18 cm.

NORMAS DE ESTILO

Título (español e inglés). Descripción concisa y única del contenido del artículo. El Título contendrá el superíndice (1) de llamada de pie de página para indicar agradecimiento y /o fuente de financiamiento.

Autor (es), Institución (es). Se indicará nombre y apellido paterno completos e inicial del apellido materno. Con llamada de pie de página se debe indicar el o las instituciones a las que pertenecen, incluyendo la dirección postal completa.

Tablas: Deben ser mecanografiadas a un espacio. El Título de cada tabla, en español e inglés, debe identificar su contenido de tal forma que no se requieran explicaciones adicionales en el texto. Los encabezamientos de filas y columnas, con el pie de página, deben ser autoexplicativos. Use superíndices numéricos para identificar los pie de páginas de las tablas. Use letras minúsculas para indicar diferencias significativas o separaciones de medias. Indique asimismo el nivel de probabilidad.

Figuras. Identifique correlativamente todas las figuras (gráficos, dibujos y fotografías). Las leyendas deben ser claras y concisas. Las fotografías deben ser "prints" claros, brillantes y montadas sobre una cartulina. Por razones de espacio, el comité editor se reserva el derecho de incluir o no las fotografías. Los dibujos gráficos deben ser originales dibujados sobre papel blanco.

Evite duplicidad de información en el texto, tablas y figuras.

Nombres científicos y palabras latinas. Deben ser escritas utilizando el estilo cursivo de la fuente empleada.

Nombres comerciales y marcas. Estos nombres, de corta permanencia, deben ser evitados en el texto o referidos entre paréntesis o como llamada de pie de página. Use siempre el nombre técnico del ingrediente activo. Fórmula química, pureza y/o solvente. Los nombres registrados deben ser seguidos por ® la primera vez que cita en el resumen y texto.

Abreviaturas y sistema métrico. Se debe usar el Sistema Internacional de Medidas y sus abreviaciones aceptadas. En caso de utilizarse siglas poco comunes, deberán indicarse completas la primera vez que se citan, seguidas de la sigla entre paréntesis. Todas las abreviaturas y siglas se usan sin punto.

Referencias. En el texto, las referencias deberán citarse entre paréntesis (Triviño y Riveros, 1985) o Astorga (1977), según sea el caso. Si son más de dos autores, citar el primer autor y *et al.*, seguido del año, por ejemplo (Carillo *et al.*, 1994). Las referencias no publicadas o comunicaciones personales deben ser insertadas en el texto, indicando dicha condición en llamada de pie de página.

Las referencias deben ser listadas en orden alfabético en la sección Literatura Citada de acuerdo a los siguientes ejemplos:

Revista: WITHERS, L.A. 1993. *In vitro* storage and plant genetic conservation (Germplasm). Span. Prog. 26(2): 72-74.

Libro: ALLARD, R.W. 1975. Principios de la mejora genética de plantas. 2ª Ed. Omega. Barcelona, España. 325 p.

Capítulo del Libro: WATSON, I.A. 1970. The utilization of wild species in the breeding of cultivated crops resistant to plant pathogens. Págs, 441- 457. In Frankel, O.H. (ed.). Genetic resource in plants. Blackwell Scientific Publ. California. 360 p.

Tesis: MARTÍNEZ, M.F. 1978. Adaptación, rendimiento y estudio de caracteres en dos géneros de maíz. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Fac. de Cs. Agrarias y Forestales. 100 p.

Boletines: LÓPEZ, G. 1976. El garbanzo, un cultivo importante en México. Folleto de divulgación INIA 56.

Abstract: SALINAS, J. 1995. Biología de *Heliothis zea*. Simiente 66(4): 3(Abstr.).

CONTENIDO

TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

Fertilización con Cama de Broiler en Maíz para Silo: I. Efecto sobre las Propiedades del Suelo y la Concentración Foliar de Nutrientes <i>M. Adriana Carrasco R. y José D. Opazo A.</i>	1
Fertilización con Cama de Broiler en Maíz para Silo: II. Mineralización <i>in vitro</i> de Nitrógeno <i>María Teresa Varnero M., Oscar Seguel S., Carlos Bascur P. y Jorge Mira J.</i>	17
Evaluación de Diferentes Tratamientos de Raleo Químico en Manzano var. Fuji <i>Gabino Reginato M., Daniel Whiting O., y Cristina Castillo T.</i>	24
Efectos de la Fluctuación Térmica en Postcosecha sobre la Evolución de la Madurez de Frutos de Mango (<i>Mangifera indica L.</i>) cv. Piqueño <i>Víctor R. S. Muñoz, L. Antonio Lizana, Ljubiça Galleti y Luis Luchsinger</i>	35
Análisis Comparativo de los Sistemas de Deshidratación de Ciruelas y Uvas-Pasas en California y en Chile <i>Carlos Silva P. y L. Antonio Lizana M.</i>	45
Caracterización Físico-Hídrica de Dos Poliacrilamidas de Uso Agrícola <i>Juan Nissen M. y Elías Araya S.</i>	52
Efectos de la Calidad del Agua en el Desgaste de Boquillas de Abanico Plano de Distintos Materiales <i>Roberto Villa R., Edgardo Ossandón P. y Andrés Fuenzalida U.</i>	68

NOTAS TÉCNICAS

Cambios en la Educación Agrícola Superior Chilena <i>Edmundo Acevedo H. y Paola Silva C.</i>	80
---	----

15 AÑOS LIDER

División Agro

BASF

BASF Chile S.A. - Santiago: Carrascal 3851 - Fono: 640 7000 - Coquimbo: La Fragua 1291, Barrio Industrial Peñueles - Fono: 231544 - San Felipe: Diego de Almagro 1815 C - Fono: 510947
 Rancagua: Av. F. Koke 240 - Fono: 232053 - Curicó: Longitudinal Sur, Km 192 - Fono: 311359
 Linares: O'Higgins 697 - Fono: 213100 - Chillán: Libertad 301 - Fono: 222698
 Temuco: Prat 712 - Of. 2 - Fono: 211853 - Osorno: Juan Mackenna 971 - Of. 8 - Fono: 236103

LINEA DE PRODUCTOS CYANAMID

ACARICIDAS CASCADE®	INSECTICIDAS AZODRIN® AZOMARK® AZTEC® BELMARK® BIRLANE® CASCADE® CITROLIV® COUNTER® FASTAC® HALMARK® NOMOLT® NUDRIN® ROXION® SUMITHION® SUNFIRE® VAPONA®
FUNGICIDAS ACROBAT® MZ BENOMILO CARAMBA® DODINE FOLPAN MANCOZEB SAPROL® VENTUGAN®	CORRECTORES FOLIARES AMAZINC BORTRAC HYDROMAG STOPIT ZINTRAC®
HERBICIDAS ARSENAL® AZOLAN® CENTURION® FORTROL® HERBADOX® LINURON MEPA ORISA® PIVOT® SIMAZINA	RODENTICIDAS STORM®
FITOHORMONAS NAA-800	ACEITES INSECTICIDAS CITROLIV® SOVASPRAY®

 **CYANAMID**

Azolán, Centurion, Sovaspray, Sumithion, Vapona y Zintrac son Marcas Registradas.

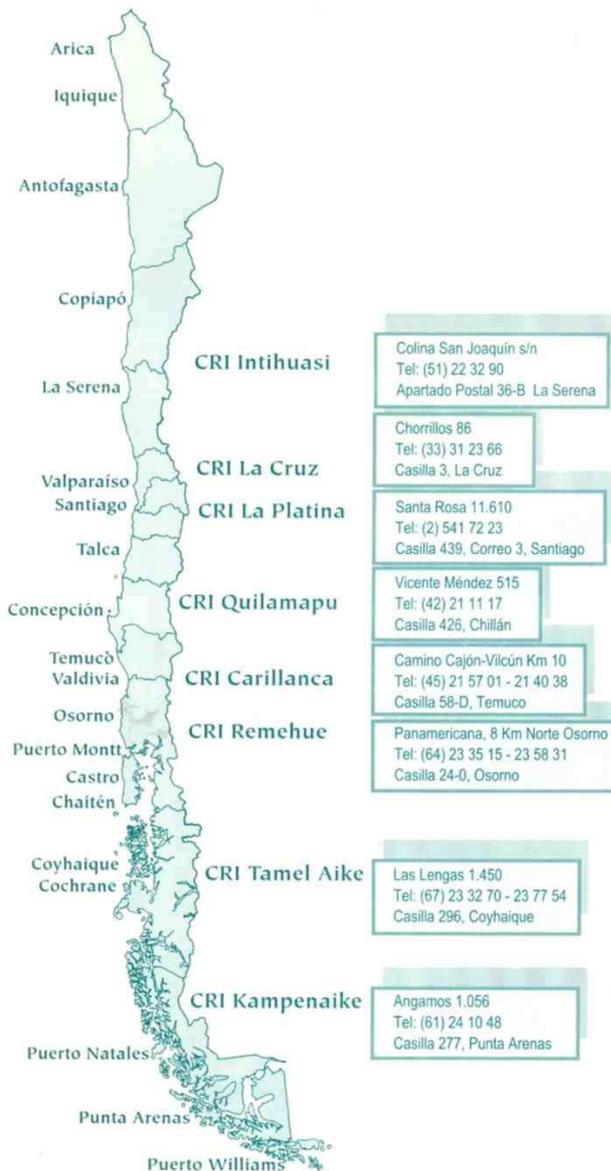
© Marca Registrada de American Cyanamid.

Puerta del Sol, 55 piso 6 Fono: 2071065 - Fax: 2071063, Santiago



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

34 años al servicio de la agricultura nacional a lo largo de todo Chile



- 270 Investigadores
- Red nacional de centros experimentales
- 45 laboratorios
- Red agrometeorológica

- Servicios de investigación y transferencia tecnológica a:
 - Empresas agrícolas
 - Asociaciones de productores
 - Agroindustrias
 - Gobiernos regionales
 - Otros servicios públicos

- Nuevas variedades de cultivos, frutales y hortalizas
- Reproductores bovinos, ovinos, caprinos y camélidos
- Bancos de germoplasma
- Control biológico de plagas y enfermedades
- Plantas libres de virus

- Publicaciones científicas y divulgativas
- Talleres, conferencias, seminarios
- Cursos de capacitación

Dirección Nacional

Fidel Oteiza 1956, piso 11 - 12, Providencia - Santiago - Chile - Código Postal 664 0585
Tel: (56 2) 225 21 18 / Fax: (56 2) 225 87 73 / Internet: www.inia.cl / e-mail: info@presidencia.inia.cl

FERTILIZACIÓN CON CAMA DE BROILER EN MAÍZ PARA SILO: I. EFECTO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE NUTRIENTES¹

Broiler Litter Fertilization in Silage Corn: I. Effect on Soil Properties and Foliar Nutrient Concentrations

M. ADRIANA CARRASCO R. Y JOSÉ D. OPAZO A.

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago

Recepción de originales: 28 de mayo de 1997.

R E S U M E N

Con el objeto de investigar los efectos de la adición de cama de broiler en las propiedades químicas y físicas del suelo, se realizó un ensayo de campo con maíz para silo, en el cual se compararon tres tipos de fertilización: química (FQ), química más cama de broiler (FQCB) y cama de broiler (FCB). Además, se incluyó un tratamiento testigo sin fertilización (T). Los efectos se evaluaron en el suelo a los 79 días desde la siembra y en las hojas de la planta al estado de floración.

Las propiedades del suelo medidas en el suelo superficial (0 a 20 cm de profundidad) y en el suelo más profundo (20 a 40 cm), a tiempo 0 y 79 días, fueron: retención de humedad a 33 kPa, granulometría, conductividad eléctrica (CE), pH en agua, pH en KCl 1 N, materia orgánica (MO), carbonato de calcio y macronutrientes disponibles y totales (N, P y K). La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se midió a los 79 días y los

A B S T R A C T

A field experiment was carried out to study the effect of silage corn fertilization on some physical and chemical soil properties and foliar nutrient concentrations. Three types of fertilization were compared: chemical (CF), chemical and broiler litter (CBLF) and broiler litter (BLF). A treatment without fertilization (WF) was also considered. The effects on soil were evaluated 79 days after sowing and in the plant leaves during flowering.

The soil properties measured on the surface soil (0 to 20 cm depth) and in the deeper soil (20 to 40 cm depth) at 0 and 79 days were: water retention at 33 kPa, granulometry, electrical conductivity (EC), pH in water, pH in 1 N KCl, organic matter (OM), calcium carbonate and available and total macronutrients (N, P, and K). Cation exchange capacity (CEC) was measured at 79 days. Available micronutrients (Fe, Cu, Zn, and Mn) were measured at 0 days in the WF treatment

¹Investigación financiada por Comercial y Servicios Rosario S.A.

micronutrientes disponibles se midieron a tiempo 0 en el testigo y a los 79 días en todos los tratamientos.

La aplicación de cama broiler tuvo efecto sobre CE, MO y carbonato de calcio en el suelo superficial, y sobre pH en agua, pH en KCl, CIC, Zn disponible y total en el suelo más profundo. La cama de broiler aumentó el P disponible en el suelo superficial y compensó las pérdidas de materia orgánica derivadas de la actividad biológica del suelo durante el cultivo. La disponibilidad de micronutrientes (método del DTPA) fue alta en todos los tratamientos.

La cama de broiler también tuvo efecto sobre la concentración foliar de nutrientes en el maíz para silo induciendo una mayor concentración de N y P, y una menor concentración de Zn y Mn.

PALABRAS CLAVES: Fertilizante orgánico, maíz para silo, suelo Complejo Santiago-Maipo (Mollisol), macro y micronutrientes totales y disponibles, materia orgánica, carbonato de calcio en el suelo.

and at 79 days in all treatments.

The addition of broiler litter showed effect on EC, OM and calcium carbonate on the surface soil; it also affected pH in water, pH in KCl, CEC, and available and total Zn in the deeper soil. The broiler litter increased the available P in the surface soil and compensated the lost organic matter due to the biological activity during cultivation. The availability of micronutrients (DTPA method) was high for all treatments.

The broiler litter affected foliar nutrient concentration of silage corn, producing higher N and P and lower Zn and Mn concentrations.

KEY WORDS: Organic fertilizer, silage corn, Santiago-Maipo complex soil (Mollisol), total and available macro and micronutrients, organic matter, soil calcium carbonate.

INTRODUCCIÓN

Cada día existe una mayor preocupación por el reciclaje de los residuos orgánicos provenientes de la actividad pecuaria los cuales si no son manejados adecuadamente contaminan el ambiente.

Los criaderos de broiler se encuentran en áreas localizadas y, por lo tanto, la producción de cama de broiler generalmente excede a las necesidades de nutrientes de los cultivos, tanto en el lugar de crianza como en los sitios vecinos. Por ello, la utilización de la cama de

broiler que se acumula en los sistemas de producción, constituye un problema creciente al que se están enfrentando los criaderos (Sharpley *et al.*, 1993).

La cama de broiler es una mezcla de excretas, de material usado en la cama, plumas y desechos de alimento. Su aplicación a los cultivos en cantidades adecuadas no sólo les proporciona nutrientes sino que también ayuda a resolver el problema de eliminación de

desechos (Cabrera *et al.*, 1994). La cama de broiler puede ser un valioso recurso como alternativa a la fertilización mineral con N y P para mantener o recuperar la fertilidad del suelo (Hileman, 1967; Huhnke, 1982; y Perkins *et al.*, 1964).

Ensayos hechos por Huneycut *et al.*, (1988) demuestran que las aplicaciones al suelo de cama de broiler aumentan significativamente los rendimientos de las praderas de gramíneas tales como festuca (*Festuca spp.*), pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) y festuca-trébol (*Festuca spp.* y *Trifolium spp.*).

Diversos autores (Rubeiz *et al.*, 1993; Das *et al.*, 1992; Smith *et al.*, 1993; Elgala *et al.*, 1990; Rees *et al.*, 1993) coinciden en señalar que el empleo de guanos y cama de broiler ofrece ventajas sobre la fertilización inorgánica, debido a posibles cambios en las propiedades físicas de los suelos y en los contenidos de micronutrientes, y a una mineralización gradual de los nutrientes presentes en los fertilizantes orgánicos.

Según Sharpley *et al.*, (1993), se requiere disponer de más información sobre el destino de los nutrientes aplicados al suelo con la cama de broiler, y el impacto a largo plazo de las aplicaciones sobre el suelo y los recursos de agua, a fin de desarrollar recomendaciones para su eliminación y opciones de manejo confiables.

Con el propósito de contribuir a cuantificar los efectos e investigar las causas de las respuestas de los cultivos a la fertilización con cama de broiler, se realizó un estudio comparativo de sistemas de fertilización, en condiciones de campo, en un cultivo de maíz para ensilaje.

M A T E R I A L E S Y M É T O D O S

Para responder a los objetivos de la presente investigación se realizó un ensayo de campo con maíz para ensilaje y se hicieron análisis físicos y químicos al inicio y durante su desarrollo.

Ensayo de campo

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Agronómica Antumapu de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, en un campo de 5 ha cuyo último cultivo era una pradera de alfalfa degradada. El suelo corresponde al Complejo Santiago-Maipo (Chile-CNR, 1981), de origen aluvial, con textura franca en superficie y franco arcillosa en profundidad, con presencia de gravas aisladas en el perfil. El campo se dividió en cuatro macrobloques de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 ha, respectivamente. Cada macrobloque correspondía a uno de los cuatro tratamientos. En cada macrobloque se sortearon cuatro unidades experimentales de 10 m de largo por 3 m de ancho (cuatro hileras). La preparación del suelo fue común y simultánea para todos los macrobloques. El cultivo fue maíz para silo var. Jacques 8390, atendiéndose a las características de dicha variedad y a las del clima de la Región Metropolitana para el periodo en que se realizaría el cultivo. El riego fue por surcos con una frecuencia de 10 días aplicando aproximadamente 400 m³ de agua/ha en cada riego. El riego se controló mediante observaciones con barreno para estimar la profundidad de humedecimiento. El ensayo se realizó entre noviembre de 1993 y abril de 1994.

En el estudio se evaluaron los siguientes tratamientos:

- T: testigo, sin fertilización.
- FQ: fertilización química, se aplicaron 238kg de N/ha (58 kg de N se aportaron como fosfato diamónico y 180 kg de N se aportaron como urea, en dos parcialidades, la mitad en la siembra y la otra mitad cuando las plantas tuvieron 6 a 8 hojas). Además, se aplicaron 64 kg de P/ha (147 kg P₂O₅/ha) como fosfato diamónico y 50 kg de K/ha (60 kg K₂O/ha) como sulfato de potasio, ambos productos se aplicaron en la siembra.
- FQCB: fertilización mixta, se incorporaron 8 t/ha de cama de broiler (CB) 15 días antes de la siembra y 90 kg de N/ha como urea cuando las plantas tuvieron 6 a 8 hojas.
- FCB : fertilización orgánica, se incorporaron 16 t/ha de CB 15 días antes de la siembra.

La fertilización con la CB se efectuó utilizando un carro desparramador de estiércol con estera alimentadora, marca MAQAM, cuya regulación se efectuó sobre una manga de polietileno, ajustando la velocidad del equipo y del tractor. Luego de distribuida la CB se la incorporó mediante rastraje. El manejo del ensayo está descrito en Mira *et al.* (1998).

En la Tabla 1 se indican algunas propiedades químicas de la CB, considerando por separado el guano y la viruta de madera que lo componen en proporciones similares en base a peso en el producto original. En la Tabla 2 se dan las cantidades de NPK total aplicadas al suelo.

Tabla 1.
Algunas características químicas de la cama de broiler.

Table 1.
Some chemical characteristics of the broiler litter.

Propiedad	Guano ¹	Viruta ¹
pH en agua	7,70	7,80
pH en KCl	7,40	7,55
MO, %	75,53	74,98
MO (calcinación), %	85,60	89,80
Relación C/N	6,88	17,52
Humedad, %	15,70	14,45
Nd ² , mg/kg	51	56
Pd, mg/kg	1,743	1,696
Kd, mg/kg	18,182	17,810
Nt ³ , %	6,37	4,28
Pt, %	1,32	1,63
Kt, %	3,26	3,27
Fe-DTPA, mg/kg	2,74	4,92
Cu-DTPA, mg/kg	6,74	1,00
Mn-DTPA, mg/kg	4,03	6,94
Zn-DTPA, mg/kg	7,35	10,61
Fe total, mg/kg	668	697
Cu total, mg/kg	163	221
Mn total, mg/kg	247	254
Zn total, mg/kg	344	435

¹ Guano y viruta en proporciones similares en base a peso en el producto original.

² d = disponible

³ t = total

Tabla 2.
Nitrógeno, fósforo y potasio totales aportados al suelo por los distintos tratamientos de fertilización ¹

Table 2.
Total nitrogen, phosphorus and potassium added to soil by the different fertilizer treatments.

Tratamiento	N	P	Kg/ha
Testigo (T)	0	0	0
Químico (FQ)	238	64	50
Mixto (FQCB)	453	100	222
Orgánico (FCB)	726	200	444

¹ Los aportes de la cama broiler se calcularon considerando un 15% de humedad.

Análisis foliar

A los 65 días después de la siembra, periodo entre la emisión de la flor masculina hasta la emisión de los estilos, se tomó la hoja completa correspondiente al nudo de la mazorca en 12 plantas por parcela. Las hojas se lavaron y secaron durante 48 h a 65°C y se molieron. El N se analizó por el método de Kjeldahl (Müller, 1961). Para los otros elementos el material foliar se calcinó y disolvió en ácido clorhídrico concentrado, en el caso de los macronutrientes (P, K, Ca y Mg), y en una mezcla de ácido nítrico y clorhídrico al 10%, en el caso de los micronutrientes (Zn, Cu, Mn, B, Cl y Na). Todos los análisis foliares se hicieron en el Laboratorio de Análisis Foliar, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile.

Análisis químicos y físicos de suelo

Se tomaron muestras compuestas de suelo provenientes de 15 submuestras, a dos profundidades: 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm, antes de aplicar los tratamientos y a los 79 días de la siembra del ensayo de campo, es decir a los 94 días de aplicada la cama broiler. Las muestras se secaron al aire, se pasaron por tamiz de 2 mm y se analizaron para pH en agua y en KCl 1 N, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), NPK disponible, carbonato de calcio y disponibilidad de micronutrientes, según los métodos recomendados por *et al.* (1982); capacidad de intercambio catiónico (CIC) se midió por el método de percolación de Dewis y Freitas (1970) y NPK total por el método de Lachica *et al.* (1965). Para el análisis de micronutrientes totales las muestras se

mineralizaron por digestión ácida con una mezcla de HNO₃, HClO₄ y HF (Carrasco y Préndez, 1984) y los elementos se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica.

En las muestras de suelo tomadas antes del ensayo se hicieron análisis granulométrico y de retención de humedad a 33 kPa; además, en las muestras tomadas a los 79 días de la siembra se hizo granulometría y retención de humedad sólo en el tratamiento FCB. El análisis de retención de humedad se hizo según el método del Soil Conservation Service (1982) y la granulometría se hizo por el método de Bouyoucos (1951).

Análisis estadístico

El efecto de los distintos tratamientos se determinó mediante un análisis de varianza y prueba de comparación múltiple de Duncan.

R E S U L T A D O S

El muestreo del suelo se hizo antes del ensayo y a los 79 días después de la siembra (94 días después de aplicar la cama de broiler) por ser uno de los momentos críticos en la absorción de nutrientes, coincidiendo con la etapa fenológica equivalente a mazorca formada y estado de grano acuoso.

Propiedades físicas y químicas

Los resultados promedios de los análisis de retención de humedad a 33 kPa, de granulometría y de algunas propiedades químicas se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3.
Propiedades físicas y químicas medidas al inicio y a los 79 días después de la siembra.

Table 3.
Physical and chemical properties measured at the beginning and 79 days after sowing.

Propiedad	Tiempo (0 días)				Tiempo (79 días)			
	T ¹	FQ	FQCB	FCB	T	FQ	FQCB	FCB
Ret. humedad, %	27,7 ²	23,7	27,9	28,0	n.a. ⁴	n.a.	n.a.	28,1
	26,7 ³	26,2	20,4	24,2	n.a.	n.a.	n.a.	25,3
Arcilla, %	24,6	26,7	21,8	26,5	n.a.	n.a.	n.a.	26,9
	28,0	36,6	21,3	23,9	n.a.	n.a.	n.a.	24,9
Limo, %	42,3	35,6	33,4	42,2	n.a.	n.a.	n.a.	41,5
	36,6	27,3	40,3	43,8	n.a.	n.a.	n.a.	40,0
Arena, %	33,1	37,7	44,8	31,3	n.a.	n.a.	n.a.	31,6
	35,4	36,1	38,4	32,3	n.a.	n.a.	n.a.	35,2
CE, dS/m	1,13	1,15	1,03	1,18	1,03	1,10	0,93	0,92
	0,94	0,85	0,87	1,13	0,98	1,21	1,09	0,92
pH H ₂ O	7,70	7,80	7,85	7,85	7,90	8,02	7,95	7,87
	7,90	8,00	8,00	7,88	7,83	7,98	7,95	7,93
pH KCl 1N	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	7,38	7,40	7,32	7,32
	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	7,30	7,38	7,29	7,40
MO, %	3,16	2,59	2,53	2,30	2,47	2,13	2,76	2,81
	2,16	2,60	1,71	2,39	2,67	1,80	1,91	2,2
CIC, cmol(+) kg ⁻¹	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	15,5	15,3	15,3	16,8
	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	16,6	14,2	13,1	15,3
CaCO ₃ , %	4,8	5,0	4,6	4,9	3,8	4,9	3,4	5,4
	3,7	4,1	4,4	5,0	2,8	3,2	1,6	3,8

¹ Tratamientos: T = testigo; FQ = fertilización química; FQCB = fertilización mixta; FCB = fertilización con cama de broiler.

² Suelo de 0 a 20 cm.

³ Suelo de 20 a 40 cm.

⁴ n.a.: no analizado.

Al inicio del ensayo la retención de humedad fue variable con tendencia a ser más alta en superficie y no varió al aplicar la cama de broiler (CB). La conductividad eléctrica (CE) al inicio del ensayo fue más baja entre los 20 y 40 cm de profundidad y subió a los 79 días con excepción del tratamiento FCB, en

el cual la CE fue más baja a ambas profundidades. El pH en agua al inicio del ensayo fue levemente más bajo en superficie y tendió a subir a los 79 días. Todos los tratamientos incrementaron el pH en la profundidad de 20 a 40 cm en comparación al testigo. El pH en KCl medido a los 79 días

fue más bajo que el pH en agua. La materia orgánica fue variable entre los puntos de muestreo y, en general, disminuyó a los 79 días excepto en los tratamientos con CB. La CIC presenta valores medios en ambas profundidades de suelo, según la clasificación de Cottenie (1984).

El CaCO_3 varió poco en profundidad al comienzo del ensayo y a los 79 días mostró una fuerte disminución entre los 20 y 40 cm de profundidad.

Macronutrientes. Los macronutrientes disponibles y totales medidos al inicio y a los 79 días después de la siembra se presentan en la Tabla 4. Los niveles de N son bajos, los de P son bajos a medios y los de K son adecuados. El P disponible (P_d) prácticamente se duplicó a los 79 días en el tratamiento con CB. En cuanto a los macronutrientes totales, sólo el K fue menor en profundidad al inicio del ensayo. A los 79 días el N disminuyó en todos los tratamientos y el K experimentó un aumento general del 52 al 59 %.

Tabla 4. Macronutrientes disponibles y totales medidos al inicio y a los 79 días después de la siembra.

Table 4. Available and total macronutrients measured at the beginning and 79 days after sowing.

Propiedad	Tiempo (0 días)				Tiempo (79 días)			
	T ¹	FQ	FQCB	FCB	T	FQ	FQCB	FCB
mg/kg								
N P K disponible								
N _d	14 ²	11	14	17	10	21	14	16
	9 ³	10	11	16	8	13	14	12
P _d	13	9	6	8	16	13	16	18
	5	2	0	7	17	1	4	7
K _d	157	131	134	139	144	112	145	154
	113	110	101	112	127	85	111	122
N P K total								
N _t	1.600	1.700	1.500	1.500	1.060	1.070	1.470	1.290
	1.500	1.500	1.500	1.500	1.270	970	1.140	1.190
P _t	1.200	1.100	1.000	1.000	1.080	1.110	1.080	1.110
	1.100	1.000	1.000	1.100	1.130	980	1.030	1.090
K _t	6.300	5.300	6.200	6.200	9.593	9.747	9.853	9.647
	5.700	4.800	5.600	5.800	10.507	9.360	8.370	10.013

¹ Tratamientos: T = testigo; FQ = fertilización química; FQCB = fertilización mixta; FCB = fertilización con cama de broiler.

² Suelo de 0 a 20 cm.

³ Suelo de 20 a 40 cm.

Micronutrientes. Los resultados para los micronutrientes disponibles y totales se muestran en la Tabla 5. La disponibilidad de Fe, Cu, Zn y Mn fue alta al inicio y a los 79 días en todos los tratamientos, de acuerdo a

los estándares citados por Opazo (1997). Los micronutrientes totales están en rangos normales informados para suelos (Buckman y Brady, 1970) y en suelos de la zona central del país (Carrasco y Préndez, 1984).

Tabla 5.
Macronutrientes disponibles y totales medidos al inicio y a los 79 días después de la siembra.

Table 5.
Available and total macronutrients measured at the beginning and 79 days after sowing.

Macronutriente	Tiempo (0 días)				Tiempo (79 días)			
	T ¹	FQ	FQCB	FCB	T	FQ	FQCB	FCB
	mg/kg							
	Disponibles							
Fe _d	18,6 ² n.a. ³	n.a. ⁴ n.a.	n.a. n.a.	n.a. n.a.	18,0 18,1	18,4 17,9	16,9 16,9	19,0 16,2
Cu _d	9,2 n.a.	n.a. n.a.	n.a. n.a.	n.a. n.a.	8,0 8,5	8,9 8,1	7,8 5,6	9,2 8,6
Mn _d	7,8 n.a.	n.a. n.a.	n.a. n.a.	n.a. n.a.	7,1 9,0	6,5 7,4	6,0 5,9	6,8 6,6
Zn _d	2,6 n.a.	n.a. n.a.	n.a. n.a.	n.a. n.a.	1,9 2,0	2,3 1,6	2,4 1,2	2,5 1,9
	Totales							
Fe _t	41.938 43.800	41.183 43.070	39.940 41.903	41.408 39.983	38.595 43.674	40.445 41.290	33.125 39.442	40.827 30.355
Cu _t	77 76	81 91	91 87	96 93	58 57	79 67	105 103	96 94
Mn _t	634 604	619 594	606 585	594 577	532 561	633 625	535 558	643 639
Zn _t	92 86	94 84	91 88	94 88	77 81	81 77	91 96	90 86

¹ Tratamientos: T = testigo; FQ = fertilización química; FQCB = fertilización mixta; FCB = fertilización con cama de broiler.

² Suelo de 0 a 20 cm.

³ Suelo de 20 a 40 cm.

⁴ n.a.: no analizado.

El Zn disponible (Zn_d) aumentó con la cama de broiler en el suelo superficial y fue menor entre los 20 y 40 cm de profundidad en los tratamientos con fertilización, lo cual se puede atribuir a una mayor extracción en profundidad. Respecto de los micronutrientes totales, éstos mostraron variaciones menores en profundidad a los 79 días; el Cu total fue más alto en el tratamiento FQCB a ambas profundidades.

Efecto de los tratamientos. Las propiedades químicas que presentaron

diferencias significativas debido a los tratamientos se muestran en la Tabla 6. Se observa que los tratamientos con fertilización aplicados afectaron sólo al pH en agua en profundidad, la variación observada no afectaría al cultivo. El tratamiento con CB también afectó a la conductividad eléctrica (CE), la materia orgánica (MO) y al CaCO₃. La CE fue más baja en los tratamientos con CB en el suelo superficial (0 a 20 cm). La MO fue más alta en los tratamientos con CB en el suelo superficial y disminuyó en los tres tratamientos con fertilización en el suelo más profundo, lo cual podría deberse

a una mayor mineralización. El CaCO_3 mostró diferencias significativas, con un valor mínimo en el tratamiento mixto (FQCB) y máximo en el tratamiento con CB (FCB). La capacidad de intercambio

catiónico mostró diferencias sólo en el suelo más profundo siendo más baja en los tratamientos FQ y FQCB, en los cuales la disminución observada coincide con la disminución de MO.

Tabla 6.

Valores promedios de pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbonato de calcio y capacidad de intercambio catiónico y efecto de los tratamientos de fertilización, a los 79 días después de la siembra.

Table 6.

Mean values of pH, electrical conductivity, organic matter, calcium carbonate and cation exchange capacity, and effect of the fertilizer treatments 79 days after sowing.

Tratamiento	pH H ₂ O	pH KCl	CE	MO	CaCO ₃	CIC
0 - 20 cm						
T	7,90 a ¹	7,38 a	1,03 a	2,47 a	3,8 bc	15,5 a
FQ	8,02 a	7,40 a	1,10 a	2,13 a	4,9 ab	15,3 a
FQCB	7,95 a	7,32 a	0,93 b	2,76 b	3,4 c	15,3 a
FCB	7,87 a	7,32 a	0,92 b	2,81 b	5,4 a	16,8 a
20 - 40 cm						
T	7,83 b	7,30 bc	0,98 ab	2,67 a	2,8 b	16,6 a
FQ	7,98 a	7,38 a	1,21 a	1,80 b	3,2 b	14,2 ab
FQCB	7,95 a	7,29 c	1,09 ab	1,91 b	1,6 c	13,1 b
FCB	7,93 a	7,35 ab	0,92 b	2,20 b	3,8 a	15,3 ab

¹

Letras diferentes dentro de cada columna indican valores significativamente distintos ($P < 0,05$), según prueba de comparación múltiple de Duncan.

Los tratamientos que tuvieron un efecto significativo sobre los macronutrientes disponibles y totales se muestran en la Tabla 7. Los niveles de N disponible (N inorgánico) fueron bajos dado que el nitrógeno mineralizado es absorbido rápidamente por

el cultivo en crecimiento. El P_d mostró cambios sólo en profundidad, siendo más bajo en los tratamientos con fertilización que en el testigo. El K disponible fue menor en el tratamiento FQ especialmente en profundidad.

Tabla 7.
Valores promedios de los macronutrientes disponibles y totales, y efecto de los tratamientos de fertilización, a los 79 días después de la siembra.

Table 7.
Mean values of available and total macronutrients and effect of the fertilizer treatments 79 days after sowing.

Tratamiento	Disponibles			Totales		
	N	P	K	N	P	K
	mg/kg 0 - 20 cm					
T	10 a ¹	16 a	144 a	1.060 b	1.080 a	9.593 a
FQ	21 ab	13 a	112 ab	1.070 b	1.110 a	9.747 a
FQCB	14 b	16 a	145 b	1.470 a	1.080 a	9.853 a
FCB	16 ab	18 a	154 ab	1.290 ab	1.110 a	9.647 a
	20 - 40 cm					
T	8 a	17 a	127 a	1.270 a	1.130 a	10.507 a
FQ	13 a	5 b	85 b	970 a	980 a	9.369 a
FQCB	14 a	4 b	111 ab	1.140 a	1.030 a	8.370 a
FCB	12 a	9 ab	122 a	1.190 a	1.090 a	10.013 a

¹ Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos, según prueba de comparación múltiple de Duncan.

En cuanto a los macronutrientes totales, sólo N varió en el suelo superficial, con valores más altos para los tratamientos con cama de broiler.

Los efectos de los tratamientos sobre los micronutrientes disponibles y totales se muestran en la Tabla 8. El Zn_d fue el único micronutriente que experimentó un cambio en el tratamiento con cama de broiler. Respecto de los micronutrientes totales, se observa un incremento en los valores de Cu y Zn en los tratamientos que recibieron cama de broiler.

Análisis foliar

El análisis foliar tuvo como objetivo evaluar la absorción de macro y micronutrientes por

las plantas a partir de las distintas fuentes de fertilización.

Las concentraciones promedio de macronutrientes en el tejido foliar y los efectos de los distintos tratamientos se muestran en la Tabla 9. Las concentraciones foliares de N y P fueron más altas en los tratamientos con fertilización, sin embargo, no hubo diferencias entre los tratamientos para Ca. La aplicación de CB no afectó significativamente las concentraciones foliares de Mg y Na.

El K fue significativamente menor en el tratamiento FCB con respecto del testigo, lo cual se explica por un efecto dilución dado a que el rendimiento de MS fue mucho más alto,

Tabla 8. Valores promedios de micronutrientes disponibles y totales, y efecto de los tratamientos de fertilización, a los 79 días después de la siembra.

Table 8. Mean values of available and total micronutrients and effect of the fertilizer treatments 79 days after sowing.

Tratamiento	Disponibles				Totales			
	Fe	Cu	Mn	Zn	Fe	Cu	Mn	Zn
mg/kg 0 - 20 cm								
T	18,0 ab ¹	8,0 ab	7,1 a	1,94 b	38.595 ab	58 c	532 a	77 b
FQ	18,7 a	8,9 ab	6,5 a	2,35 ab	40.445 a	78 b	633 a	81 b
FQCB	16,9 b	7,8 b	6,0 a	2,40 ab	33.125 b	105 a	535 a	91 a
FCB	19,0 a	9,2 a	6,8 a	2,53 a	40.827 a	96 ab	643 a	90 a
20 - 40 cm								
T	18,1 a	8,5 a	9,0 a	2,01 a	43.647 a	57 b	561 a	81 b
FQ	17,9 a	8,1 a	7,4 b	1,63 b	41.290 a	67 b	625 a	77 b
FQCB	16,9 a	5,6 b	5,9 c	1,25 c	39.442 a	103 a	558 a	96 a
FCB	16,2 a	8,6 a	6,6 bc	1,87 ab	30.355 b	94 a	639 a	86 ab

¹ Letras distintas indican diferencias significativas (P < 0,05) entre los tratamientos, según prueba de comparación múltiple de Duncan

Tabla 9. Promedios de concentración de macronutrientes en maíz para ensilaje y efecto de los tratamientos de fertilización, a los 65 días después de la siembra.

Table 9. Macronutrient mean concentration values in silage corn and effect of fertilizer treatments 65 days after sowing.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
g/kg ¹					
T	16,6 c ²	1,7 b	19,0 c	7,3 b	1,6 bc
FQ	24,6 a	1,9 b	18,0 a	7,4 ab	2,0 a
FQCB	25,2 a	2,1 a	20,0 a	7,6 a	2,1 ab
FCB	21,2 b	2,2 b	16,8 b	8,0 b	1,9 c

¹ (g/kg) * 0,1 = porcentaje.

² Letras diferentes dentro de cada columna indican valores significativamente distintos (P < 0,05) según prueba de comparación múltiple de Duncan.

Tabla 10.

Promedios de concentración de micronutrientes y sodio en maíz para ensilaje y efecto de los tratamientos de fertilización, a los 79 días después de la siembra.

Table 10.

Micronutrient mean concentration values in maize for silage and effect of fertilizer treatments 79 days after sowing.

Tratamiento	Zn	Cu	Mn	B	Cl	Na
	mg/kg				g/kg ¹	
T	22,5 c ²	8,7 b	26,0 c	10,0 b	2,7 bc	0,15 ab
FQ	44,7 a	12,2 b	44,0 a	12,8 ab	3,5 a	0,17 a
FQCB	39,5 a	19,3 a	41,4 a	18,7 a	3,1 ab	0,16 ab
FCB	32,2 b	12,0 b	34,0 b	10,0 b	2,3 c	0,14 b

¹ (g/kg) * 0,10 = porcentaje.

² Letras diferentes dentro de cada columna indican valores significativamente distintos ($P < 0,05$) según prueba de comparación múltiple de Duncan.

lo cual implica una menor concentración del nutriente en el tejido.

En cuanto a las concentraciones de micronutrientes foliares mostradas en la Tabla 10, los tratamientos FQ y FQCB presentaron concentraciones significativamente más altas de Zn y Mn. La concentración de Cl fue más alta en el tratamiento FQ con respecto del testigo y del tratamiento FCB.

Según los estándares para la interpretación de análisis foliar en maíz indicados para la metodología usada en el muestreo foliar (Cornforth y Steele, 1981), los contenidos de N y P fueron bajos sólo en el tratamiento testigo y los contenidos de K, Ca y Mg fueron adecuados en todos los tratamientos. En el caso de los micronutrientes, sólo el Zn fue bajo en el tratamiento testigo. Los contenidos de Cu, Mn y B fueron adecuados en todos los tratamientos.

D I S C U S I Ó N

El uso de la cama de broiler tuvo efecto sobre algunas propiedades del suelo. Durante los primeros 79 días después de la siembra del maíz, la incorporación de la cama de broiler evitó que la conductividad eléctrica aumentara en el suelo más profundo (20 a 40 cm), probablemente por un mejoramiento en la infiltración del agua de riego que favoreció el lavado de las sales que se acumulan por evapotranspiración entre un riego y otro.

La disminución de materia orgánica observada en el suelo superficial (0 a 20 cm) en los tratamientos testigo (T) y con fertilización química (FQ), resultante de la actividad biológica del suelo, se vio compensada con la adición de cama de broiler (tratamientos FQCB y FCB), la que incluso hizo aumentar su contenido (Tabla 3).

El menor contenido de materia orgánica observado entre los 20 y 40 cm de

profundidad (Tabla 6) se explicaría, según Varnero *et al.* (1998), por una actividad biológica favorecida por la adición de urea en el tratamiento FQ y, además, por el enriquecimiento de microorganismos en los tratamientos con cama de broiler.

La disminución del CaCO_3 a los 79 días, en las muestras de 0 a 20 cm de profundidad, con respecto del tiempo cero, con excepción del tratamiento FCB (Tabla 3), se explicaría por un efecto del cultivo. El valor más alto del tratamiento FCB se relacionaría con la mayor transpiración de agua debido a una producción de biomasa más alta la cual implica una precipitación del bicarbonato del agua de riego.

La reducción en el contenido de CaCO_3 observada entre los 20 y 40 cm de profundidad se explicaría por una solubilización del CaCO_3 como resultado de una mayor generación de CO_2 debida a una actividad biológica favorecida, según Varnero *et al.* (1998), por la adición de urea y cama de broiler. El CO_2 acidifica su entorno favoreciendo con ello la solubilización paulatina del CaCO_3 , el cual va neutralizando así la acidez generada. Tal mecanismo explicaría también por qué no hubo cambios importantes en el pH del suelo.

En los tratamientos con fertilización, los niveles de P_d más bajos observados en el suelo de 20 a 40 cm de profundidad (Tabla 7), coinciden con una mayor absorción hecha por el cultivo (Tabla 9). Estos niveles bajos de P_d también se pueden atribuir a una cierta inmovilización por parte de los microorganismos, los cuales después lo mineralizan lentamente.

El hecho de que el K disponible fuera más bajo en la fertilización química a los 79 días (Tabla 4) en comparación con los tratamientos con aplicación de CB se explicaría por un suministro menor de K; en los tratamientos con CB se aplicaron 444 y 222 kg de K/ha, respectivamente, considerando los contenidos analizados (Tabla 1), el contenido de humedad y un promedio entre guano y viruta, aportes significativamente más altos comparados con los 50 kg de K/ha aplicados en el tratamiento FQ. Además, el K_d en el testigo fue más alto porque hubo una menor extracción. El rendimiento de materia seca del testigo fue de 19 t/ha, significativamente menor al de los tratamientos con fertilización, cuyos rendimientos fueron de 27, 24 y 34 t/ha para los tratamientos FQ, FQCB y FCB, respectivamente (Mira *et al.*, 1998).

El aumento del K total ocurre a ambas profundidades (Figura 1) lo cual indicaría que se trata de un aporte de K hecho por el sedimento del agua de riego. Según el análisis del agua de riego se encontraron 3,52 mg/L de K, concentración que coincide con la informada por Sadzawka *et al.* (1992). Considerando los 12 riegos realizados, desde la preparación de suelo hasta el muestreo de suelos a los 79 días, la cantidad de K aportada por el agua es de 16,8 kg de K/ha, cantidad que no afectaría al K total. Sin embargo, el sedimento aportado, constituido principalmente por limo, haría un aporte similar al aumento observado en el K total si se considera que el agua de riego aportaba 6 g de sedimento/L y se asume un contenido de 3,44% de K en el sedimento, valor indicado en la literatura (Buckman y Brady, 1970).

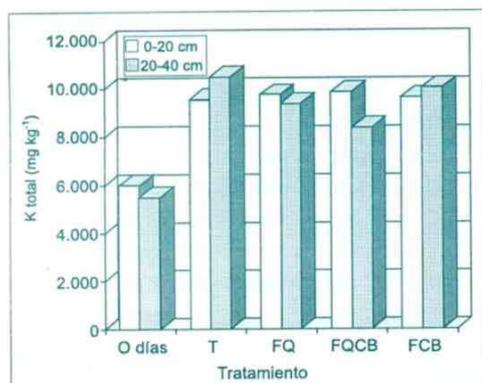


Figura 1. Potasio total a tiempo 0 y 79 días después de la siembra.

Figure 1. Total potassium at 0 and 79 days after sowing.

CONCLUSIONES

La fertilización con cama de broiler en maíz para silo cultivado en un suelo de origen aluvial tuvo efecto sobre conductividad eléctrica, materia orgánica y carbonato de calcio entre los 0 a 20 y 20 a 40 cm de profundidad, y sobre pH en agua, pH en KCl y capacidad de intercambio catiónico en el suelo más profundo.

Los tratamientos con fertilizante produjeron una disminución de los contenidos de materia orgánica en el suelo más profundo (20 a 40 cm) la que se atribuiría a la mayor actividad biológica inducida.

Los niveles de Zn_d más bajos en profundidad en los tratamientos con fertilización (Tabla 8) llevan a postular una mayor extracción por parte del cultivo, la cual se asocia con las mayores concentraciones de Zn foliar en tales tratamientos (Tabla 10).

La aplicación de cama de broiler incrementó los contenidos foliares de N y P. Además, el contenido de P foliar en los tratamientos con cama de broiler fue más alto en comparación del tratamiento FQ corroborando la efectividad del aporte de P a través de la aplicación de cama broiler. Smith *et al*, (1993) en Oklahoma encontraron resultados similares en cultivos de forrajeras fertilizados con cama de broiler.

La cama de broiler aumentó el fósforo disponible en el suelo superficial, compensó las pérdidas de materia orgánica derivadas de la actividad biológica del suelo durante el cultivo y tuvo efecto sobre la concentración foliar de nutrientes en el maíz para silo induciendo una mayor concentración de N y P, y una menor concentración de Zn y Mn.

Agradecimientos

Se agradece a la Laboratorista Químico, señora Mary-Sol Aravena, por la realización de los análisis químicos y a la Profesora, señorita Silvia Rojas por los análisis foliares realizados.

LITERATURA CITADA

- BOUYOUCOS, G. J. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal* 43:434-438.
- BUCKMAN, H. O. and BRADY, N. C. 1970. *The nature and properties of soils*. 7th ed., Macmillan, USA. 653 p.
- CABRERA, M. L.; TYRON, S. C.; KELLEY, T. R.; PANCORBO, O. C.; MERKA, W. C., and THOMPSON, S. A. 1994. Nitrogen mineralization and ammonia volatilization from fractionated poultry litter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:367-372.
- CARRASCO, M. A. and PRÉNDEZ, M. M. 1984. A method for total analysis of minor and trace elements in the soil clay fraction in relation to atmospheric aerosols. *Bol. Soc. Chil. Quím.* 29(3): 299-307.
- CORNFORTH, I. S. and STEELE, K. W. 1981. Interpretation of maize leaf analyses in New Zealand. *N.Z. J. Exp. Agric.* 9: 91-96.
- COTTENIE, A. 1984. Los análisis de suelos y plantas como base para formular recomendaciones sobre fertilizantes. Italia, Roma. *Boletín de Suelos, FAO*. 38/2. 116 p.
- CHILE-Comisión Nacional de Riego. 1981. *Estudio de Suelos del Proyecto Maipo*. Agrológ-Chile Ltda. 802 p. (cuatro volúmenes y mapas).
- DAS, M.; SINGH, B. P.; RAM, M. and PRASAD, R. N. 1992. Mineral nutrition of maize and groundnut as influenced by P-enriched manures on acid Alfisols. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 40: 3, 580-583.
- DEWIS, J. y FREITAS, F. 1970. *Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas*. Roma, Italia, FAO. 252 p.
- ELGALA, A. M.; ALY, O. M. and ELSIKHRY, E. M. 1990. Effect of certain soil amendments on the availability of Fe, Mn, Zn and Cu to sorghum plants grown in sandy soil. *Egyptian Journal of Soil Science* 30: 1-2, 301-312.
- HILEMAN, L. H. 1967. *The fertilizer value of broiler litter*. Agric. Exp. Stn. Rep. Ser. 158. University of Arkansas, Fayetteville.
- HUHNKE, R. L. 1982. Land application of livestock manure. Oklahoma State Univ. Ext. Serv. Fact Sheet 1710. Oklahoma State Univ., Stillwater.
- HUNEYCUTT, H. G.; WEST, C. P. and PHILLIPS, J. M. 1988. Responses of bermudagrass, tall fescue, and tall fescue-clover to broiler litter and commercial fertilizer. Bull. 913. Arkansas Agric. Exp. Stn. Univ. of Arkansas, Fayetteville.
- LACHICA, M.; RECALDE, L. y ESTEBAN, E. 1965. Análisis foliar. Métodos analíticos utilizados en la Estación Experimental de Zaidín. *Anales de Edafología y Agrobiología*. 24 (9-10): 589-610.
- MIRA, J.; CONTRERAS, D; LUCHSINGER, A., y VARNERO, M. T. 1998. Fertilización con cama de broiler en maíz para silo: III. Efecto sobre los rendimientos del cultivo. *Simiente* (presentado para publicación).
- MÜLLER, L. 1961. Un aparato micro Kjeldahl para análisis rutinarios rápidos de materiales vegetales. *Turrialba* 11(1): 17-25.
- OPAZO, J. D. 1997. *Micronutrientes en los suelos*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Ingeniería y Suelos, Publicación Docente N° 9, 20 p.

PAGE, A. L.; MILLER, R. H. and KEENEY, D. R. (Ed.) 1982. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiology properties. Agronomy 9. 2nd ed. Madison, Wisconsin, USA. 1159 p.

PERKINS, H. F.; PARKER, M. B., and WALKER, M. L. 1964. Chicken manure - its production, composition, and use as a fertilizer. Rep. NS 123. Georgia Agric. Exp. Stn., Univ. of Georgia, Athens.

REES, R. M.; YAN, L. and FERGUSON, M. 1993. The release and plant uptake of nitrogen from some plant and animal manures. Biology and Fertility of Soils 15(4): 285-293. In Soils and Fertilizers, 1993, 056-9230.

RUBEIZ, I. G.; SABRA, A. S. and AL-ASSIR, I. A. 1993. Broiler and layer poultry manures as nitrogen sources for "Douglas" strawberry in a tunnel production system. Journal of Plant Nutrition 16:11, 2305-2311.

SADZAWKA, A.; NOVOA, R. y LETELIER, E. 1992. Efecto de veintisiete años de fertilización en las características químicas de un suelo Mollisol aluvial regado por el río Maipo, Chile. Agricultura Técnica (Chile) 52 (4):403-410.

SHARPLEY, A. N.; SMITH, S. J. and BAIN, W. R. 1993. Nitrogen and phosphorus fate from long-term poultry litter applications to Oklahoma soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 1131-1137.

SMITH, S. C.; BRITTON, J. G.; ENIS, J. D.; BARNES, K.C. and LUSBY, K.S. 1993. Mineral levels of broiler house litter and forages and soils fertilized with litter. Animal Science Research Report, Agricultural Experiment Station, Oklahoma State University. N° P-933, 153-159. Stillwater, USA; Animal Science Department, Oklahoma State University.

SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS). 1982. Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey. Soil Survey Investigations. Report N°1, U.S. Department of Agriculture, 97 p.

VARNERO, M. T.; BASCUR, C.; SEGUEL, O. y MIRA, J. 1998. Fertilización con cama broiler en maíz para silo. II. Mineralización *in vitro* de nitrógeno. Simiente (en prensa).

FERTILIZACIÓN CON CAMA DE BROILER EN MAÍZ PARA SILO: II. MINERALIZACIÓN *IN VITRO* DE NITRÓGENO¹

Silage Corn Fertilization With Broiler-Bed: *In Vitro* Nitrogen Mineralization

MARÍA TERESA VARNERO M., OSCAR SEGUEL S., CARLOS BASCUR P. y JORGE MIRA J.
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago

Recepción de originales: 28 de mayo de 1997.

R E S U M E N

Se estudió el efecto de aportes orgánicos (cama de broiler) y de tipo mixto (orgánico y químico), en la actividad biológica del suelo y en el proceso de mineralización de nitrógeno. Se realizaron incubaciones *in vitro* con suelo proveniente de los 20 cm superficiales del terreno en que se realizó el ensayo de campo con cultivo de maíz para ensilaje. Los resultados favorecen los niveles nitrogenados de los tratamientos orgánicos al inicio de la incubación, lo que concuerda con los valores de nitrógeno total que presenta la cama de broiler. Sin embargo, durante la primera semana de incubaciones, se observa una fuerte inmovilización biológica en estos tratamientos, condicionada por un incremento de la biomasa, la que desaparece al término de los 28 días de incubación. Se concluye que se favorece la mineralización en los tratamientos orgánicos y mixtos que no presentan viruta de madera. Este material disminuye la velocidad de degradación, debido al mayor contenido de lignina, lo que

A B S T R A C T

This paper is a contribution to the understanding of the effect of organic matter (broiler-bed) application and chemical-organic fertilizer mixtures on soil nitrogen mineralization and soil biological activity. Surface soil (20 cm) sample were taken from a silage corn crop. The samples were incubated *in vitro* for four weeks. Higher initial nitrogen content were found in organic treatments, due to high N content of broiler-bed. But after the first week, heavy immobilization due to increases in biomass was observed. The immobilization effect disappeared after 28 days of incubation. It is concluded that mineralization is favored when the mixtures do not include wood chips. This material reduces mineralization rate because its high lignin content, which probably leads to the formation of more complex mineralization resistant compounds.

¹ Investigación financiada por Comercial y Servicios Rosario S.A.

induciría la formación de compuestos de naturaleza química más compleja y probablemente más resistente a la mineralización.

PALABRAS CLAVES: Actividad biológica, fertilización orgánica, abonos orgánicos y mixtos.

I N T R O D U C C I O N

En el medio rural se generan diversos desechos orgánicos agropecuarios, entre los cuales destaca la producción de grandes volúmenes de excretas animales, derivada de la actividad ganadera, porcina y avícola. La práctica de descargar estos desechos en cauces de ríos, lagos y canales de regadío, provoca serios problemas sanitarios y deterioro del medio ambiente. Además de la pérdida del potencial energético y nutricional de estas fecas.

En la actualidad, hay una creciente toma de conciencia en relación al desarrollo de una agricultura interesada en la conservación de los nichos ecológicos, donde se combinen buenos rendimientos físicos con bajos costos de producción, de modo de dar un balance energético favorable. En este contexto, es interesante el reciclaje de desechos agropecuarios, dando especial énfasis a la incorporación de desechos orgánicos al suelo. Esto permite conservar los niveles de materia orgánica y mejorar la fertilidad natural del medio edáfico.

La mayor parte de los trabajos realizados sobre el uso de desechos animales en el suelo (Doran y Smith, 1987; García, 1994; Maynard, 1991; Oiken y Asiegbu, 1993; Rainey *et al*, 1992), coinciden en señalar los resultados

KEY WORDS : Biologic activity, organic fertilization, organic and mix fertilizers

ventajosos que se observan al acondicionar el medio edáfico, mejorando las propiedades físicas y biológicas de éste. Esto contribuye a una mayor respuesta de los insumos modernos, incluidos los fertilizantes, variedades mejoradas de cultivo y el riego (FAO, 1983; Rees *et al*, 1993; Rubeiz *et al*, 1993). Por otra parte, la mantención o aumento de la fertilidad natural del suelo, depende de las exigencias nutricionales que presente el cultivo, del grado de estabilización de los desechos aplicados y del valor fertilizante que tengan, especialmente su contenido de nitrógeno (Varnero y Arellano, 1990). El uso de estos desechos presume un incremento de la capacidad de suministro de nitrógeno del suelo fertilizado, en una proporción variable pero relacionada con la cantidad de nitrógeno orgánico incorporado (García, 1994). Este último será liberado, vía mineralización, a una velocidad y oportunidad determinadas por la capacidad de mineralización del sistema, dosis aplicada y por la naturaleza y composición del material incorporado.

El objetivo de este trabajo fue estudiar en condiciones de laboratorio el efecto que tienen los abonos orgánicos y los de tipo mixto en la actividad biológica del suelo y en la dinámica de mineralización de nitrógeno.

M A T E R I A L E S Y M É T O D O S

En la Estación Experimental Agronómica Antumapu de la Universidad de Chile, se realizó un estudio comparativo de sistemas de fertilización, en condiciones de campo, con un cultivo de maíz silero, variedad Jaques 8390. Estos sistemas consideraron la incorporación de cama de broiler (20t/ha), fertilización química (238 kg N/ha, 147 kg P₂O₅/ha y 60 kg K₂O/ha) y el uso combinado de fuentes orgánicas y químicas de abono (10t/ha de cama broiler más 90 kg N/ha, 0 kg P₂O₅/ha, 0 kg K₂O/ha), contrastando con un testigo sin fertilización.

Con el propósito de contribuir a cuantificar los efectos e investigar las causas de la respuesta productiva del cultivo, se utilizaron muestras de suelo proveniente de los 20 cm superficiales del terreno en que se realizó el ensayo de campo. Dado que la cama de broiler está constituida por un 56% de guano aviar y un 46% de viruta de madera, a nivel de laboratorio se efectuó una separación de este material para determinar el efecto de cada componente por separado y de la mezcla, cama de broiler, en los procesos de mineralización de nitrógeno y actividad microbológica.

Se efectuaron incubaciones *in vitro* de muestras homogéneas de 100 g de suelo, con 1 g de material orgánico (guano aviar, viruta y cama broiler), o con 0,5 g de material orgánico con la adición de 13 mg de urea, tamizadas a 2 mm y ajustadas a 75% de la retención de humedad equivalente a 33 kPa. Lo que corresponde a los siguientes tratamientos:

- T : Testigo, suelo sin fertilización.
 A : Suelo con guano aviar.
 B : Suelo con viruta de la cama de broiler.
 C : Suelo con cama de broiler.
 D : Suelo con guano aviar más urea.

- E : Suelo con viruta más urea.
 F : Suelo con cama de broiler más urea.

Las incubaciones se realizaron a 28°C durante 4 semanas. La actividad biológica se determinó periódicamente en función del desprendimiento de CO₂ (Dommergues, 1968), utilizando frascos con tapas, en cuyo interior se colocó la muestra, más un vaso con 10 ml de NaOH 0,5N para atrapar el CO₂ desprendido. El exceso de álcali se tituló con HCl 0,5N después de precipitar el carbonato con BaCl₂ 2N. Para la mineralización de nitrógeno se colocaron las muestras en bolsas de polietileno de 40 m de espesor, lo que permite una buena aireación, evitando el desecamiento. Se analizó semanalmente el nitrógeno mineralizado acumulado, según método de Bremner y Keeney (1965). Los resultados obtenidos en la evolución del CO₂ y del nitrógeno mineralizado a través del tiempo de incubación, corresponden al promedio de tres repeticiones para cada tratamiento y se expresa en mg de CO₂ por 100 g suelo seco a 105°C y mg de N mineral por kg de suelo seco a 105°C. Además se determinó algunas características químicas de los componentes de la cama de broiler (Tabla 1) y características físico-químicas del suelo (Tabla 2).

Tabla 1.
Características químicas de la cama de broiler.

Table 1.
Chemicals characteristics of broiler-bed.

Parámetros	Guano aviar	Viruta
N min mg/kg	51	56
P disp mg/kg	1.740,00	1.690,00
K disp mg/kg	18.180,00	17.810,00
N total %	6,4	4,3
P total %	1,3	1,6
K total %	3,3	3,3
M.O. % (Wakley y Black)	75,5	75
M.O. % (calcinación)	85,6	89,9
Humedad % (105°C)	15,7	14,5
pH (H ₂ O)	7,7	7,8
pH (KCl 1N)	7,4	7,5
C/N	6,9	17,5

Tabla 2.
Características físicas y químicas del suelo.

Table 2.
Soil physics and chemical characteristics.

Parámetros	Suelo (0-20cm)	
Retención humedad	%	27,7
Arcilla	%	24,6
Limo	%	42,3
Arena	%	33,1
M.O.	%	3,2
N total	%	0,2
P total	%	0,1
K total	%	0,6
N min	mg/kg	14
P disp	mg/kg	13
K disp	mg/kg	157
pH (H ₂ O)		7,7
C.E. dS/m		1,1

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados presentados en las Figuras 1a, 1b y 1c, indican el claro aporte nitrogenado de los tratamientos A, B y C al tiempo 0 días, lo que concuerda con los valores de nitrógeno total de los residuos utilizados (Tabla 1). Estos niveles de nitrógeno total son elevados en comparación con otros guanos, posiblemente por el tipo de alimentación y debido al sistema de evacuación conjunta de feces y orina a través de la cloaca. La orina entrega importantes cantidades de nitrógeno como ácido úrico, lo que está inmediatamente disponible para los microorganismos.

Este aporte, si bien supera al de los fertilizantes químicos (tratamientos complementarios D, E y F), durante la primera semana de incubaciones se observa una fuerte disminución de los niveles de N mineralizado en los tratamientos B y C (Figuras 1a y 1c), siendo menos acentuada en el tratamiento A (Figura 1a). Esta disminución de los niveles de nitrógeno mineral, se puede atribuir a la reorganización biológica que tiene

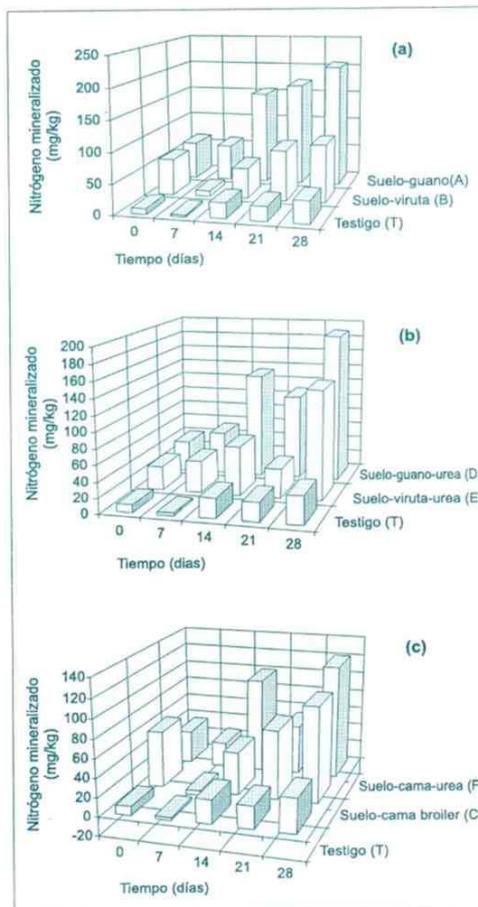


Figura 1.
Nitrógeno mineralizado semanalmente (neto) en suelos incubados *in vitro* con aportes orgánicos y mixtos.

Figure 1.
Weekly mineralized nitrogen (net) in *in vitro* incubated soils with organic and mix supplements.

lugar en suelos acondicionados con materiales orgánicos, donde el proceso de mineralización queda compensado por procesos simultáneos de inmovilización (Varnero y Schaefer, 1992). Frente a una mayor disponibilidad de sustratos energéticos metabolizables se facilita el incremento de la biomasa microbiana, aumentando la inmovilización de nitrógeno mineral (Dommergues y Mangenot, 1970).

En cambio, los tratamientos de tipo mixto, D, E y F (Figuras 1b y 1c), presentan una reorganización biológica atenuada en relación a la inmovilización de nitrógeno, posiblemente por efecto de la urea incorporada en combinación con los abonos orgánicos. Sin embargo, la dinámica de la actividad biológica, medida como desprendimiento de CO₂, es similar en todos los tratamientos. Tanto en los suelos con aportes orgánicos como con aportes mixtos, se aprecia en los primeros días una adaptación de la biomasa microbiana a las condiciones de temperatura y humedad del medio, lo que se traduce en una disminución de desprendimiento de CO₂ (Figuras 2 y 3). A partir del 4º día se establece una fase logarítmica de mayor actividad biológica, la cual presenta máximos sucesivos en el curso de los 20 días de incubación. Después del vigésimo día, la respiración del suelo entra en una fase de régimen permanente.

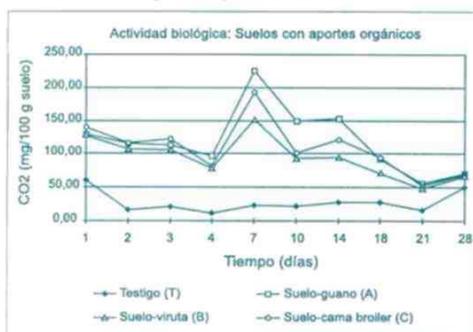


Figura 2. Actividad biológica medida como desprendimiento de CO₂. Suelos con aportes orgánicos.

Figure 2. Biological activity measured as CO₂. Soils with organic matter applications.

Respecto de la dinámica de mineralización de N (Figuras 4 y 5), una inmovilización

microbiológica neta se produce a los 7 días de incubación coincidiendo con la máxima actividad biológica (Figuras 2 y 3). A la vez, se puede deducir que cuando la respiración entra en la fase de régimen permanente, predomina el proceso de mineralización de N en el suelo. Esta fase se establecería aproximadamente entre el día 15 y 20 de incubación, para las condiciones de humedad y temperatura impuestas en el sistema.

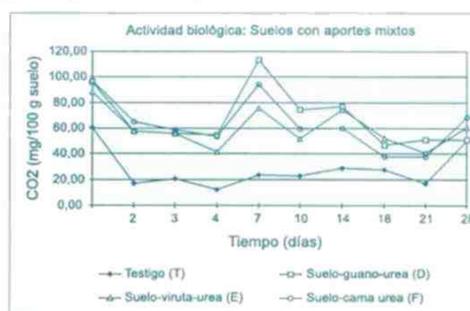


Figura 3. Desprendimiento diario de CO₂ de suelos con aportes mixtos, químico-orgánico, incubados in vitro a 28°C.

Figure 3. Daily CO₂ evolution of chemical-organic fertilizer mixtures soils, in vitro incubated at 28°C.



Figura 4. Evolución semanal de la mineralización de nitrógeno en suelos con aportes orgánicos, incubados in vitro a 28°C.

Figure 4. Weekly nitrogen mineralization evolution of organic matter application soils, in vitro incubated at 28°C.

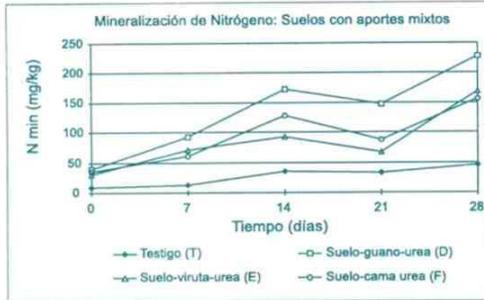


Figura 5. Evolución semanal de la mineralización de nitrógeno en suelos con aportes mixtos, químico-orgánico, incubados in vitro a 28°C.

Figure 5. Weekly nitrogen mineralization evolution of chemical-organic fertilizer mixtures soils, in vitro incubated at 28°C.

En general, la velocidad de mineralización de nitrógeno, estaría condicionada por el tipo y la calidad de los materiales orgánicos aplicados al suelo. En el caso de la viruta de madera, a

pesar de estar impregnada con los nutrientes aportados por el guano aviar (Tabla 1), es un material orgánico que tiene un alto grado de lignificación. Estas fracciones presentan una mayor resistencia a la biodegradación, especialmente en ensayos de corto tiempo de descomposición (Levi-Minzi et al, 1990). La menor disponibilidad de fuentes carbonadas fácilmente aprovechables, limita la multiplicación potencial de microorganismos, por lo tanto, influye en la dinámica de mineralización de nitrógeno (Quemada y Cabrera, 1995). De esta forma, se puede apreciar que esta situación se manifiesta en los suelos que tienen aportes con una mayor proporción de material lignificado, ya sea en forma de cama de broiler o viruta de madera (tratamientos B, C, E y F). En contraste, los suelos con guano aviar y con guano aviar más urea (tratamientos A y D), corresponden a los tratamientos que liberan la mayor cantidad de nitrógeno mineral a los 28 días de incubación.

CONCLUSIONES

La actividad biológica global aumenta con los aportes orgánicos exógenos, determinándose tasas de mineralización relativamente aleatorias en el período inicial de la incubación. Esto estaría relacionado con la actividad de la biomasa microbiana que puede alternar períodos de vida latente y de multiplicación según sean las características del medio.

A pesar de los niveles iniciales de N total que aportan los abonos orgánicos, el desarrollo de

la población edáfica, implica una disminución del nitrógeno mineralizado durante la primera semana de incubación, por efecto de la inmovilización microbiana. A contar del día 15 de incubación, la actividad microbiana entra en una fase de régimen permanente, lo que favorece el proceso de mineralización de nitrógeno.

La reorganización biológica de los tratamientos con aportes de tipo mixto, estaría condicionada por el nivel de fertilizante químico utilizado.

LITERATURA CITADA

- BREMNER, J.M.; KEENEY, D.R. 1965. Steam distillation methods for determination of NH_4 , NO_3 and NO_2 . *Analyt. Chim. Acta* 32: 485-495.
- DOMMARGUES, Y. 1968. Dégagement tellurique de CO_2 : Mesure et signification. *Annales de l'Institut Pasteur*. 4(115): 626-656.
- DOMMARGUES, Y.; MANGENOT, F. 1970. Ecologie microbienne du sol. Masson et Cie Editeurs. Paris, 796p.
- DORAN, J.W.; SMITH, M.S. 1987. Organic matter management and utilization of soil and fertilizer nutrients, p. 53-69. In *Soil fertility and organic matter as critical components of production systems*.
- FAO . 1983. El reciclaje de materia orgánica en la agricultura de América Latina. *Boletín de Suelos*. Nº 51, 253p.
- GARCIA, J. 1994. Utilización de residuos orgánicos en agricultura de alternativa: Determinación de nitrógeno exógeno en maíz: Memoria de Título Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Fac. Cs. Agrarias y Forestales, 69p.
- LEVI-MINZI, R.; RIFFALDI, R.; SAVIOZZI, A. 1990. Carbon mineralization in soil amended with different organic materials. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 31: 325-335.
- MAYNARD, A. A. 1991. Intensive vegetable production using composted animal manures. *Bulletin Connecticut Agricultural Experimental Station*. In *Horticultural Abstracts*. 1993, 063-08299.
- OIKEH, S.O.; ASIEGBU, J. E. 1993. Growth and yield responses of tomatoes to sources and rates of organic manures in ferralitic soils. *Bioresource-Technology* 45(1): 21-25. In *Horticultural Abstracts*, 1994, 064-05470.
- QUEMADA, M.; CABRERA, M.L. 1995. Carbon and nitrogen mineralized from leaves and stems of four cover crops. *Soil Sci. Am. J.*, vol. 59, 471-477.
- RAINEY, S.A.; COCHRAN, M.J.; MILLER, D.M. 1992. Derived demand for poultry litter as a soil amendment in rice. *Arkansas Farm Research* 41:6, 10-11.
- REES, R.M.; YAN, L.; FERGUNSON, M. 1993. The release and plant uptake of nitrogen from some plant and animal manures. *Biology and Fertility of Soils* 15:4, 285-293. In *Soils and Fertilizers*, 1993, 056-09230.
- RUBEIZ, I.G.; SABRA, A.S.; AL-ASSIR, I. A. 1993. Broiler and layer poultry manures as nitrogen sources for "Douglas" straw-berry in a tunnel production system. *Journal of plant Nutrition* 16:11, 2305-2311.
- VARNERO, M.T.; ARELLANO, J. 1990. Aprovechamiento racional de desechos orgánicos. Ministerio de Agricultura-Universidad de Chile, Santiago, Chile. Informe Técnico. 98p.
- VARNERO, M.T.; SCHAEFER, R. 1992. Amonificación y nitrificación en relación con la temperatura y la humedad del suelo. *Investigación Agrícola*, vol. 12 (1 y 2): 19- 26.

EVALUACIÓN DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RALEO QUÍMICO EN MANZANO var. FUJI¹

Evaluation of Different Chemical Thinning Treatments in Apple Trees cv. Fuji

GABINO REGINATO M.

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago.

DANIEL WHITING O. y CRISTINA CASTILLO T.

Recepción de originales: 27 de noviembre de 1997.

R E S U M E N

En la temporada 1996-1997, en el fundo Llallahue, comuna de Placilla, provincia de Colchagua, VI Región, se evaluó en manzanos de nueve años de edad, de la variedad Fuji/MM106, el efecto raleador del ácido naftalén acético (ANA), 10 y 15 mg/l, combinados con ethephon, 500 y 800 mg/l, aplicados en estado de botón rosado (BR) y de ANA, 10 y 15 mg/l, combinados con carbaryl, 680 y 1.020 mg/l, aplicados en caída de pétalos (CP).

Cuarenta y cinco días después de plena flor, luego de las caídas naturales, se evaluó el efecto raleador de los distintos tratamientos, contando el número de frutos, en dos ramas previamente marcadas, en el eje y en el árbol completo. A la floración del año siguiente se evaluó el retorno floral. Las aplicaciones combinadas de ANA con ethephon en BR producen soberraleo de frutos. Por el contrario, las aplicaciones combinadas de ANA con carbaryl en CP no tienen un efecto raleador importante de frutos, obteniendo

A B S T R A C T

An experiment was conducted, on 9-year old Fuji/MM-106 rootstock, during the 1996-97 growing season at Llallahue farm, Colchagua province, VI region (Chile), in order to study the thinning effect of NAA (10 and 15 mg/l) combined with ethephon (500 and 800 mg/l), when sprayed at balloon flower stage (BS) and ANA (10 and 15 mg/l) combined with carbaryl (680 and 1020 mg/l), sprayed at petal fall (PF).

Forty five days after full bloom, when natural drops had finished, the various effects of the thinning treatments were evaluated. Fruits were counted on two branches, on the top axis and on the tree as a whole. The NAA plus ethephon sprays overthinned at BS. On the other hand, NAA plus carbaryl sprays did not remove much fruit, being similar to the unsprayed control.

At harvest evaluation, NAA plus ethephon treatments increased fruit size and mean fruit

¹ Financiado por el proyecto FONDECYT 1950864

una carga frutal similar al tratamiento testigo.

Al evaluar en la cosecha el efecto de los distintos tratamientos, se observó que las combinaciones de ANA con ethephon, producto del raleo intenso y temprano, produjeron un mayor tamaño de frutos, pero con una baja producción por árbol. Para el caso de los tratamientos combinados de ANA con carbaryl, se obtuvo un tamaño de frutos y una producción por árbol, similares al tratamiento testigo, pero con una alta proporción de frutos pigmeos.

Tanto el peso de frutos como la productividad, tienen una alta correlación con la carga final (CF), estableciéndose modelos con R^2 de 79,15 y 90,72% respectivamente. Así, al aumentar la CF el árbol muestra un aumento en la productividad y una disminución del tamaño de frutos.

En relación con el número de semillas y a la forma de los frutos, no se encontró diferencias significativas entre los distintos tratamientos, obteniéndose valores similares al tratamiento testigo.

Las aplicaciones de ANA combinadas con ethephon en BR, producen un aumento del retorno floral en la temporada siguiente. En cambio, en los tratamientos de ANA con carbaryl en CP, se observa una fuerte disminución del retorno floral, similar a lo observado en el tratamiento testigo.

PALABRAS CLAVES: Manzano, var. Fuji, raleo químico, ANA, ethephon, carbaryl, producción alternada.

weight, but decreased yield. The NAA plus carbaryl showed mean fruit size and yield as was observed in the unsprayed control, but these treatments produced a high amount of pigmy fruits.

Mean fruit weight and productivity had a high correlation (R^2) with final fruit load, (79.15% and 90.72% respectively). When final fruit load increases the tree responds rising productivity and decreasing fruit size.

In relation to seed number and shape, there were no significant differences between treatments. NAA plus ethephon sprayed at BS increased return bloom the next season. Whereas, NAA plus carbaryl sprayed at PF, showed a very poor return bloom, similarly to the unsprayed control.

KEY WORDS: Apple tree, cv. Fuji, chemical thinning, NAA, ethephon, carbaryl, alternate bearing.

INTRODUCCIÓN

El raleo de flores o frutos es en la actualidad una práctica normal, necesaria y de suma importancia en los huertos destinados a producción de manzanas de calidad, ya que en condiciones óptimas un árbol cuajará un gran número de frutos que no serán de un tamaño y calidad comercial. Además, el árbol no producirá yemas florales suficientes para la temporada siguiente (Cooper, 1980; Gil, 1992 y Razeto, 1992).

Si bien el objetivo del raleo es aumentar el tamaño de los frutos, según Reginato (1994) este tiene una fuerte influencia en la rentabilidad del huerto, ya que esta labor no sólo determina el calibre de los frutos a cosecha, exigencia fundamental para un buen precio del producto, sino también determina volumen de producción, que es el otro componente que determina el ingreso económico del huerto.

Wilton (1992) indica que la variedad Fuji es altamente propensa a la producción alternada de frutos. Esto se acentúa más en los años de floración abundante, en donde se debe ralear fuerte y oportunamente, ya que la alta concentración de ácido giberélico que proviene de las semillas parecer ser uno de los factores importantes que inhibe la formación de yemas florales (Faust, 1989; Gil, 1992). Si el raleo se realiza antes del fin del período de división celular, por reducción de la competencia por metabolitos, se estimula la producción de células y el número de semillas en el fruto, dándole un potencial de tamaño mayor (Westwood, 1978, citado por Jones *et al.*, 1992b).

El raleo químico consiste en la aplicación de productos de acción cáustica u hormonal, que impiden la cuaja y/o aumentan la abscisión de los frutos recién formados (Cooper, 1980). En relación con los productos más activos en la var. Fuji, Jones *et al.*, (1989, 1990, 1991 y 1992b), estudiaron el efecto del ethephon y ácido naftalén acético (ANA) en distintas épocas, concentraciones y combinaciones, concluyendo que entre el período anterior a plena flor (PF) y PF sería la época más adecuada para obtener un efectivo raleo químico con 400 mg/l de ethephon. Aplicaciones anteriores a PF permiten disminuir la concentración empleada sin perder efectividad, con lo cual se disminuye el "russet" (Jones *et al.*, 1990, 1991 y 1992b).

Para el caso de ANA, los resultados no han sido tan claros y consistentes en el tiempo. Es así como Jones *et al.* (1989), no logra un efectivo raleo con 5 mg/l y con 10 y 15 mg/l produce soberraleo de frutos en PF y 14 DDPF. En cambio Tiscornia e Iuchi, citados por Jones *et al.* (1989), no logran un efectivo raleo de frutos en el cv. Fuji con 15 y 20 mg/l de ANA. Jones *et al.* (1992b) indican que la época de aplicación tiene mayor importancia que la concentración de ANA usado. Por otro lado, en ciertos casos se ha observado que el ANA tiene un efecto depresivo sobre el tamaño de frutos, pudiendo llegar a producir un alto número de frutos pigmeos (Batjer, 1968, citado por Gutiérrez, 1996; Pereira *et al.*, 1984; Jones *et al.*, 1991; Williams, 1993; Yokota *et al.*, 1995).

El cultivar Fuji genéticamente presenta frutos grandes, con lo que el raleo se enfoca en dejar 1 ó 2 frutos por dardo, para promover un buen desarrollo de color y tener una producción equilibrada en el tiempo (Wilton, 1992). Jones *et al.*, (1992a), indican que el ideal es dejar entre 80 a 100 frutos por 100 dardos florales o 4 a 6 frutos/cm² de área de sección trans-versal de tronco, para lograr así frutos promedio de 200 g, manteniendo la producción anual.

En trabajos aún no publicados, enmarcados dentro de este mismo proyecto, Sánchez (1996) y Del Solar (1996), realizaron distintas prospecciones de raleadores químicos en la variedad Fuji, en donde se evaluó distintos productos solos y combinados, en distintas concentraciones y épocas de aplicación. Esos resultados preliminares, permitieron establecer los tratamientos más promisorios a evaluar en esta temporada.

El siguiente trabajo, tiene como objetivo evaluar, en el cultivar Fuji, el efecto raleador de tratamientos combinados de ANA + ethephon aplicados en estado de botón rosado (BR) y de ANA + carbaryl aplicados a caída de pétalos (CP).

M A T E R I A L E S Y M É T O D O S

En la temporada 1996-97, en el fundo Lllallahue, comuna de Placilla, provincia de Colchagua, VI Región, se evaluó en árboles de nueve años de edad de la variedad Fuji, injertados sobre patrón MM106, plantados a 4,5 x 3,0 m, el efecto raleador de ácido

naftalén acético (NAA 800 ®), 10 y 15 mg/l, combinados con ethephon (Ethrel ®), 500 y 800 mg/l, aplicados en estado de botón rosado (BR) y de ANA, 10 y 15 mg/l combinados con carbaryl, 680 y 1.020 mg/l aplicados en caída de pétalos (CP). En todos los tratamientos con ANA, se adicionó Citowett ® en dosis de 25 cm³/HI como humectante. Los tratamientos fueron aplicados con máquina de pitón de 60 litros de capacidad. Además, se dejó un tratamiento sin aplicación como testigo (Tabla 1).

Durante la floración se contó el número de dardos florales en dos ramas marcadas por árbol y en el eje, para conocer la carga floral al inicio del ensayo. Cuarenta y cinco días después de plena flor, cuando las caídas naturales habían terminado, se evaluó el efecto de los tratamientos contando el número de frutos en las ramas marcadas, en el eje y en el árbol completo, expresando la carga inicial (CI) en frutos/cm² de área de sección transversal de las ramas, eje y tronco (ASTR, ASTE y ASTT). Posteriormente, se trató de uniformar la carga frutal a 6 frutos/cm² de ASTT, estableciéndose así la carga final (CF). A la cosecha se evaluó el número de frutos, el tamaño de ellos y la producción, obteniéndose así la carga cosechada. Durante la floración del año siguiente se evaluó el retorno floral contando el número de dardos florales en las ramas marcadas.

El ensayo se conformó de 9 tratamientos dispuestos al azar, con 4 repeticiones de un árbol cada uno. Las distintas variables evaluadas se analizaron mediante análisis de varianza (ANDEVA) y en los casos en que se detectaron diferencias, se procedió

a separarlas mediante la prueba de rango múltiple de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las aplicaciones combinadas de ANA con ethephon en BR producen soberraleo de frutos, obteniendo menos de 4 frutos/cm² de ASTT. Se observó un mayor soberraleo en las ramas y en la parte baja del árbol, comparado con el eje. Esto puede deberse a diferentes causas: el eje presentaba una mayor carga de dardos florales con respecto al resto del árbol; la parte alta de los árboles, al estar más iluminada y presentar mayor vigor, resultó más difícil de ralear que la parte baja (Williams y Edgerton, 1981; Faust, 1989); existe una mayor proporción de brindillas en la parte alta del árbol, las cuales al florecer tardíamente escapan en cierto grado al efecto raleador de ANA y ethephon; posiblemente por efecto del goteo al momento de la aplicación, la parte baja del árbol recibió un mayor mojamiento que la parte alta; también el soberraleo se explicaría por el efecto combinado de ambos productos y por las buenas condiciones climáticas imperantes durante y después del período de aplicación del ensayo, con temperaturas superiores a 20 °C. Según Washington State University (WSU) (1993), Jones y Koen (1985) y Gil (1992), temperaturas superiores a 12 °C potenciarían las aplicaciones con ethephon. Por otra parte, cabe hacer notar que durante las noches la humedad relativa aumenta hasta la condensación, lo que favorecería la absorción de ANA (Faust, 1989; Gil, 1992).

Con respecto a las brindillas, se observó que las combinaciones de ANA + ethephon, no tuvieron un importante efecto raleador de frutos, debiendo ser raleados manualmente (información no presentada), debido a que las brindillas florecen después que los dardos, con lo cual este tipo de flores más tardías escaparían al efecto raleador.

Por el contrario, las aplicaciones combinadas de ANA con carbaryl en CP no tienen un efecto raleador importante respecto del testigo, obteniendo más de 10 frutos/cm² de ASTT. Similares resultados se observaron en el eje, en donde sólo el tratamiento de 10 mg/l + 680 mg/l se diferencia del testigo, lo que se debería a la menor carga de dardos florales iniciales (datos no presentados) lo que según Faust (1989), facilitaría el raleo químico. En las ramas marcadas, tampoco se observó raleo efectivo de frutos, encontrándose similares CI entre los distintos tratamientos y el testigo.

Estos resultados indican que el momento de aplicación no sería el más adecuado, así como lo indican Jones *et al.* (1992b), precisando que el ANA pierde efectividad al ser aplicado después de plena flor y que no se trataría de un problema de la concentración empleada, ya que el aumento de 10 mg/l a 20 mg/l no mejora el efecto del raleo. Williams (1993), menciona que la variedad Fuji, en Estados Unidos, responde inconsistentemente al raleo químico; es así como 10 mg/l de ANA no ralean una temporada y al año siguiente produce soberraleo y fitotoxicidad en los árboles, achicando y curvando las hojas.

Tabla 1.
Carga inicial (CI), carga final (CF) y carga cosechada (CC), en el árbol completo, para diferentes tratamientos de raleo.

Table 1.
Initial, final and harvest whole tree crop load as affected by different chemical thinning treatments.

	Tratamientos			Época de aplicación	Carga frutal		
	ANA	Ethephon	Carbaryl		Inicial	Final	Cosechada
	mg/l				frutos/cm ² ASTT		
T1	10	500	-	BR	3,9 a ¹	2,4 a	2,2 a
T2	10	800	-	BR	3,6 a	2,2 a	2,0 a
T3	15	500	-	BR	3,8 a	2,2 a	2,1 a
T4	15	800	-	BR	1,8 a	1,3 a	1,1 a
T5	10	-	680	CP	10 b	6,1 b	5,0 b
T6	10	-	1.020	CP	12,8 bc	6,8 b	5,2 b
T7	15	-	680	CP	12,5 bc	7,0 b	5,3 b
T8	15	-	1.020	CP	11,8 bc	6,6 b	5,1 b
T9	-	Testigo	-	-	13,9 c	6,4 b	6,2 b

¹Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadística significativa ($p \leq 0,05$).

En el caso de los tratamientos en que hubo soberraleo, ANA + ethephon, el ajuste manual sólo se limitó a eliminar la fruta que quedó mal distribuida, proveniente principalmente de brindillas y dardos tardíos, dejando como

máximo 2 frutos por dardos. Así, en el Tabla 1, se puede observar dos situaciones claramente diferentes; en los tratamientos de ANA + ethephon, no fue posible dejar carga final (CF) mayor a 2,4 frutos/cm² de ASTT y

Tabla 2.
Peso de fruto y producción por árbol y por hectárea, según distintos tratamientos de raleo químico.

Table 2.
Fruit weight and fruit tree or per hectare production as affected by different chemical thinning treatments.

	Tratamientos			Peso medio de frutos	Producción obtenida		Producción estimada
	ANA	Ethephon	Carbaryl		gramos	fr/árbol	
	mg/l						
T1	10	500	-	212,3 a ¹	215,8 b	45,2 b	33,5
T2	10	800	-	210,4 a	196,0 ab	40,1 ab	29,7
T3	15	500	-	216,0 a	167,3 ab	36,1 ab	26,7
T4	15	800	-	209,2 a	113,0 a	23,7 a	17,5
T5	10	-	680	163,5 b	539,0 cd	88,1 c	65,2
T6	10	-	1.020	160,3 b	577,0 cd	92,7 c	68,6
T7	15	-	680	155,7 b	525,5 c	81,9 c	60,6
T8	15	-	1.020	159,8 b	527,8 c	90,0 c	66,6
T9	-	Testigo	-	156,3 b	632,3 d	98,7 c	73,1

¹Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadística significativa ($p \leq 0,05$).

por el contrario en los tratamientos de ANA + carbaryl y en el testigo se ajustó la CF entre 6 y 7 frutos/cm² de ASTT.

Al evaluar en la cosecha el efecto de los distintos tratamientos (Tabla 2), se observó que las combinaciones de ANA con ethephon, posiblemente producto del raleo intenso y temprano, produjeron un mayor tamaño de frutos, pero con una baja producción por árbol. Para el caso de los tratamientos combinados de ANA con carbaryl, se obtuvo un menor tamaño de frutos, pero con una mayor producción por árbol, similar al tratamiento testigo.

Además, este grupo de tratamientos produjo una alta proporción de frutos pigmeos (Tabla 3).

El alto porcentaje de frutos pigmeos obtenidos se debe aparentemente a aplicaciones tardías de ANA, pues se cita sólo a éste como causante de tal efecto (Batjer 1968, citado por Gutiérrez, 1996; Pereira *et al.*, 1984; Jones *et al.*, 1991; Williams, 1993; Yokota *et al.*, 1995). Es así como Jones *et al.* (1991) y Williams (1993), afirman que el uso de ANA en CP en dosis de 10 mg/l produce frutos pequeños y deformes en la var. Fuji.

Tabla 3. Carga frutal a cosecha de frutos (normales y pigmeos) y proporción de frutos pigmeos, para diferentes tratamientos de raleo químico.

Table 3. Normal and "pigmy" fruits crop load, at harvest, as affected by different chemical thinning treatments.

	Tratamientos			Carga de frutos a cosecha		Frutos pigmeos (%)
	ANA	Ethephon	Carbaryl	normales	Pigmeos	
	mg/l			frutos/cm ² ASTT		
T1	10	500	-	2,16 a ¹	0 a	0 a
T2	10	800	-	2,02 a	0,01 a	0,49 a
T3	15	500	-	2,08 a	0,002 a	0,1 a
T4	15	800	-	1,11 a	0 a	0 a
T5	10	-	680	5,01 b	0,69 b	12,11 b
T6	10	-	1.020	5,21 b	1,34 c	20,46 c
T7	15	-	680	5,27 b	1,52 c	22,39 c
T8	15	-	1.020	5,06 b	1,31 c	20,57 c
T9		Testigo		6,17 b	0,008 a	0,13 a

¹Letras diferentes en sentido vertical indican diferencia estadística significativa (p ≤ 0,05).

Se observó gran diferencia en el rendimiento, entre los tratamientos de ANA + ethephon (T1-T4) y los tratamientos de ANA + carbaryl (T5-T8). En el primer grupo, la producción estimada fue de 17,5 a 33,5 ton/ha, mientras que en el segundo, alcanzó valores entre 60,6 y 68,6 ton/ha. Sin

embargo, la mayor producción estimada corresponde al tratamiento testigo (Tabla 2). Esta diferencia se debe a que los tratamientos de ANA + carbaryl (T5-T8), obtuvieron una alta proporción de frutos pigmeos (Tabla 3), la que afectó en forma directa sus rendimientos.

Con respecto a la productividad, expresada en kilogramos de fruta/cm² de ASTT, se encontró diferencias entre los tratamientos más raleados y los tratamientos menos raleados. Es así como en el primero fluctuó entre 0,234 y 0,456 kg/cm² ASTT, en cambio en el segundo grupo y en el testigo, se obtuvo mayor productividad, fluctuando entre 0,798 y 0,967 kg/cm² ASTT (Figura 1), siguiendo la misma tendencia encontrada para la producción por árbol y estimada por hectárea. Este efecto, combinado con el causado sobre el peso medio de frutos, está graficado en la Figura 2, donde se muestra el efecto de la carga frutal CF (frutos/cm² de ASTT) tanto en la productividad (kg/cm² de ASTT), como en el peso promedio de frutos (g). Como es de esperar, a medida que la CF dejada después del ajuste manual aumenta, el árbol responde con un aumento en la productividad y una disminución en el peso de frutos, existiendo una alta correlación de ambas variables con la carga final, estableciéndose modelos con R² de 90,72% y 79,15% respectivamente.

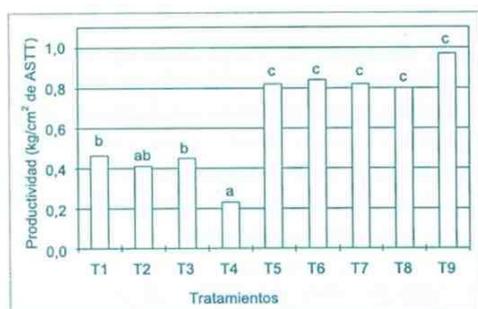


Figura 1. Productividad (kg de fruta/cm² de ASTT), para distintos tratamientos de raleo químico.

Figure 1. Yield efficiency (kg/cm² of trunk cross sectional area, TCSA), as affected by different chemical thinning treatments.

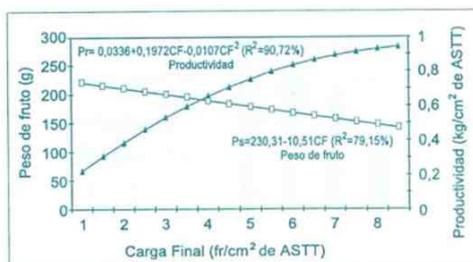


Figura 2. Productividad (kg/cm² de ASTT) y peso de frutos (g) en función de la carga final (frutos/cm² de ASTT).

Figure 2. Yield efficiency (kg/cm² of TCSA), and fruit weight as related with final crop load (fruits/cm² of TCSA).

Con relación al número de semillas y a la forma de los frutos, no se encontró diferencias significativas entre los distintos tratamientos, obteniéndose valores similares al tratamiento testigo.

Las aplicaciones de ANA combinadas con ethephon en BR, produjeron un aumento del retorno floral en la temporada siguiente. En cambio, en los tratamientos de ANA con carbaryl y en el testigo se produjo una fuerte disminución del retorno floral (Figura 3). Así en los tratamientos combinados de ANA + ethephon se observó una densidad floral entre 9,9 y 31,3 % mayor que al inicio del ensayo. En cambio para el caso de los tratamientos combinados de ANA + carbaryl, se observó que la carga de dardos florales, fue entre 49,7 y 77,4 menor, similar al tratamiento testigo.

De esta manera se aprecia que si bien al inicio del ensayo la carga frutal de los distintos tratamientos fue similar, al final ensayo se encontraron grandes diferencias (Figura 3).

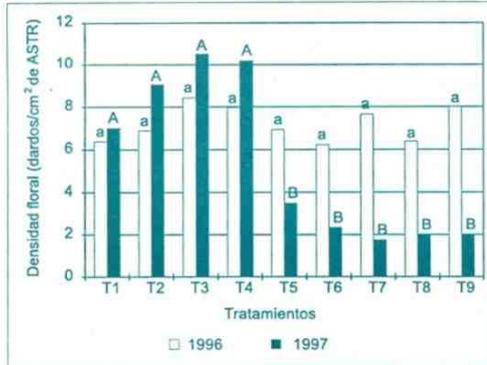


Figura 3. Carga floral (dardos/cm² de ASTR); al inicio del ensayo (septiembre 1996) y en la temporada siguiente (septiembre 1997), para distintos tratamientos de raleo.

Figure 3. Flower density (flowers/cm² of TCSA), at the beginning (September 1996) at the end of the experiment (September 1997), for different chemical thinning treatments.

El aumento del retorno floral observado en los tratamientos T1-T4, se debe posiblemente a la fuerte y temprana disminución en la carga inicial de frutos obtenida por las combinaciones

de ANA + ethephon, que al disminuir la competencia, promueve la inducción y diferenciación floral. Con respecto al efecto de la dosis de los productos usados, se observó que al aumentar la concentración de ethephon de 500 a 800 mg/l se logra el mayor retorno floral, con cargas de 10,2-10,5 dardos/cm² de ASTT.

Estos resultados concuerdan con lo expuesto por Ebert y Kreuz (1988) y Bound *et al.*, (1993), quienes lograron un aumento significativo en el retorno floral, al usar ethephon, lo que también se logra en manzanas cv. Golden Delicious (Jones *et al.*, 1983). Williams y Edgerton (1981) y Faust (1989), indican que ethephon combinado con otros reguladores de crecimiento, producen un fuerte retorno floral, debido a la reducción de la carga frutal y a la disminución del crecimiento vegetativo. Además, Faust (1989), agrega que inhibiciones en el modo de acción de las giberelinas y disminuciones en su concentración, promueven la formación de yemas florales.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de este ensayo es posible concluir que:

- Aplicaciones de ANA (10 y 15 mg/l), combinadas con ethephon (500 y 800 mg/l), en botón rosado, producen sobrraleo de frutos en la var. Fuji.
- Aplicaciones de ANA (10 y 15 mg/l), combinadas con carbaryl (680 y 1020 mg/l), en caída de pétalos, no tienen efecto raleador importante de frutos en esta variedad.
- El uso de ANA + carbaryl en el estado fenológico de caída de pétalos, produce un alto porcentaje de frutos pigmeos.

- Al disminuir la carga final de frutos, se produce una disminución en la productividad y un aumento en el peso promedio de ellos.
- Ninguno de los tratamiento evaluados produce alteración en el número de semillas ni en la forma de los frutos.
- Aplicaciones de ANA (10 y 15 mg/l) combinadas con ethephon (500 y 800 mg/l), en botón rosado, inducen un mayor retorno floral y contrarrestan la producción alternada.
- Aplicaciones de ANA (10 y 15 mg/l) combinadas con carbaryl (680 y 1020 mg/l), en caída de pétalos, no tienen efecto sobre el retorno floral.

LITERATURA CITADA

- BOUND, S. A.; JONES, K. M.; GRAHAM, B.; OAKFORD, M. J. and TICHON, M. 1993. Modelling the effects of timing and rates of application of benzyladenine as a secondary thinner of Fuji apple after ethephon. *Journal of Horticultural Science* 68(6):967-973.
- COOPER, T. 1980. Raleo en manzanos. *Revista Frutícola* 1(3):31-33.
- DEL SOLAR, M. 1996. Prospección de raleadores químicos en manzanos cv. Fuji: II. ANA + Carbaryl, ANA + Ethephon. pp. 37-38. In: Resúmenes 47º congreso de la Soc. Agronómica de Chile (Resumen). Pontificia Universidad Católica de Chile (Ed.). 146p.
- EBERT, A. and KREUZ, C. L. 1988. Chemical thinning of Fuji apples in southern Brazil with consideration of economic aspects. *Scientia Horticulturae* 34:21-32.
- FAUST, M. 1989. Fruiting. pp. 221-229. In: *Physiology of Temperate Zone Fruit Trees*. John Wiley, New York. USA. 301 p.
- GIL, G. F. 1992. El raleo químico de manzanos. *Revista Frutícola* 13(2): 57-66.
- GUTIÉRREZ, V. 1996. Efecto del raleo y aplicaciones foliares de fertilizantes y Promalina en el crecimiento del fruto en manzano (*Malus domestica* Borkh) cv. Royal Gala. Tesis Magister Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. 88 p.
- JONES, K. M.; KOEN, T. B. and MEREDITH, R. J. 1983. Thinning Golden Delicious apples using ethephon sprays. *Journal of Horticultural Science* 58(3):381-388.
- JONES, K. M. and KOEN, T. B. 1985. Temperature effects on ethephon thinning of apples. *Journal of Horticultural Science* 60(1):21-24.
- JONES, K. M.; KOEN, T. B.; OAKFORD, M. J. and BOUND, S. 1989. Thinning "Red Fuji" apples with ethephon or ANA. *Journal of Horticultural Science* 64(5):527-532.
- JONES, K. M.; KOEN, T. B.; OAKFORD, M. J. and BOUND, S. 1990. Thinning "Red Fuji" apples using ethephon at two timings. *Journal of Horticultural Science* 65(4):381-384.
- JONES, K. M.; KOEN, T. B.; BOUND, S. A. and OAKFORD, M. J. 1991. Some reservations in thinning Fuji apples with naphthalene acetic acid (ANA) and ethephon. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 19(3):225-228.
- JONES, K. M.; BOUND, S. A. KOEN, T. B. and OAKFORD, M. J. 1992a. Effect of timing of hand thinning on the cropping potential of Red Fuji apple trees. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 32:417-420.
- JONES, K. M.; BOUND, S. A. and OAKFORD, M. J. 1992b. Identifying the optimum thinning time for Red Fuji apples. *Journal of Horticultural Science* 67(5):685-694.
- PEREIRA, A. J.; BARRADAS, C. I. N.; KOLLER, O. C. and DITTRICH, R. C. 1984. Effect of concentration and time of applying ANA on the productivity and quality of apples. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 19 (7):835-844.
- RAZETO, B. 1992. Para entender la fruticultura. Vivarium, Santiago-Chile. 301 p.
- REGINATO, G. 1994. Hacia una tecnificación del raleo. *Aconex* 46:25-29.
- SÁNCHEZ, M. 1996. Prospección de raleadores químicos en manzanos cv. Fuji: I. Carbaryl, ANA, Sulfocarbamida, Ethephon. p. 38. In: Resúmenes 47º congreso de la Soc. Agronómica de Chile (Resumen). Pontificia Universidad Católica de Chile (Ed.). 146p.

WASHINGTON STATE UNIVERSITY (WSU) 1993. 1993 Crop protection guide for tree fruits in Washington. pp. 77-82. Cooperative Extension College of Agriculture and Home Economics. Pullman, Wa. 90 p.

WILLIAMS, M. and EDGERTON. 1981. Fruit thinning of apples and pears with chemicals. pp. 159-165. In: USDA, Agr. Inf. Bul. 289 p.

WILLIAMS, M. W. 1993. Comparison of ANA and Carbaryl petal-fall sprays on fruit set of apples. HortTechnology 3(3):428-429.

WILTON, J. 1992. Cultivo de Gala, Braeburn y Fuji. pp. 55-64. In: Producción y perspectivas de nuevos cultivares de manzano. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 39. 107 p.

YOKOTA, K.; MURASHITA, K.; TAKITA, S.; NONAKA, M.; KATO, S. and SUYAMA, T. 1995. Flower thinning effect of synthetic auxins on Fuji apple. Acta Horticulturae 394:105-112.

EFFECTOS DE LA FLUCTUACIÓN TÉRMICA EN POSTCOSECHA SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LA MADUREZ EN FRUTOS DE MANGO (*Mangifera indica* L.) CV. PIQUEÑO¹

Effect of Postharvest Dual Temperature on the Maturation of Piqueño Mango Fruit

VICTOR R. S. MUÑOZ, L. ANTONIO LIZANA, LJUBIČA GALLETTI Y LUIS LUCHSINGER
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago

Recepción de originales: 14 de mayo de 1997.

R E S U M E N

La susceptibilidad del mango a bajas temperaturas impide su almacenaje en frío por períodos superiores a 10 días. En este trabajo se evaluó el efecto de la fluctuación térmica durante el almacenaje a 6 y/o 13 °C por 30 días, sobre la evolución de la madurez en frutos de mango cv. Piqueño, con el objeto de prolongar su almacenaje sin afectar su calidad. La resistencia de la pulpa a la presión, sólidos solubles, acidez titulable, pH, relación SST/AT y el color de piel y pulpa fueron afectados por las fluctuaciones térmicas. La pérdida de peso fue elevada y el pardeamiento de pulpa se presentó sólo en los tratamientos de baja térmica y en el testigo a 13 °C al final del período de almacenaje y posterior maduración. El mejor tratamiento fue el de 10 días a 6°C + 10 días a 13°C + 10 días a 6°C, el cual produjo un retraso en la maduración sin afectar la calidad del fruto.

PALABRAS CLAVES: Almacenaje refrigerado, fluctuación térmica, daño por frío

A B S T R A C T

Susceptibility of mango fruit to chilling injury does not allow low temperature storage for over 10 days. Single and Dual-temperature treatments of 6 and/or 13 °C for up to 30 days were used to evaluate maturity and quality evolution of mango fruit cv. Piqueño in order to extend postharvest life. Fruit firmness, total soluble solids, titratable acidity, pH, TSS/TA ratio, peel and pulp color were influenced by single- and dual-temperature storage. High fresh fruit weight loss was reported due to dehydration. Internal browning was found only for high temperature storage treatments after 30 days storage and ripening period. The best dual temperature treatment was 10 days at 6 °C + 10 days at 13 °C + 10 days at 6 °C, which showed an extended postharvest life without affecting fruit quality.

KEY WORDS: Cold storage, dual temperature, chilling injury

¹ Financiado por Proyecto FONDECYT 1931014

INTRODUCCION

En Chile, en los últimos años, el cultivo del mango ha despertado un gran interés, principalmente en la I Región, debido a las condiciones climáticas existentes en esta zona, la cual hace abrir una nueva y rentable alternativa a la fruticultura chilena (Ochagavía, 1995).

Comúnmente el mango se transporta por vía aérea, lo que aumenta el costo del producto. Otra alternativa es el transporte marítimo, en el cual la fruta es mantenida refrigerada y/o en atmósfera controlada. Sin embargo, en estas condiciones el fruto se mantiene hasta 30 días, pero su calidad se ve disminuida por los daños causados por las bajas temperaturas (Kapse *et al.*, 1988).

El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la fluctuación térmica durante el almacenaje refrigerado sobre la evolución de la madurez y calidad en frutos de mango cv. Piqueño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de mango cv. Piqueño fueron cosechados en el valle de Azapa (I Región), en estado pre-climacterico, el que se determinó basándose en sus características morfológicas, cavidad pedicelar a un mismo nivel con los «hombros» del fruto (Medlicott *et al.*, 1990), color verde y firme al tacto.

Posteriormente fueron sometidos al tratamiento cuarentenario, de acuerdo a las normas establecidas por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), que consiste en la inmersión del fruto en agua caliente a una temperatura de 46,5 °C durante 65 minutos. Los frutos

fueron embalados a granel en cajas de cartón de 4,5 kg, transportados vía aérea desde Arica a Santiago, y llevados al laboratorio del CEPOC, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile, donde los frutos fueron seleccionados nuevamente, y almacenados a 6 y/o 13 °C por 30 días, de acuerdo a los tratamientos descritos en la Tabla 1.

Tabla 1.
Tratamientos de temperatura y tiempo de almacenaje en frutos de mango cv. Piqueño.

Table 1.
Temperature and storage period treatments in mango fruit cv. Piqueño.

Tratamiento	Condiciones de temperatura y tiempo de almacenaje
6/6/6	6°C por 30 días
6/13/6 (alta térmica)	6°C por 10 días + 13 °C por 10 días + 6°C por 10 días
13/6/13 (baja térmica)	13°C por 10 días + 6°C por 10 días + 13°C por 10 días
13/13/13	13°C por 30 días

Los frutos fueron analizados a los 0, 10, 20 y 30 días de almacenaje, considerando además, 5 días a 18 °C, como simulación de exposición y venta para cada período de almacenaje. Se evaluó color de piel y pulpa mediante el uso de la tabla de colores de Munsell (Tablas 2 y 3). La resistencia de la pulpa a la presión fue medida en 2 puntos equidistantes en la región ecuatorial de cada fruto, utilizando un presionómetro marca Effegi, con émbolo de 7,9 mm. En el jugo obtenido de cada unidad experimental se midió el contenido de sólidos solubles totales (SST) con un refractómetro termocompensado marca Atago. La acidez (AT) de cada unidad experimental se obtuvo mediante la titulación de 10 ml de jugo con

NaOH 0,1 N hasta pH 8,2. Para esto se utilizó un potenciómetro digital marca Cole Parmer modelo 05669-20 y los resultados se expresaron en porcentaje de ácido cítrico. Además, se calculó la relación SST/AT. Todos los frutos fueron pesados al inicio y al final del ensayo, con la finalidad de evaluar la pérdida de peso. El pardeamiento de pulpa fue medido visualmente en cada fruto, para lo cual se partió el fruto por la mitad y se anotó la presencia o ausencia del pardeamiento.

Tabla 2.
Escala utilizada para medir la intensidad de color de piel en frutos de mango cv. Piqueño, basada en la tabla de colores Nickerson.

Table 2.
Peel color intensity scale, based on the Nickerson color fan, for mango fruit cv. Piqueño.

Color	Código	Descripción
1	2.5 GY 5/5	verde
2	2.5 GY 6/8	verde amarillento
3	7.5 Y 7/9	amarillo verdoso
4	5 Y 7/10	amarillo
5	7.5 YR 7/11	naranja

Tabla 3.
Escala utilizada para medir la intensidad de color de pulpa en frutos de mango cv. Piqueño, basada en la tabla de colores Nickerson.

Table 3.
Pulp color intensity scale, based on the Nickerson color fan, for mango fruit cv. Piqueño.

Color	Código	Descripción
1	7.5 Y 9/8	amarillo verdoso
2	2.5 Y 9/9	amarillo
3	2.5 Y 8/12	naranja

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos. La unidad experimental fue de una caja con 10 frutos y se realizaron 4 repeticiones por tratamiento. Se realizó análisis de varianza mediante el procedimiento GLM de

SAS y la prueba de comparaciones múltiples de Duncan al 5% para evaluar los resultados. Los análisis fueron hechos entre tratamientos dentro de una misma fecha y entre fechas de evaluación para cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resistencia de la pulpa a la presión

El ablandamiento de los frutos del tratamiento 6/6/6 no fue suficiente a lo largo del tiempo de almacenaje y a los 30 días de almacenaje más 5 días a 18°C perdieron su capacidad de ablandamiento, presentando una firmeza de 3,2 kg (Tabla 4), lo que indica que sufrieron un desbalance en su metabolismo de ablandamiento, que podría deberse a que el mango es un fruto sensible al almacenaje prolongado a bajas temperaturas. Según Kane *et al.* (1978), uno de los síntomas del daño por frío es la falta de ablandamiento de la pulpa, causado por una disfunción de la membrana mitocondrial, produciendo un desbalance enzimático en las células del mesocarpio.

Con respecto a la cosecha, los mangos de todos los tratamientos se ablandaron, pero el tratamiento 13/13/13 perdió firmeza de la pulpa sólo hasta la fecha 20 mientras que en los tratamientos 13/6/13 y 6/13/6 perdieron firmeza gradualmente durante todo el ensayo, llegando al final con 1,1 y 1,4 kg, respectivamente (Tabla 4). Estos resultados coinciden con los datos de Medlicott *et al.* (1990); Seymour *et al.* (1990) y Thomas y Joshi (1988), quienes encontraron que el ablandamiento de la pulpa es dependiente de la temperatura de

maduración, pudiendo deberse a que el ablandamiento es una consecuencia de la acción de la poligalacturonasa y celulasa sobre las pectinas de la pared celular y a que, a bajas

temperaturas, las actividades de estas enzimas disminuyen (Roe y Bruemmer, 1981), lo que también explicaría las diferencias encontradas al final del ensayo.

Tabla 4.
Resistencia de la pulpa a la presión (kg) en frutos de mango cv. Piqueno almacenados bajo distintos periodos y condiciones de temperatura.

Table 4.
Fruit firmness (kg-f) in Piqueno mango fruit stored under different storage periods and temperature conditions.

Tratamiento	Fechas (días)								
	0	0+5 ^z	10	10+5	20	20+5	30	30+5	C.V. (%)
6/6/6	6,7A ^y	1,3 D	5,9 ABa ^x	1,1 Da	6,5 Aa	1,6 Da	5,0 Ba	3,2 Ca	17,3
6/13/6	6,7A	1,3 CD	5,9 Ba	1,1 CDa	1,9 Cb	0,90 Db	1,5 CDb	1,4 CDb	20,8
13/6/13	6,7A	1,3 CD	3,0 Bd	0,72 Db	1,6 Cb	1,0 Cdb	1,3 CDb	1,1 CDc	21,6
13/13/13	6,7A	1,3 C	3,0 Bd	0,72 Cb	1,2 Cc	0,86 Cc	1,0 Cb	1,0 Cc	22,6
C.V. (%)	-	-	30,0	14,4	8,9	6,5	25,1	8,0	-

^z Las fechas n+ 5 representan el periodo de exposición y venta simulada en cámara de maduración a 18°C durante 5 días.

^y Letras mayúsculas distintas en la misma fila indican diferencias significativas entre fechas. Duncan 5%.

^x Letras minúsculas distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos. Duncan 5%.

Sólidos solubles totales

En todos los tratamientos los frutos aumentaron sus niveles de SST en por lo menos 50% en relación al nivel inicial, que fue de 10,7° Brix. Sin embargo, la fecha en que alcanzaron el nivel máximo fue distinta (Tabla 5). El aumento de los SST en todos los tratamientos, está de acuerdo con los datos encontrados por Seymour *et al.* (1990); Medlicott *et al.* (1986 y 1990), pudiendo deberse a que los sólidos solubles están constituidos principalmente por azúcares solubles provenientes de la acción de la α y β amilasa sobre el almidón (Parish *et al.*, 1990), que constituye el 15% del fruto inmaduro (Hulme, 1974), y que según Khader (1992), la actividad de la α amilasa es dos veces más alta a temperatura ambiente que a 15 °C,

por lo tanto, el almidón también es hidrolizado a bajas temperaturas, pero a una menor velocidad. Esto explicaría las diferencias encontradas en el tiempo en que tardó cada tratamiento en llegar a su valor máximo.

El menor aumento encontrado al final del ensayo, en frutos del tratamiento 13/13/13, concuerda con los datos aportados por Noomhorm y Tiasuwan (1988), quienes también registraron menores sólidos solubles a los 20 días a 13 °C. Esto podría deberse a que al final de la maduración el contenido total de azúcares reductores disminuye debido a que el fruto usa estos azúcares y ácidos orgánicos para su metabolismo de respiración y para otros procesos que consumen energía (Fuchs *et al.*, 1980).

Tabla 5. Contenido de sólidos solubles totales (*Brix) en frutos de mango cv. Piqueño almacenados bajo distintos periodos y condiciones de temperatura.

Table 5. Total soluble solids (*Brix) in Piqueño mango fruit stored under different storage periods and temperature conditions.

Tratamiento	Fechas (días)								C.V. (%)
	0	0+5 ^z	10	10+5	20	20+5	30	30+5	
6/6/6	10,7B ^y	14,4 A	13,5 Ba ^x	13,6 Aa	11,7 Bb	14,0 Aa	13,8 Aab	15,0 Aa	7,1
6/13/6	10,7C	14,4 A	13,5 BCa	13,6 ABa	13,5 ABa	13,7 ABa	15,0 Aa	15,1 Aa	7,4
13/6/13	10,7C	14,4 B	12,1 Ba	13,6 Ba	13,7 Ba	14,1 Ba	14,1 Bab	16,8 Aa	4,2
13/13/13	10,7C	14,4 A	12,1 ABa	13,6 ABa	13,6 ABa	14,1 ABa	12,8 Bb	12,7 Bb	6,4
C.V. (%)	-	-	10,1	4,5	3,8	6,5	25,1	8,0	-

^z Las fechas n+5 representan el periodo de exposición y venta simulada en cámara de maduración a 18°C durante 5 días.

^y Letras mayúsculas distintas en la misma fila indican diferencias significativas entre fechas. Duncan 5%.

^x Letras minúsculas distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos. Duncan 5%.

Acidez titulable

En todos los tratamientos los mangos perdieron acidez, sin embargo esta pérdida fue influenciada por la temperatura de almacenaje. Al final del ensayo se registraron diferencias significativas entre todos los tratamientos, indicando una marcada influencia de la fluctuación térmica sobre la pérdida de acidez titulable (Tabla 6).

La pérdida de acidez está de acuerdo con los datos de Khader *et al.* (1992), lo que podría deberse a que en la maduración del fruto de mango ocurre una disminución de la acidez titulable (Lazan *et*

al., 1993), puesto que los ácidos orgánicos, al igual que los azúcares, son utilizados como sustrato en la respiración (Ruiz y Guadarrama, 1992), y la tasa respiratoria esta directamente relacionada con la temperatura. Sin embargo, este metabolismo puede ser disminuido por bajas temperaturas (O'Hare y Prasad, 1993), lo que explicaría las diferencias encontradas entre los tratamientos, que coinciden con los datos de Gavis (1995 a,b); Roy y Joshi (1988) y Vázquez-Salinas y Lakshiminarayana (1985), ya que los frutos de los tratamientos con baja temperatura (6/6/6 y 6/13/6) presentaron los niveles de acidez más altos.

Tabla 6. Acidez titulable en porcentaje de ácido cítrico en mangos cv. Piqueño almacenados bajo distintos periodos y condiciones de temperatura.

Table 6. Titratable acidity (% citric acid) in Piqueño mango fruit stored under different storage periods and temperature conditions.

Tratamiento	Fechas (días)								C.V. (%)
	0	0+5 ^z	10	10+5	20	20+5	30	30+5	
6/6/6	0,99A ^y	0,45 D	0,97 Aa ^x	0,43 Da	0,90 ABa	0,51 Da	0,70 Ca	0,75 BCa	16,0
6/13/6	0,99A	0,45 C	0,97 Aa	0,43 CDa	0,62 Bb	0,28 Db	0,58 BCa	0,43 CDb	17,0
13/6/13	0,99A	0,45 C	0,70 Ba	0,23 Db	0,51 Cc	0,24 Db	0,30 Db	0,28 Dc	20,1
13/13/13 [*]	0,99A	0,45 C	0,70 Ba	0,23 Db	0,25 Dd	0,17 Dc	0,20 Db	0,13 Dd	22,5
C.V. (%)	16,9	13,5	21,0	4,5	9,5	14,1	25,1	8,0	-

^z Las fechas n+5 representan el periodo de exposición y venta simulada en cámara de maduración a 18°C durante 5 días.

^y Letras mayúsculas distintas en la misma fila indican diferencias significativas entre fechas. Duncan 5%.

^x Letras minúsculas distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos. Duncan 5%.

pH del jugo

En todos los tratamientos aumentó el pH del jugo de la pulpa durante el almacenaje (Tabla 7). La influencia de la temperatura en el aumento del pH del jugo de la pulpa también fue encontrado por Gavis (1995a) y Vázquez-Salinas y Lakshiminarayana (1985), quienes encontraron que a 10 °C el pH fue menor que a 20 °C.

Al final del ensayo se registraron diferencias significativas entre tratamientos, mostrando una clara influencia de la temperatura en el pH (Tabla 7). Los tratamientos 6/13/6, 13/6/13 y 13/13/13, obtuvieron pH en el jugo de la pulpa similares a los informados por Hulme (1974).

Tabla 7.
pH de pulpa en mangos cv. Piqueño almacenados bajo distintos periodos y condiciones de temperatura.

Table 7.
Pulp pH in Piqueño mango fruit stored under different storage periods and temperature conditions.

Tratamiento	Fechas (días)								C.V. (%)
	0	0+5 ^z	10	10+5	20	20+5	30	30+5	
6/6/6	3,5 D ^y	4,1 A	3,5 Da ^x	4,1 Ab	3,5 Dc	3,9 Bc	3,7 Cd	3,8 BCd	2,6
6/13/6	3,5 D	4,1 B	3,5 Da	4,1 Bb	3,8 Cb	4,4 Ab	3,9 Cc	4,1 Bc	2,5
13/6/13	3,5 F	4,1 C	3,8 Ea	4,6 Aa	3,9 Db	4,4 Ab	4,4 Ab	4,4 Ab	1,9
13/13/13	3,5 D	4,1 E	3,8 Fa	4,6 BCa	4,4 Da	4,7 Ba	4,6 Ca	4,9 Aa	1,8
C.V. (%)	1,7	2,6	4,0	1,7	1,7	1,5	1,9	2,2	-

^z Las fechas n+5 representan el período de exposición y venta simulada en cámara de maduración a 18°C durante 5 días.

^y Letras mayúsculas distintas en la misma fila indican diferencias significativas entre fechas. Duncan 5%.

^x Letras minúsculas distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos. Duncan 5%.

Relación sólidos solubles/acidez (SST/AT)

El valor inicial de 10,8 indica que los frutos todavía no han desarrollado su sabor, presentándose frutos ácidos. La relación SST/AT estuvo totalmente influenciada por la evolución de la acidez. Según Medlicott *et al.* (1990), las mejores relaciones SST/AT se obtienen a 22 °C porque a bajas temperaturas el mango no disminuye su acidez, lo que le confiere una pérdida de sabor, lo que podría

explicar los bajos valores encontrados por los tratamientos 6/6/6 y 6/13/6 (Tabla 8). En el caso del tratamiento 13/13/13 la alta relación SST/AT, se piensa que podría obedecer a que el cv. Piqueño fue capaz de disminuir su acidez aun en condiciones de almacenamiento a 13 °C, aumentando así el valor de la relación SST/AT. En temperaturas inferiores, como en el caso de los otros tratamientos eso no ocurrió.

Tabla 8.

Relación sólidos solubles/acidez en frutos de mango cv. Piqueño almacenados bajo distintos periodos y condiciones de temperatura.

Table 8.

Soluble solids/titratable acidity ratio in Piqueño mango fruit stored under different storage periods and temperature conditions.

Tratamiento	Fechas (días)								C.V. (%)
	0	0+5 ^a	10	10+5	20	20+5	30	30+5	
6/6/6	10,8 C ²	32 A	13,9 Db [*]	31,6 Aa	13,1 Cc	27,4 Ac	19,7 Bc	20,0 Bb	16,3
6/13/6	10,8 E	32 BC	13,9 Eb	31,6 BCd	21,8 Dd	48,9 Ab	25,8 CDc	31,5 Bc	16,9
13/6/13	10,8 E	32 C	17,3 Da	59,2 Aa	26,9 Cd	58,7 Ab	47,0 Bb	60,0 Ab	11,9
13/13/13	10,8 E	32D	17,3 Ea	59,2 Ca	54,6 Ca	82,9 Ba	64,0 Ca	97,1 Aa	13,2
C.V. (%)	16,52	13,07	25,0	7,5	14,6	12,8	9,2	16,4	-

^a Las fechas n+5 representan el período de exposición y venta simulada en cámara de maduración a 18°C durante 5 días.

^y Letras mayúsculas distintas en la misma fila indican diferencias significativas entre fechas. Duncan 5%.

^x Letras minúsculas distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos. Duncan 5%.

Intensidad del color de piel

Los resultados de la intensidad del color de piel mostrados en la Figura 1, indican que en todos los tratamientos los mangos cambiaron de color influenciados por la temperatura. En el tratamiento 6/6/6 apenas se alcanzó el color 2, correspondiente al verde amarillento (2,5 GY 6/8). En el tratamiento 6/13/6 el cambio de color comenzó partir de la fecha 10 y alcanzó al final (30 + 5 días a 18 °C) un 75% del color 4, correspondiente al amarillo (5 Y 7/10), lo que le confiere baja calidad en este parámetro. En el tratamiento 13/6/13, el color empezó a cambiar a partir de la fecha 10 y llegó al final con un 25% del color 4, correspondiente al amarillo y un 75% del color 5, correspondiente al naranja (7,5 YR 7/11), lo que le confiere calidad en este parámetro. En el tratamiento 13/13/13 se alcanzó un 100% del color 5, correspondiente al naranja, lo que significa una excelente calidad. Estos resultados están de acuerdo con los datos encontrados por Roy y Joshi (1988) y O'Hare y Prasad (1993), quienes encontraron que el

color de la piel del fruto de mango es dependiente de la temperatura de almacenamiento.

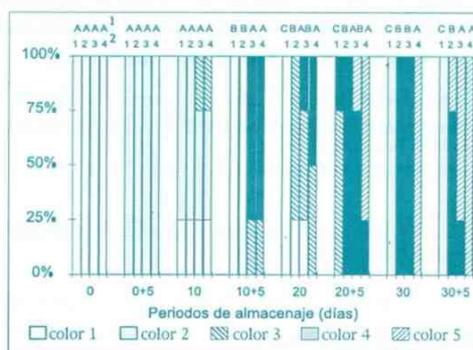


Figura 1.

Evolución de la intensidad del color de piel en frutos de mango cv. Piqueño, almacenados bajo distintos tratamientos térmicos.

¹ Análisis estadístico.

² Tratamientos: 1(6/6/6), 2(6/13/6), 3(13/6/13) y 4(13/13/13)

Figure 1.

Peel color intensity evolution in Piqueño mango fruit under dual temperature treatments.

Intensidad del color de pulpa

Los cambios de color de pulpa también fueron influenciados por los tratamientos térmicos. En general los tratamientos 6/13/6, 13/6/13 y 13/13/13, desarrollaron el mejor color de pulpa (color 3), mientras que el tratamiento 6/6/6 alcanzó al final del ensayo, sólo un 50% del color 3, correspondiente al naranja (2,5 Y 8/12) (Figura 2).

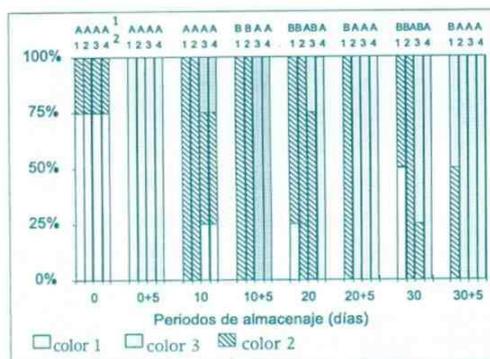


Figura 2. Evolución del color de pulpa en mangos cv. Piqueño, almacenados bajo distintos tratamientos térmicos.
¹ Análisis estadístico.
² Tratamientos: 1(6/6/6), 2(6/13/6), 3(13/6/13) y 4(13/13/13)

Figure 2. Pulp color evolution in Piqueño mango fruit under dual temperature treatments.

Pérdida de peso

La pérdida de peso fue excesiva en los cuatro tratamientos, cercana a 20%. Los tratamientos 13/6/13 y 13/13/13 registraron una pérdida de peso significativamente mayor que los tratamientos 6/6/6 y 6/13/6, estas diferencias se establecieron a los 10 días y siguieron hasta el final del ensayo. (Figura 3).

La excesiva pérdida de peso se debió a la baja humedad relativa de las cámaras (70%). Según

Subramanyam *et al.* (1975), la pérdida de peso de frutos de mango durante el almacenaje a 10 °C y a 95% HR es de 5%. Miller *et al.* (1983) registraron 6,7% a 12°C con 90% de HR, y Campos y Yahia (1993), trabajando con frutos tratados hidrotérmicamente y almacenados a 10 °C registraron una pérdida de peso de 4,8% a los 21 días.

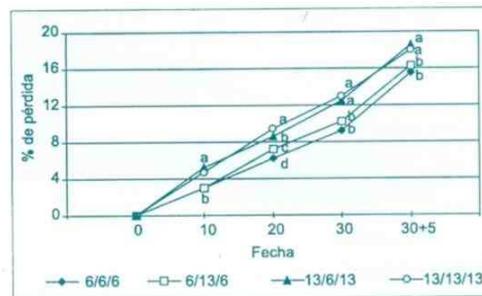


Figura 3. Porcentaje de pérdida de peso en frutos de mangos cv. Piqueño, almacenados bajo distintas condiciones térmicas.

Figure 3. Loss weight percentage in Piqueño mango fruit under different dual temperature conditions.

Pardeamiento de la pulpa

Durante el almacenaje, ningún tratamiento presentó pardeamiento de la pulpa, sin embargo, al final del ensayo (30 + 5 días a 18°C), los tratamientos 13/6/13 y 13/13/13 presentaron niveles altos de pardeamiento, 80 y 20% respectivamente, mientras que los tratamientos 6/6/6 y 6/13/6 no lo presentaron (Figura 4).

El pardeamiento encontrado en el tratamiento 13/13/13 puede obedecer a la sobremadurez, mientras que el presentado por el tratamiento 13/6/13, puede ser debido a que el fruto empezó su proceso de maduración a 13 °C y después de los 10 días, fue expuesto a

temperaturas tan bajas como 6 °C. Seymour *et al.* (1990), encontraron mejor calidad en frutos inmaduros, almacenados a bajas temperaturas, que frutos maduros. Kane *et al.* (1978), encontraron que frutos inmaduros del cultivar Alphonso pueden ser almacenados a 7 °C por 30 días, mientras que frutos maduros son extremadamente sensibles al frío.



Figura 4. Pardeamiento de pulpa en los cuatro tratamientos en la fecha 30 + 5 días a 18 °C

Figure 4. Pulp internal browning in four treatments in date 30 + 5 days at 18 °C.

CONCLUSIONES

El proceso de maduración del mango cv. Piqueño se retrasa en condiciones de almacenaje a 13 °C, pero no lo suficiente para llegar a los 35 días, pues en esta fecha el fruto se encuentra sobremaduro. Sin embargo para períodos más cortos como 20 días + 5 días a 18 °C, se podría recomendar el almacenaje a 13 °C.

Los mangos cv. Piqueño soportaron bien el almacenaje a 6 °C hasta 20 días, lo que nos hace creer que presentan una larga vida post-cosecha y una buena tolerancia a bajas temperaturas.

El fruto del cultivar Piqueño en estado pre-climacterico, soporta bastante bien el almacenaje a bajas temperaturas, el único parámetro afectado fue la acidez titulable de la pulpa, lo que produce una pérdida de sabor, sin embargo esto podría ser mejorado si el fruto es mantenido por 8 días a temperaturas cercanas a 22 °C, lo que clasificaría el tratamiento 6/13/6 como el mejor tratamiento.

LITERATURA CITADA

CAMPOS, J. P. and YAHIA, E. M. 1993. Efecto del tratamiento hidrotérmico sobre la maduración y calidad del mango. IV Simposio Internacional de Manejo, Calidad y Fisiología Postcosecha de Frutos. CEPOC. Fac. de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, 7 al 9 de Septiembre.

FUCHS, Y.; PESIS, E. and ZAUBERMAN, G. 1980. Changes in amylase activity, starch and sugars contents in mango fruit pulp. *Scientia Horticulturae* 13:155-160.

GAVIS, J.A.V. 1995a. Conservación del mango variedad Tommy Atkins utilizando diferentes concentraciones de permanganato de potasio

(KMnO₄) y temperatura de refrigeración. En: Simposio Internacional de Mango Postcosecha y Perspectivas de Comercialización de Frutos y Hortalizas. Bogotá, Junio 27-30 de 1995.

GAVIS, J.A.V. 1995b. Conservación del mango variedad Tommy Atkins en atmosfera modificada. En: Simposio Internacional de Mango Postcosecha y Perspectivas de Comercialización de Frutos y Hortalizas. Bogotá, Junio 27-30 de 1995.

HULME, A.C. 1974. The mango. In: Hulme, A. C. (ed). *The biochemistry of fruits and their products*. Academic Press, New York. Vol. 2, p.233-253.

- KANE, O.; MARCELLIN, P. and MAZLIAK, P. 1978. Incidence of ripening and chilling injury on the oxidative activities and fatty acid compositions of the mitochondria from mango fruit. *Plant Physiol.* 61: 634-638.
- KAPSE, B. M.; RANE, D. A. and KHEDKAR, D. M. 1988. Correlation between bio-chemical parameters and organoleptic evaluation in mango varieties. *Acta Horticulturae* 231:756-762.
- KHADER, S. E. S. A. 1992. Effect of gibberellic acid and vapor gard on ripening, amylase and peroxidase activities and quality of mango fruit during storage. *J. Hort. Sci.* 67(6):855-860.
- LAZAN, H.; MOHD ALLI, Z.; SOH, J. S. and TALKAH, Z. 1993. The biochemical basis of differential ripening in mango. *Acta Horticulturae* 341:500-509.
- MEDLICOTT, A. P.; SIGRIST, J. M. M. and SY, O. 1990. Ripening of mango following low temperature storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115 (3):430-434.
- MEDLICOTT, A. P.; REYNOLDS, S. B. and THOMPSON, A. K. 1986. Effects of temperature on the ripening of mango fruit (*Mangifera indica* L. var. Tommy Atkins). *J. Sci. Food Agric.* 37:469-474.
- MILLER, W. R.; HALE, P. W.; SPALDING, D. H. and DAVIS, P. 1983. Quality and decay of mango fruit wrapped in heat-shrinkable film. *HortScience* 18 (6):957-958.
- NOOMHORM, A. AND TIASUWAN, N. 1988. Effect of controlled atmosphere storage for mango. *Amer. Soc. of Agric. Eng. Paper No. 886589*, 8 pp.
- OCHAGAVIA, A. V. 1995. *Atmósfera controlada en frutos de mango (Mangifera indica L.) cvs. Piqueño, Tommy Atkins y Kent. Memoria de Título. Fac. Cs. Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 87p.*
- O'HARE, T. J. and PRASAD, A. 1993. The effect of temperature and carbon dioxide on chilling symptoms in mango. *Acta Horticulturae* 343:244-250.
- PARISH, H. R.; NAIR, G. M. and MODI, V. V. 1990. Some structural changes during ripening of mangoes (*Mangifera indica* L. var. Alphonso) by abscisic acid treatment. *Annals of Botany* 65:121-127.
- ROE, B. and BRUEMMER, J. H. 1981. Changes in pectic substances and enzymes during ripening and storage of Keitt mangos. *J. Food Sci.* 46:186-189.
- ROY, S. K. and JOSHI, G. D. 1988. An approach to integrated post-harvest handling of mango. *Acta Horticulturae* 231:649-661.
- RUIZ, M. y GUADARRAMA, A. 1992. Comportamiento postcosecha del mango (*Mangifera indica*) tipo Bocado durante maduración controlada. *Revista de la Facultad de Agronomía de Maracay*, 18:79-83.
- SEYMOUR, G. B.; N DIAYE, M.; WAINWRIGHT, H. and TUCKER, G. A. 1990. Effects of cultivar and harvest maturity on ripening of mangoes during storage. *J. Hort. Sci.* 65 (4): 479-483.
- SUBRAMANYAM, H.; KRISHNAMURTHY, S. and PARPIA, H. A. R. 1975. Physiology and biochemistry of mango fruit. *Advances in Food Research* 21:223-305.
- THOMAS, P. and JOSHI, M. R. 1988. Reduction of chilling injury in ripe Alphonso mango fruit in cold storage by temperature conditioning. *Inter. J. Food Sc. Technol.* 23: 447-455.
- VAZQUEZ-SALINAS, C. and LAKSHIMI-NARAYANA, S. 1985. Compositional changes in mango fruit during ripening at different storage temperatures. *J. Food. Sci.* 50: 1646-1648.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS DE DESHIDRATACION DE CIRUELAS Y UVAS-PASAS EN CALIFORNIA Y EN CHILE¹

Comparative Analysis of the Dehydration Systems for Prunes and Raisins in California and Chile

CARLOS SILVA P. y L. ANTONIO LIZANA M.
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago

Recepción de originales: 14 de mayo de 1997.

R E S U M E N

Se analizan comparativamente el sistema producción-cosecha-deshidratación-procesado, los tipos de productos y los controles de calidad.

Las mayores diferencias, tanto en los sistemas de deshidratación-procesado como en los controles de calidad, se encuentran en las uvas-pasas. Mientras las pasas, en California, son principalmente obtenidas de vides destinadas a ese objeto con una madurez determinada para producto en fresco, en Chile se utilizan uvas de descarte de exportación.

En California se utiliza fundamentalmente el sistema de secado natural en la viña misma y en menor magnitud mediante túneles de secado con tecnología avanzada. En Chile, en cambio la mayor parte de las pasas son obtenidas mediante el secado al sol en terrenos especialmente habilitados para ello, parte de las cuales son posteriormente terminadas en túneles de deshidratación.

A B S T R A C T

The systems of prune and raisin production, harvest dehydration, and processing, as well as the source of raw products and quality controls used in Chile and California were compared.

The main differences were found in the raisins. In California, these are mostly obtained from raisin grape vineyards with a maturity determined for the fresh product, whereas in Chile they are obtained from the culling process of grapes prior to exportation.

The system generally practiced in California is the natural drying of grapes at the same vineyard. Sometimes drying tunnels of advanced technology are used.

In Chile, instead, raisins are mostly obtained by sun drying in specially prepared sites. Some of these raisins are finished in drying tunnels.

¹ Trabajo presentado al XL Congreso Agronómico de la Sociedad Agronómica de Chile.

También se observaron fuertes diferencias en los sistemas de control de calidad, tanto en pasas morenas como en pasas rubias. En el caso de las ciruelas deshidratadas se observaron, a excepción del sistema de cosecha, tipificación y control de calidad, mayores similitudes en cuanto al sistema de secado.

PALABRAS CLAVE: Deshidratación, Ciruelas, Pasas

INTRODUCCION

En los últimos años en Chile la exportación de productos deshidratados ha aumentado en forma significativa, especialmente en el caso de ciruelas y pasas. En el caso de ciruelas donde la fruta se cultiva específicamente con ese objetivo y es prácticamente toda del cv. d'Agén (*Prunus domestica* L.) sus exportaciones en volumen crecieron en 14,3% entre los años 1990 y 1996. En el caso de las exportaciones de pasas su crecimiento ha sido sostenido observándose un aumento de 14,5% entre 1990 y 1996 (ODEPA 1997 y Schwartz 1993).

La tecnología aplicada en Chile para la deshidratación ha ido mejorando paulatinamente a través de los años. Sin embargo al hacer una comparación con los sistemas de deshidratación utilizados en California (EE.UU.) se observan diferencias y similitudes.

METODOLOGIA

Se compararon 3 plantas deshidratadoras y dos empresas comercializadoras de pasas y ciruelas que llevan a cabo el proceso de selección y embalaje final de California (EE.UU.).

Los antecedentes de Chile se obtuvieron de publicaciones especializadas (Escobar 1988),

In additions, marked differences were observed in the quality control systems for both dark and golden raisins.

In the case of prunes, greater similitude's were found in the drying systems used in these countries.

KEY WORDS: Dehydration, Prune, Raisin

y de consultas directas a empresarios y deshidratadores.

RESULTADOS Y DISCUSION

Uvas Pasas

La primera gran diferencia entre la pasa Californiana y Chilena la constituye el origen de la materia prima. (Tabla 2).

En California se destinan plantaciones de vid exclusivamente para la producción de pasas cosechándose las uvas con un contenido de Sólidos Solubles 20-22 °B. En cambio en Chile las pasas se obtienen con materia prima de descarte de uva de exportación (T. Seedless y Flame) que normalmente se cosecha entre 16-18 °B.

Esto significa que el criterio de madurez de cosecha es fundamentalmente diferente, redundando en una diferencia de calidad del producto final por éste sólo hecho.

Además de la diferencia que constituye el distinto estado fisiológico de desarrollo, existe

en California más uniformidad en la materia prima con relación a tamaño, sanidad y defectos en general.

En términos del proceso de secado la principal diferencia para pasas hechas al sol está en el lugar de secado. En California la uva se corta y se pone sobre papeles entre hileras de vid que han sido previamente preparadas con este objeto, dándole una inclinación para lograr una mejor exposición al sol. En Chile la materia prima para secado se lleva a canchas especialmente habilitadas para este objeto.

Aquí se produce otra diferencia, y se refiere al tiempo que puede permanecer la baya después de cosechada antes que se inicie el proceso de deshidratado al sol. En California es inmediato después de la corta, y en el mismo lugar. En Chile la uva es cortada, transportada a la selección donde la que no es apta para exportación, que puede incluir racimos enteros o trozos de racimos, se acopia en las mismas cajas cosechadoras, se almacena (a veces en frío) y luego se transporta a los lugares destinados para deshidratar.

El material usado para envolver las pasas después de cortadas va desde papel escrito de diarios a láminas de plástico de diversos orígenes.

En algunos casos las pasas son llevadas a deshidratadoras para ser lavadas y pasadas por horno para su secado posterior.

En ambas partes las pasas rubias se obtienen a través del deshidratado por túneles en los cuales han sido azufradas.

En cuanto a las pasas, las uvas que son secadas al sol se exponen directamente sin ningún tratamiento previo y en un plazo de aproximadamente 20 a 25 días han llegado a un nivel de humedad de alrededor del 15% en el caso chileno y de un 10 a 11% en el caso de California.

La diferencia se produce fundamentalmente porque en Chile la uva se extiende en canchas donde se mueve cada cierto número de días con una especie de rastrillo tratando de homogenizar el secado. Una vez alcanzado éste, se recogen y llevan a bodega.

En California los racimos se colocan en hojas de papel entre las hileras y entre 10 y 12 días según el estado del secado se dan vuelta dejándolas en el mismo papel. Aproximadamente a los 20 días se hace un paquete y se dejan cerradas y recibiendo todo el impacto del calor otros 4 o 5 días con lo cual se homogeniza la humedad del paquete.

Otra diferencia está en la temperatura ambiente ya que la zona productora de pasas en el valle de San Joaquín (California) tiene temperaturas mínimas de 4 o 5 °C más altas que las que se detectan en Chile, incluso en las zonas de Ovalle y San Felipe para los meses de más calor.

Ciruelas

Para ciruelas la principal diferencia entre Chile y California está en el sistema de cosecha ya que la producción de fruta utiliza una tecnología similar. (Tabla 1).

Tabla 1.
Sistemas de producción, cosecha, deshidratación y procesado, para ciruelas deshidratadas en California y Chile.

Table 1.
Production, harvest, dehydration and processing systems for prunes in California and Chile.

País	Sistema Producción - Cosecha	Sistema Deshidratación - Procesado
CHILE	<ul style="list-style-type: none"> • Principalmente cv. d' Agen secundariamente President • Poda larga • Cosecha Manual 	<ul style="list-style-type: none"> • Muchas empresas hacen pre-secado al sol y se terminan en túneles deshidratadores • Comercialización a través de diversas empresas con marcadas diferencias en selección y embalaje.
CALIFORNIA	<ul style="list-style-type: none"> • Cv. d' Agen • Poda corta • Cosecha mecanizada con máquina remecedora 	<ul style="list-style-type: none"> • Solamente túneles deshidratadores • Selección y embalaje en grandes empresas comercializadoras (Cooperativa de Productores.)

Tabla 2.
Sistemas de producción, cosecha, deshidratación y procesado para pasas en California y en Chile

Table 2.
Production, harvest, dehydration and processing systems for raisins in California and Chile

País	Sistema Producción - Cosecha	Sistema Deshidratación - Procesado
CHILE	<ul style="list-style-type: none"> • Principalmente cultivares Thompson Seedless y Flame de descarte de exportación. • Sistema parronal. • Cosecha se realiza con sólidos solubles 16 - 18 °Brix. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uva se coloca en canchas especialmente habilitadas para secado al sol 20 - 25 días. • T °máx. (San Felipe)= 32,3 °C (Febrero). • T °mín. (San Felipe)= 11,4 °C (Febrero).
CALIFORNIA	<ul style="list-style-type: none"> • Plantaciones principalmente T. Seedless exclusivamente para pasas. • Sistema "espaldera". • Cosecha se realiza con Sólidos Solubles 20 - 22 °Brix. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uva se coloca en hojas de papel entre plantaciones de vid. A los 20 días se hace paquete y se dejan por 4 o 5 días más. • T °máx. (Fresno)= 36,1 °C (Agosto). • T °mín. (Fresno)= 17,2 °C (Agosto).

En cuanto a la cosecha en California ésta se realiza fundamentalmente en forma mecanizada por medio de una máquina remecedora del árbol la que se complementa con una bandeja que recibe la fruta al caer, pasando a "bins" que la transporta del huerto a los camiones que van a las plantas deshidratadoras.

En Chile la cosecha se efectúa principalmente en forma manual y se recibe en "bins" como en cajas cosecheras (caja 3/4) las cuales son llevadas posteriormente a deshidratadoras.

También es necesario mencionar que en Chile en algunos casos la ciruela también se seca en canchas al sol y según las condiciones climáticas, se terminan o no, en túneles deshidratadores.

Respecto al sistema deshidratación - procesado podemos mencionar que en general hay bastante similitud en las líneas de flujo del proceso presentándose los diferentes aspectos puntuales del mismo. (Tablas 1 y 3).

Tabla 3.
Proceso de obtención de la ciruela deshidratada en Chile.

Table 3.
Steps for prune processing in Chile.

Equipo o Etapa	Comentarios
1. Lavado y selección en tres tamaños	Se separa en tres calibres para uniformar el secado
2. Embandejado	Colocación del producto fresco en bandejas
3. Deshidratación (*)	Período de secado entre 24-36 hrs.
4. Exudación	Homogeneización de humedad en el producto
5. Clasificación por tamaño e inspección	Se separa fruta por calibre eliminando además defectuosas
6. Esterilización	Remojo de algunos segundos en agua hirviendo
7. Envasado	En cajas de maderas de 10 Kg.
8. Tiernizado (alternativamente a 6)	En esta operación se sube la humedad a 30- 32%
9. Eventualmente extracción del carozo	Operación semi- manual
10. Envasado	Cajas de madera y bolsas de plástico flexible

(*) Equipo importante en línea; es determinante en la capacidad instalada y/o en la inversión.

Fuente: "Diagnóstico de la potencialidad agroindustrial del sector hortofrutícola". Escobar A. Luis. CORFO - CHILE (1988).

En cuanto a las ciruelas de California todas se secan en túneles de deshidratación y después se envían al proceso de selección y embalaje a grandes empresas especializadas.

En Chile una parte importante de las ciruelas son presecadas al sol y posteriormente terminadas en túneles deshidratadores. Su comercialización se hace a través de diversas empresas con marcadas diferencias en el

procesamiento final de selección y embalaje lo cual implica calidades diferentes.

Las líneas de flujo en Chile de los procesos de deshidratación de ciruelas y pasas se indican a continuación (Tablas 3 y 4).

También se muestran los coeficientes técnicos de producción y los datos de operación de los túneles deshidratadores (Tablas 5, 6 y 7) para ciruelas y pasas.

Tabla 4.
Proceso de elaboración de pasas en Chile.

Table 4.
Steps for raisin processing in Chile.

Equipo o Etapa	Comentarios
1. Corte de racimos	Mejora velocidad de deshidratación.
2. Tratamiento con soda para permeabilizar la piel de la fruta	Para acelerar la deshidratación.
3. Clasificación por tamaño	Segregar producto de acuerdo a tamaño.
4. Azufrado (optativo)	Para obtener color rubio en la pasa se trata con SO ₂ .
5. Deshidratación (*)	Tiempos de secado entre 20 y 30 hrs..
6. Despegado y envasado	Homogeneización de la humedad.
7. Despalado/despallado y selección por tamaño (3)	Eliminación partes no comestibles (escobajo, palillo).
8. Inspección	Eliminación de bayas que presentan daño.
9. Esterilización	Tratamiento corto de remojo en agua hirviendo.
10. Envasado	Cajas de madera de capacidad 10Kg..

(*) Equipo importante en línea; es determinante en la capacidad instalada y/o en la inversión.

Fuente: "Diagnóstico de la potencialidad agroindustrial del sector hortofrutícola". Escobar A. Luis. CORFO - CHILE (1988).

Tabla 5.
Coeficientes técnicos de producción en Chile.

Table 5.
Technical production coefficients in Chile.

	Ciruelas Secas	Pasas
• Relación mat. prima /prod.		
- Teórico (Ton/Ton)	3:1	4,5:1
- Promedio reportado (Ton/Ton)	3,8:1	4,6:1
• Uso de Combustible:		
- Tunel c/leña (Ton/Ton seca)	1,30 - 1,80	2,30 - 3,00
- Tunel c/ parafina (Ton/Ton seca)	0,20 - 0,25	0,30 - 0,40
- Leña (Ton/Ton seca)	0,07	0,35
- Total leña (Ton/Ton seca)	1,40 - 1,90	2,65 - 3,35
• Uso de Energía Eléctrica		
- Tunel (KWH/Ton Seca)	165,0	120,5
- Otros equipos (KWH/Ton Seca)	18,5	37,8
- Total (KWH/Ton Seca)	183,5	15,3
• Mano de Obra Directa:		
- Jorn. Hombre/Ton Seca)	4,2	11,0

Fuente: "Diagnóstico de la potencialidad agroindustrial del sector hortofrutícola". Escobar A. Luis. CORFO - CHILE (1988).

Tabla 6.
Datos de operación de túneles deshidratadores para ciruelas.

Table 6.
Operational data of dehydration tunnels for prunes.

	Ciruelas	
	Chile	California
• Cant. producto fresco	Según tamaño tunel	Según tamaño tunel
• Calentamiento aire	Kerosene, petróleo, leña	Propano, petróleo, electricidad
• Velocidad aire	0,7 - 7 m/seg	2,5 - 7,6m/seg
• Temperatura secado	70 -75° C	86 - 88° C
• Tiempo secado	24 - 36 hrs.	24 - 36 hrs.
• Carga producto	6,5 - 7,5 Kg/m ²	19,5 Kg/m ²
• N° carros/tunel	6 - 12	8 - 16
• N° bandejas/carro	10 - 24	18 - 24
• Humedad final producto	20 -22 %	18 - 20 %

Tabla 7.
Datos de operación de tuneles deshidratadores para pasas.

Table 7.
Operational data of dehydration tunnels for raisins.

	Ciruelas	
	Chile	California
• Cant. producto fresco	Según tamaño tunel	Según tamaño tunel
• Calentamiento aire	Kerosene, petróleo, leña	Propano, petróleo, electricidad
• Velocidad aire	0,7 - 7 m/seg	2,5 - 7,6m/seg
• Temperatura secado	45 -70° C	66 - 70° C
• Tiempo secado	20 - 30 hrs.	22 - 30 hrs.
• Carga producto	14 - 15 Kg/m ²	17 Kg/m ²
• N° carros/tunel	6 - 12	8 - 16
• N° bandejas/carro	10 - 24	20 - 26
• Humedad final producto	20 -22 %	11 - 12 %

CONCLUSIONES

Respecto a pasas se aprecia la siguiente situación:

- Una diferencia marcada en cuanto al origen de la materia prima.
- Hay una marcada diferencia en cuanto a la forma de secado y procesamiento final.
- Existen similitudes en el caso de deshidratación ya que la infraestructura es parecida en cuanto a túneles, variando la fuente de energía para el calentamiento de estos.
- En la parte operacional hay diferencias en cuanto a la humedad final del producto, tamaño, número de bandejas por carro y rangos de temperaturas de secado entre los aspectos más relevantes.

Respecto a las ciruelas se aprecia la siguiente situación:

- En ambos lugares se utilizan los mismos cultivares.
- En cuanto a la forma de secado hay una importante diferencia ya que en California hay casi exclusivamente deshidratado artificial.
- Existen también diferencias en la humedad final del producto, tamaño de las bandejas y número de éstas por carro, lo que incide en los Kg. por m² que entran al proceso de deshidratado.
- Finalmente hay una importante diferencia en el rango de temperatura de secado.

LITERATURA CITADA

ESCOBAR A., L. 1988. Diagnóstico de la potencialidad agroindustrial del sector hortofrutícola. CORFO - CHILE.

ODEPA. 1997. Mercados Agropecuarios.

SCHWARTZ M., M. 1993. Antecedentes técnicos y de mercado sobre conservación de frutas por métodos no convencionales. Universidad de Chile - FIA, Ministerio de Agricultura.

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-HÍDRICA DE DOS POLIACRILAMIDAS DE USO AGRÍCOLA¹

Physical-Hydric Properties of Two Polyacrylamides for Agricultural Use

JUAN NISSEN M. y ELIAS ARAYA S.
Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia

Recepción de originales: 27 de noviembre de 1997.

R E S U M E N

La presente investigación tuvo por objetivo analizar la influencia de la temperatura, la presión, la concentración salina y el tamaño inicial de los cristales de hidrogel sobre las propiedades físico-hídricas de dos tipos de acondicionadores de suelo (hidrogeles) de uso comercial. Uno de ellos corresponde a un copolímero de acrilamida y acrilato de potasio (Hidrogel A); el otro corresponde a un copolímero de acrilamida y acrilato de sodio (Hidrogel B). Ambos productos poseen una estructura tridimensional reticulada. Los resultados señalan que tanto la presión como la concentración salina tienen un efecto inversamente proporcional sobre el potencial de absorción de agua de los hidrogeles. Por otro lado, la presión, la temperatura y el tamaño inicial mostraron tener una influencia sobre el tiempo de absorción de los hidrogeles. En este sentido, la presión y el tamaño inicial presentan una relación directamente proporcional al tiempo de absorción, mientras que la temperatura tiene un efecto

A B S T R A C T

The aim of the present investigation was to analyze the influence of the temperature, pressure, ionic strength and initial size of polyacrylamide crystals (PAM) on the physical and hydrical properties of two soil conditioners (PAM) for commercial use. Two different types of PAM were utilized in this investigation. One of them is a copolymeric acrylamide and potassium acrylate (Hydrogel A); the other is a copolymeric acrylamide and sodium acrylate (Hydrogel B). Both products have a cross-linked structure. The results show that the pressure as well as the ionic strength have an inversely proportional effect on the PAM absorption potential. On the other hand, the pressure, temperature and initial size showed to have an influence over the PAM absorption time. In this sense, the pressure and the initial size presented a directly proportional relation to the absorption time, while the temperature has an inversely proportional effect over absorption time. No effect was found, either

¹ Investigación financiada por Proyecto DID-UACH S-95-04

Trabajo presentado al XLVIII Congreso Anual de la Sociedad Agronómica de Chile, 1997.

inversamente proporcional sobre el tiempo de absorción. No se determinó efecto alguno de la temperatura ni del tamaño inicial de los cristales sobre el potencial de absorción del producto, como tampoco hubo efecto de la concentración salina sobre el tiempo de absorción. La máxima absorción de agua se alcanza con agua libre de sales y sin estar sometido a presión. Lo anteriormente expuesto no hace recomendable la utilización de los hidrogeles estudiados como un medio para aumentar la capacidad de retención de agua en suelos con una concentración salina en solución mayor a 1-2 mS/cm, como tampoco la incorporación de los mismos a profundidades de suelo que produzcan presiones superiores a 650-700 Pa sobre el producto.

PALABRAS CLAVES: Hidrogel, acrilato de potasio, acrilato de sodio, acondicionador del suelo, polímero.

from the temperature or from initial size of crystals over the product absorption potential. As well, no effect was found of the ionic strength over absorption time. The maximal absorption of water is reached with water free of salts and without being subjected to pressure. The previously exposed work doesn't recommend the utilization of studied PAM like a medium to increase the water retention capacity in soils with ionic strength over 1-2 mS/cm, and neither the incorporation of both PAM at soil depths that produces pressures greater than 650-700 Pa over the product.

KEY WORDS: Hydrogel, potassium acrylate, sodium acrylate, soil conditioner, polymer.

I N T R O D U C I Ó N

Los hidrogeles, también conocidos como poliacrilamidas, han cobrado interés en la agricultura gracias a su capacidad de aumentar la retención de agua aprovechable de los suelos, lo que posibilita mejorar la eficiencia del uso del agua, aspecto que sin lugar a duda es de gran importancia en zonas o períodos del año en donde este vital elemento es escaso.

Hasta la fecha se han realizado muchas experiencias en que se ha aplicado el producto como acondicionador del suelo, para aumentar los rendimientos de los cultivos, gracias a un mejor aprovechamiento del agua natural o de riego (Scherpf, 1991; Ercoreca, 1991; Tapia, 1993; Nissen, 1994). Además, ha sido

aplicado tanto a las raíces de las plantas en el momento del transplante, para aminorar el stress hídrico que conlleva esa práctica (Arriagada, 1997), como también para observar el efecto de su aplicación en el suelo sobre la lixiviación de nutrientes y nutrición en cultivos (Taylor y Halfacre, 1986; García, 1995) y finalmente sobre las propiedades físicas del suelo (Johnson, 1985; Terry y Nelson, 1986; Wallace *et al*, 1986).

Sin embargo, existe una considerable variación en las capacidades de retención de agua y entrega de ésta entre los diferentes productos comerciales. Por otro lado, no existe un estudio detallado que señale los factores por los cuales podría existir variación en la eficiencia (de uso agrícola) de estos productos.

Al respecto, según Johnson (1985), los principales factores que afectan el potencial de absorción de agua de los hidrogeles son la tensión de retención de agua dentro de la matriz del polímero, la presencia de sales solubles en el agua de riego y las relaciones de temperatura.

El objetivo de la presente investigación fue analizar la influencia de diversos factores tales como temperatura, presión y concentración salina sobre las propiedades físico-hídricas de dos hidrogeles comerciales de uso agrícola.

M A T E R I A L E S Y M É T O D O S

Materiales

El trabajo fue realizado en el Laboratorio de Física de Suelos del Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile, ubicado en el Campus Isla Teja, Valdivia, Chile.

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron dos productos para uso agrícola, uno de origen alemán y otro de origen francés. El primero corresponde a un copolímero de acrilamida y acrilato de potasio (en adelante Hidrogel A); el segundo corresponde a un copolímero de acrilamida y acrilato de sodio (en adelante Hidrogel B). Ambos productos poseen una estructura tridimensional reticulada. El análisis granulométrico de los hidrogeles en estudio, señala que para el Hidrogel A el peso seco promedio de los cristales es de 0,0034 g/cristal, en donde el 75% del producto presenta un diámetro entre 1 y 2 mm. Por otro lado, el Hidrogel B tiene un peso seco promedio de 0,0067 g/cristal, presentando el 53% de los cristales un diámetro entre 1 y 2 mm.

Para los estudios de determinación de la curva de absorción del hidrogel en medio saturado, determinación de la influencia de la temperatura sobre la curva de absorción, determinación de la influencia de la concentración salina sobre la curva de absorción y determinación de la influencia del efecto combinado de temperatura y concentración salina sobre la curva de absorción se utilizaron cristales de hidrogel cuyos pesos iniciales variaron entre 0,0070 y 0,0075 g, ya que este rango permitía un mejor manejo de los cristales en los experimentos.

Parte de los experimentos involucraron la utilización de soluciones salinas de cloruro de sodio de 0, 1, 4, 8 y 12 mS/cm, preparadas con el empleo de un conductímetro eléctrico. Los tres últimos corresponden a la clasificación de tolerancia a la salinidad de las hortalizas en poco tolerantes, medianamente tolerantes y tolerantes, respectivamente (USA, Departamento de Agricultura (USDA), 1965). Por otro lado, 0 mS/cm corresponde a agua libre de sales (agua destilada) y 1 mS/cm a un punto intermedio entre 0 y 4 mS/cm.

Esta investigación utilizó los siguientes materiales de laboratorio: cinco hornos de aire forzado, una balanza de precisión, un cronómetro, un termómetro, un pie de metro, placas Petri, vasos de precipitación de 400 ml, pesos de 10, 20, 30, 40, 50 y 70 gramos-peso, cinta adhesiva, papel absorbente y jeringas de plástico de 60 cm³ (cortadas en su parte proximal). El peso del émbolo de las jeringas fue de 15 g y la superficie de contacto entre éste y el hidrogel de 6,6 cm².

Método

Determinación de la curva de absorción de agua del hidrogel en medio saturado. Para ello se seleccionaron cristales de hidrogel cuyos pesos iniciales

fluctuaban entre 0,0070 y 0,0075 g. Cada cristal fue colocado en una placa Petri con agua destilada (18-20°C). Posteriormente, se registró la evolución del peso del cristal a través del tiempo. Esto se realizó sacando el cristal de hidrogel de la placa Petri, al que se le removió el agua superficial con papel absorbente, con lo que se evitó que ésta influyera en las mediciones. A continuación se pesó el hidrogel en una balanza de precisión y se devolvió a la placa Petri con agua. Este procedimiento se realizó hasta que el peso del hidrogel ya no mostró variación. En este momento se asume que el hidrogel ha llegado a su límite de absorción.

Para determinar la curva de absorción se estableció la relación, en función del tiempo, de los pesos parciales y final con respecto al peso seco inicial. Esta relación fue identificada con la abreviatura vpi (veces el peso inicial). Se realizaron cinco repeticiones para cada producto.

Determinación de la influencia de la temperatura sobre la curva de absorción. Se analizó la curva de absorción del hidrogel a cinco temperaturas: 5, 20, 30, 40 y 50 °C. Para ello, se utilizó la metodología descrita para la determinación de la tasa de absorción en medio saturado. Se realizaron tres repeticiones para cada hidrogel y temperatura.

Determinación de la influencia de la concentración salina sobre la curva de absorción. Para la realización de este experimento se utilizó la metodología descrita para la curva de absorción de agua, empleando, además de agua destilada, las soluciones de cloruro de sodio (1, 4, 8 y 12 mS/cm). Se realizaron cinco repeticiones para cada hidrogel y concentración salina.

Determinación de la influencia de la presión sobre la curva de absorción. Se colocó el hidrogel dentro de la jeringa y esta

última en el interior del vaso precipitado (sujeta con cinta adhesiva) y se midió la altura del émbolo (Figura 1). A continuación se llenó el vaso con agua destilada hasta el nivel del hidrogel. Se midieron, a través del tiempo, las alturas del émbolo hasta el momento en que éste dejó de subir, instante en el cual el hidrogel había llegado a su límite de absorción. En la misma medida que el émbolo subía, se agregaba agua al vaso (hasta llegar al nivel del hidrogel), esto último con la finalidad de asegurar que todo el producto dentro de la jeringa estuviera siempre en contacto con el agua. El nivel del agua no debía sobrepasar el nivel del hidrogel, ya que de lo contrario el peso del émbolo disminuiría por efecto del empuje provocado por el agua. Una vez que el émbolo dejó de subir, se procedió a retirar el hidrogel del émbolo y se eliminó el agua superficial con papel absorbente (para evitar la influencia de ésta en las mediciones). En forma inmediata se pesó. Durante las mediciones se trató de mantener una temperatura ambiente de 18-20°C.

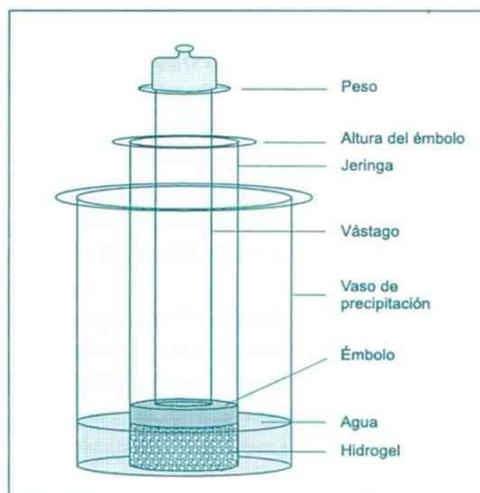


Figura 1. Montaje para la determinación de la influencia de la presión sobre la curva de absorción.

Figure 1. Materials used for determination of pressure influence on absorption curve.

Para aumentar la presión sobre el hidrogel se utilizaron pesas de 10, 20, 30, 40, 50 y 70 g, las que se pusieron sobre el émbolo. En base a esto se utilizaron en el ensayo las siguientes presiones: 0 Pa (sin émbolo); 222,6 Pa (émbolo sólo); 371,7 Pa (émbolo + 10 g); 519,8 Pa (émbolo + 20 g); 668,8 Pa (émbolo + 30 g); 816,9 Pa (émbolo + 40 g); 966,0 Pa (émbolo + 50 g); y 1263,1 Pa (émbolo + 70 g).

Obtenidos el peso y la altura inicial, y el peso y la altura final, se procedió a calcular la ecuación de la recta conformada por estos dos puntos, con la cual se establecieron los valores de los demás pesos intermedios o parciales en función de sus respectivas alturas parciales. Esta parte de la metodología fue necesaria, por cuanto para la obtención de los pesos intermedios no se podía desarmar cada vez el montaje señalado en la Figura 1. Se realizaron tres repeticiones para cada presión analizada.

Determinación de la influencia del tamaño inicial (peso seco inicial) de los cristales de hidrogel sobre la curva de absorción. Se utilizaron cinco distintos rangos de tamaños iniciales de cristales (producto seco), que corresponden a los siguientes pesos iniciales: 0,0020 a 0,0025 g; 0,0040 a 0,0045 g; 0,0070 a 0,0075 g; 0,0100 a 0,0105 g y 0,0140 a 0,0145 g.

Para la realización del experimento se utilizó la metodología descrita para la determinación de la curva de absorción de agua del hidrogel en medio saturado, en los cinco rangos de tamaño anteriormente definidos. Se efectuaron cinco repeticiones por determinación.

Determinación de la influencia del efecto combinado de presión y concentración salina sobre la curva

de absorción. Para la realización de este experimento se utilizó la metodología descrita para la determinación de la influencia de la concentración salina sobre la curva de absorción, utilizando en las mediciones, además de agua destilada, las soluciones de NaCl (1, 4 y 8 mS/cm). En este ensayo sólo se utilizaron las siguientes presiones: 0 Pa (sin émbolo); 371,7 Pa (émbolo + 10 g); 668,8 Pa (émbolo + 30 g) y 966,0 Pa (émbolo + 50 g). Se efectuaron 3 repeticiones de la experiencia.

Determinación de la influencia del efecto combinado de temperatura y concentración salina sobre la curva de absorción. Se analizó la absorción del hidrogel en cinco temperaturas diferentes: 5, 20, 30, 40 y 50 °C. Para ello se utilizó la metodología descrita para la determinación de la curva de absorción de agua del hidrogel en medio saturado, utilizando en las mediciones, además de agua destilada, las soluciones de cloruro de sodio 1, 4, 8 y 12 mS/cm. Se realizaron 3 repeticiones de la experiencia.

Unidades de expresión. La presente investigación involucró en las mediciones las siguientes unidades de expresión:

Veces el Peso Inicial (vpi). Con este concepto se representó los potenciales de absorción, tanto parciales como final, de los hidrogeles. Esta expresión relaciona el incremento del peso de hidrogel a través del tiempo en función de su peso seco inicial. Así, si el peso final de un hidrogel fue de 2,0 g y su peso inicial (antes de ser puesto en agua) era de 0,0050 g, el potencial de absorción sería 400 vpi (2,0 g/0,0050 g).

Tiempo de absorción al 95% (t95%). Este término define el tiempo necesario que debe

transcurrir para que un hidrogel alcance el 95% de su potencial de absorción bajo una condición dada. El desarrollo de este término se basa en el hecho de que el tiempo necesario para que un hidrogel alcance el 100% de su potencial de absorción es muy superior al tiempo requerido para alcanzar el 95% de este potencial. Así, el tiempo requerido para que un hidrogel avance del 95 al 100% de su potencialidad puede representar de 1 a 4 veces el tiempo necesario para avanzar de 0 a 95% de dicho potencial. Este hecho, explicado por la curva de absorción del hidrogel, distorsiona en forma negativa la información del tiempo requerido para alcanzar el potencial de absorción del hidrogel. Un ejemplo de esto, está en que un hidrogel bajo ciertas condiciones puede demorar 20 horas en alcanzar el 100% de su potencial de absorción, en circunstancias que sólo le toma 5,5 horas en alcanzar el 95% de este potencial.

Análisis de los datos. Los resultados obtenidos fueron sometidos a Análisis de Regresión, cuando procedió, teniendo presente que el cálculo del valor de regresión indica el grado de ajuste de los puntos a la curva y no necesariamente establece la probabilidad de la curva. Tampoco establece en sí un factor que permita señalar diferencias entre los distintos tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de la curva de absorción de agua del hidrogel en medio saturado. En la Figura 2 se presentan los resultados de las mediciones de aumento de peso a través del tiempo en agua destilada a temperatura ambiente (18 a 20 °C) para los dos hidrogeles en estudio.

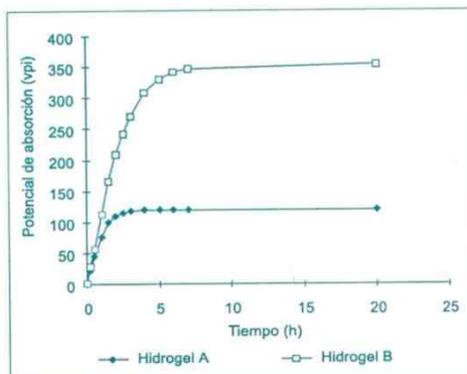


Figura 2. Evolución de la absorción de agua destilada de dos hidrogeles de uso comercial.

Figure 2. Distilled water absorption curves of two comercial polyacrylamides.

Los resultados indican que el potencial de absorción del Hidrogel A es del orden de 120 vpi, mientras que el Hidrogel B posee un potencial cercano a 350 vpi. Con respecto a los tiempos de absorción de los productos, el Hidrogel A requiere de 2,55 horas para alcanzar el 95% de su límite de absorción (120 vpi), mientras que el Hidrogel B necesita 5,59 horas para a llegar al 95% de su capacidad de absorción (350 vpi). Aunque el Hidrogel A alcanza en forma más rápida su potencial de absorción (95% en 2,55 h), éste tiene una velocidad de absorción inferior a la del Hidrogel B, ya que este último alcanza en promedio 240 vpi en el mismo lapso de tiempo (2,55 h). Esto último podría ser determinante cuando se aplican hidrogeles a suelos con una alta conductividad hidráulica.

Ecuaciones. Las ecuaciones que describen la evolución del potencial de absorción a través del tiempo de los hidrogeles en agua destilada y a temperatura ambiente (18 a 20 °C) son:

Hidrogel A: $vpi = -0,947 + 109,06t - 37,21t^2 + 5,92t^3 - 0,43t^4 + 1,06E^{-2}t^5$, $\leftrightarrow t \neq 0$. (Ec. 1)
 Coeficiente de correlación: 0,9992

Hidrogel B: $vpi = -1,75 + 127,76t - 9,22t^2 - 1,77t^3 + 0,28t^4 - 8,92E^{-3}t^5$, $\leftrightarrow t \neq 0$. (Ec. 2)
 Coeficiente de correlación: 0,9998

Donde: vpi: Potencial de absorción del hidrogel, medido en vpi.
 t: tiempo, medido en horas.

Los coeficientes de correlación anteriormente presentados señalan el grado de ajuste de los puntos a la curva y no necesariamente establece la probabilidad de la curva. Esta aclaración se hace extensiva también para todos los coeficientes de correlación presentados.

Determinación de la influencia de la temperatura sobre la curva de absorción. Los análisis de regresión efectuados señalan que no existe influencia estadísticamente significativa de la temperatura sobre el potencial de absorción de ninguno de los dos hidrogeles en estudio. Este resultado es contrario la afirmación de Johnson (1985), en relación a que la temperatura afecta el potencial de absorción de los hidrogeles. Por otro lado, sí se registró influencia significativa de la temperatura sobre el tiempo de absorción de ambos productos, estableciéndose una relación inversamente proporcional, vale decir, a medida que aumenta la temperatura, el tiempo necesario para llegar al límite de absorción se hace menor. Los resultados anteriormente descritos se observan en la Figura 3.

Los resultados señalan que el Hidrogel A varió el tiempo requerido para alcanzar el 95% de su potencial de absorción entre 3,44 h a 5 °C y 1,39 h a 50 °C, mientras que el Hidrogel B lo

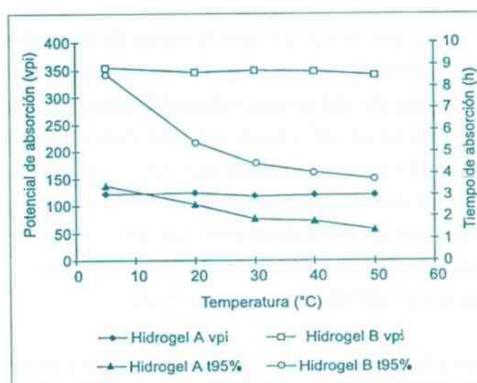


Figura 3. Influencia de la temperatura sobre el potencial y tiempo de absorción.

Figure 3. Influence of temperature on absorption potential and absorption time.

hizo entre 8,61 h a 5°C y 3,73 h a 50 °C. Estos resultados indicarían que el comportamiento del hidrogel en el suelo (en relación a su tiempo de absorción), variaría entre zonas y estaciones con temperaturas de suelo diferentes.

Ecuaciones. Las ecuaciones que describen la influencia de la temperatura sobre el tiempo de absorción necesario para alcanzar el 95% del potencial de absorción de los geles en estudio son:

Hidrogel A: $t_{95\%} = 0,58 + 47,13/T - 164,23/T^2$ (Ec. 3)
 Coeficiente de correlación: 0,9701

Hidrogel B: $t_{95\%} = 2,36 + 71,38/T - 200,71/T^2$ (Ec. 4)
 Coeficiente de correlación: 0,9992

Donde: $t_{95\%}$: tiempo requerido para alcanzar el 95% del potencial de absorción de los geles.
 T: temperatura, medida en °C.

Determinación de la influencia de la concentración salina sobre la curva de absorción. A través de un análisis de regresión se determinó que la concentración salina no influye en el tiempo requerido para que el hidrogel llegue a su límite de absorción. Por otro lado, si se observó un efecto significativo de la concentración salina sobre el potencial de absorción del producto, estableciéndose una relación inversamente proporcional, es decir, mientras mayor es la concentración de sales en el agua, menor es el potencial de absorción de los hidrogeles (Figura 4). Estos resultados ratifican lo expuesto por Johnson (1985), quién señala que las sales solubles en el agua de riego afectan la capacidad de retención de humedad de los hidrogeles.

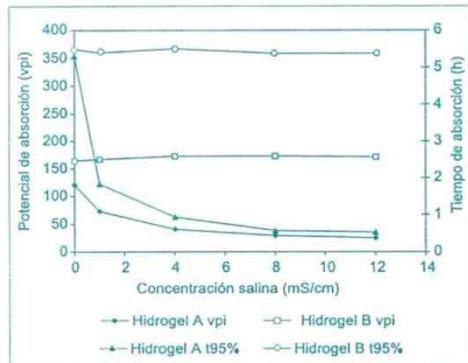


Figura 4. Influencia de la concentración salina sobre el potencial y tiempo de absorción.

Figure 4. Influence of ionic strength on absorption potential and absorption time.

Los resultados señalan que el Hidrogel A varió su potencial de absorción entre 120,2 y 25,0 vpi para las concentraciones de 0 y 12 mS/cm, respectivamente, en tanto que el Hidrogel B varió su potencial de absorción entre 353,2 y 35,0 vpi en este mismo rango de concentraciones salinas. Estos resultados son contrarios a la afirmación realizada por Stockhausen Huels (1995), en relación a que los hidrogeles compuestos de copolímeros de acrilamida y acrilato de potasio (Hidrogel A), no disminuyen su potencial de absorción en presencia de sales. Por otro lado, estos resultados corroboran las afirmaciones realizadas por Chemtall Inc. (1995) y Stockhausen Huels (1995), donde señalan que en presencia de sales los hidrogeles constituidos de copolímeros de acrilamida y acrilato de sodio (Hidrogel B), disminuyen su potencial de absorción.

Los resultados derivados de este análisis no harían recomendable la utilización de los hidrogeles como reservorio de agua en suelos con una conductividad eléctrica superior a 1-2 mS/cm, debido que bajo estas condiciones de salinidad, el potencial de absorción del producto disminuye en forma considerable.

Ecuaciones. La ecuación de la forma $y = a * e^{(lnx - b)^2 / c}$, es la que mejor representa el efecto de la concentración salina sobre el potencial de absorción del hidrogel. En base a esta inferencia, las ecuaciones son:

Hidrogel A: $vpi = 475,94 * e^{(\ln C + 9,94)^2 / -52,27}$ $\leftrightarrow C \neq 0$ y $vpi \leq 120,2$ (Ec. 5)
 Coeficiente de correlación = 0,9997

Hidrogel B: $vpi = 1403,83 * e^{(\ln C + 10,52)^2 / -45,191}$ $\leftrightarrow C \neq 0$ y $vpi \leq 353,2$ (Ec. 6)
 Coeficiente de correlación = 0,9942

Donde: vpi: Potencial de absorción del hidrogel, medido en vpi.
 C: Concentración salina de la solución, medida en mS/cm.

Determinación la influencia de la presión sobre la curva de absorción.

El análisis de los resultados señala que la presión influye tanto en el potencial de absorción de los hidrogeles en estudio como en el tiempo de desarrollo de los mismos.

El estudio indica que la presión tiene un efecto inversamente proporcional sobre el potencial de absorción y a la vez directamente proporcional sobre el tiempo de desarrollo de éste, es decir, a medida que aumenta la presión ejercida sobre el hidrogel, disminuye el potencial de absorción de humedad de éste y aumenta el tiempo requerido para alcanzar el límite de absorción del producto bajo estas condiciones (Figura 5).

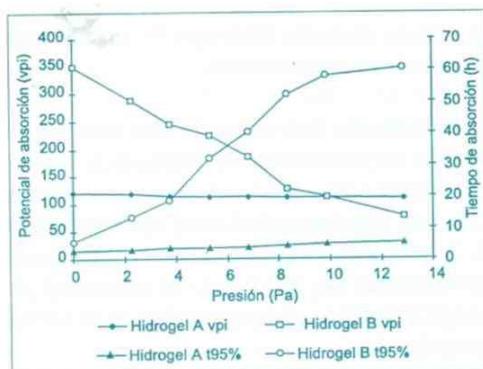


Figura 5. Influencia de la presión sobre el potencial y tiempo de absorción.

Figure 5. Influence of pressure on absorption potential and absorption time.

Los resultados establecen que el Hidrogel A es el que sufrió menos variación en su potencial y tiempo de absorción por efecto de la presión, ya que entre los extremos de las presiones aplicadas (0 y 1263,1 Pa) su potencial bajó a un 91,7% (de 120,3 a 110,3 vpi) y su tiempo de absorción se incrementó en 2,1 veces (de 2,55 a 5,24 h); en contraste, el Hidrogel B en éste mismo rango de presiones disminuyó su potencial a un 22% (de 349,7 a 77,0 vpi) y su tiempo de absorción se incrementó en 10,9 veces (de 5,57 a 60,53 h). Este efecto negativo de la presión sobre el potencial de absorción del producto, señalaría que la profundidad de localización del hidrogel bajo el suelo, así como la densidad aparente de este último (entre otros factores), resultan determinantes en la eficiencia de absorción del hidrogel. Lo anterior no permitiría señalar una profundidad límite en forma clara.

Ecuaciones. A continuación se detallan las ecuaciones que describen el efecto de la presión sobre el potencial y tiempo de absorción.

Efecto de la presión sobre el tiempo de absorción. La ecuación de la forma $y = a * e^{((x-b)^2/c)}$ es la que mejor describe el efecto de la presión sobre el tiempo requerido para que el hidrogel, tanto A como B, alcance el 95% de su potencial de absorción bajo estas condiciones. Sobre la base de esto, las ecuaciones resultantes son:

Hidrogel A: $t_{95\%} = 76974,40 * e^{((P/98,07 - 363,15)^2 / -12799,69)}$ (Ec. 7)
 Con un coeficiente de correlación de 0,9831

Hidrogel B: $t_{95\%} = 62,22 * e^{((P/98,07 - 11,71)^2 / -56,73)}$ (Ec. 8)
 Con un coeficiente de correlación de 0,9955

Donde: $t_{95\%}$: tiempo requerido para alcanzar el 95% del potencial de absorción de los geles, medido en horas.
 P: Presión ejercida sobre el hidrogel, medida en Pa.

Efecto de la presión sobre el potencial de absorción. La ecuación que mejor describe la influencia de la presión sobre el potencial de absorción de ambos hidrogeles está representada por la forma genérica $y=a+b*x+c*x^2$. De esta manera, las ecuaciones son:

Hidrogel A: $vpi = 121,0 - 1,57*P/98,07 + 0,057*(P/98,07)^2$ (Ec. 9)
 Con un coeficiente de correlación de 0,9220

Hidrogel B: $vpi = 353,0 - 30,23*P/98,07 + 0,65*(P/98,07)^2$ (Ec. 10)
 Con un coeficiente de correlación de 0,9840

Donde: vpi: Potencial de absorción del hidrogel, medido en vpi.
 P: Presión ejercida sobre el hidrogel, medida en Pa.

Determinación de la influencia del tamaño inicial (peso seco inicial) sobre la curva de absorción. De los datos obtenidos, se determinó que el tamaño inicial no tiene influencia significativa sobre el potencial de absorción de ninguno de los dos productos analizados. Por otro lado, a temperatura constante se comprobó una influencia sobre el tiempo de absorción del producto tanto para el Hidrogel A como para el Hidrogel B, pudiéndose establecer una relación directamente proporcional, es decir, mientras mayor sea el tamaño (o peso) del hidrogel, mayor será el tiempo que éste requerirá para llegar a su límite de absorción (Figura 6).

Los resultados obtenidos señalan que para el caso del Hidrogel A, el tiempo de absorción para

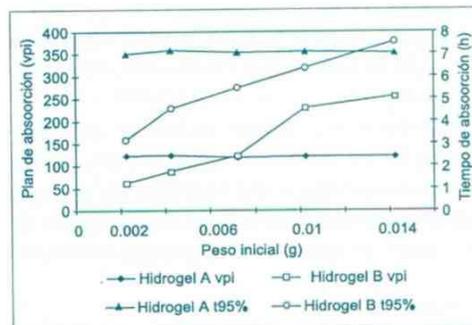


Figura 6. Influencia del tamaño inicial (peso seco inicial) sobre el potencial y tiempo de absorción.

Figure 6. Influence of initial size (initial dry weight) on absorption potential and absorption time.

alcanzar el 95% de su potencial de absorción varió desde 1,23 h (para un peso inicial de 0,00225 g) a 5,10 h (para un peso inicial de

0,01425 g), lo que corresponde a una diferencia de velocidad de absorción de 4.15 veces. Por otro lado, el Hidrogel B varió entre 2,95 h (peso inicial 0,00225 g) y 7,54 h (peso inicial 0,01425 g) la que corresponde a 2,56 veces.

Para la utilización del hidrogel como un medio para aumentar la capacidad de retención de agua en el suelo, la granulometría de mayor tamaño no sería la

más apropiada. Esto sería válido sobre todo en situaciones en que el suelo se deshidrata rápidamente, luego de ser humectado por lluvias o riegos breves.

Ecuaciones. La variación del tiempo requerido para alcanzar el 95% del potencial de absorción de ambos hidrogeles en función del tamaño inicial de los cristales, se explica mediante la ecuación de la forma $y=a*x^b$. De esta manera las ecuaciones son:

Hidrogel A: $t_{95\%} = 161,46*\tau^{0,81}$ (Ec. 11)
 Con un coeficiente de correlación de 0,9311

Hidrogel B: $t_{95\%} = 52,43*\tau^{0,46}$ (Ec. 12)
 Con un coeficiente de correlación de 0,9880

Donde, $t_{95\%}$: Tiempo requerido para alcanzar el 95% del potencial de absorción de los geles, medido en horas
 τ : Tamaño inicial del cristal de hidrogel, expresado como peso inicial en g

Determinación de la influencia del efecto combinado de presión y concentración salina sobre la curva de absorción. Los resultados obtenidos revelan que tanto la presión como la concentración salina influyen sobre el potencial de absorción del hidrogel, ya que como consecuencia del aumento de uno o de ambos factores, el potencial de absorción del producto disminuye. No obstante, solamente

la presión mostró una influencia significativa sobre el tiempo de absorción debido a que éste aumenta cuando la presión sobre el hidrogel se incrementa.

En las Tablas 1 y 2 se presentan los resúmenes de los vpi finales y los tiempos necesarios para alcanzar el 95% del peso final para cada una de las combinaciones de presión y concentración salina analizadas.

Tabla 1. Influencia de la presión y concentración salina sobre el potencial y tiempo de absorción del Hidrogel A.

Table 1. Influence of pressure and ionic strength on absorption potential and absorption time of PAM-A.

Presión	0 mS/cm		1 mS/cm		4 mS/cm		8 mS/cm	
	vpi	t95%	vpi	t95%	vpi	t95%	vpi	t95%
0 Pa	120,3	2,55	70,0	2,37	39,3	2,46	30,0	2,58
371,7 Pa	115,0	3,28	68,3	3,25	36,7	3,27	29,0	3,33
668,8 Pa	113,3	3,64	68,0	3,58	36,3	3,64	27,7	3,60
966,0 Pa	111,0	4,66	63,3	4,80	35,3	4,61	26,7	4,48

Tabla 2. Influencia de la presión y concentración salina sobre el potencial y tiempo de absorción del Hidrogel B.

Table 2. Influence of pressure and ionic strength on absorption potential and absorption time of PAM-B.

Presión	0 mS/cm		1 mS/cm		4 mS/cm		8 mS/cm	
	vpi	t95%	vpi	t95%	vpi	t95%	vpi	t95%
0 Pa	349,7	5,57	116,7	5,55	61,7	5,51	38,7	5,55
371,7 Pa	244,7	18,63	94,3	23,19	55,3	24,40	36,0	23,27
668,8 Pa	186,3	40,29	81,0	40,90	53,3	39,18	33,7	39,66
966,0 Pa	113,3	60,53	68,7	62,96	50,7	68,02	30,0	62,21

En las Tablas anteriores se puede observar que los hidrogeles obtuvieron sus máximas absorciones (120,3 vpi para el Hidrogel A y 349,7 vpi para el Hidrogel B) en las condiciones de 0 mS/cm (agua libre de sales) y sin presión, alcanzando el 95% de sus potenciales de absorción en un tiempo de 2,55 h para el Hidrogel A y 5,57 h para el Hidrogel B. Además, se aprecia que los potenciales de absorción bajan bruscamente con los aumentos de presión y concentración salina, obteniéndose valores mínimos con la máxima concentración y presión (8 mS/cm y 966,0 Pa). Así, bajo estas condiciones de concentración salina y presión, los hidrogeles A y B sólo desarrollaron, respectivamente, el 22,2% (26,7 vpi) y 8,6% (30 vpi) de sus correspondientes potenciales en condiciones óptimas.

Este análisis corrobora los resultados obtenidos en los experimentos de

determinación de la influencia de la concentración salina sobre la curva de absorción y determinación la influencia de la presión sobre la curva de absorción, en relación a que la presión y la concentración salina repercuten negativamente sobre la curva de absorción del producto. En función de lo anterior, el comportamiento del hidrogel en el suelo dependería de la profundidad de localización, así como en el contenido de sales de la solución del suelo y del agua de riego.

Ecuaciones. A continuación se describen las ecuaciones relacionadas con el efecto de la presión y concentración salina sobre la curva de absorción.

Efecto de la presión y concentración salina sobre el potencial de absorción. Las siguientes son las ecuaciones que mejor describen el efecto de la presión y concentración salina sobre el potencial de absorción.

$$\text{Hidrogel A: } vpi = 441,85 * e^{((\ln C + 10,02)^2 / -54,19)} - (4,91 * e^{((\ln C + 10,14)^2 / -56,45)}) P / 98,07 + (1,49 * e^{((\ln C + 10,05)^2 / -21,22)}) (P / 98,07)^2 \iff C \neq 0 \text{ y } vpi \leq 120,2 \quad (\text{Ec. 13})$$

Los valores de vpi para una concentración salina de 0 mS/cm (agua destilada) se obtienen con C = 0,2

$$\text{Hidrogel B: } vpi = 1455,14 * e^{((\ln C + 10,48)^2 / -43,86)} - (229,13 * e^{((\ln C + 10,44)^2 / -29,94)}) P / 98,07 + (1,97 * e^{((\ln C + 10,136)^2 / -39,82)}) (P / 98,07)^2 \iff C \neq 0 \text{ y } vpi \leq 353,2 \quad (\text{Ec. 14})$$

Los valores de vpi para agua con una concentración salina de 0 mS/cm (agua destilada) se obtienen con C = 0,074

Donde: vpi: Potencial de absorción del hidrogel, medido en vpi.
 C: Concentración salina de la solución, medida en mS/cm.
 P: Presión ejercida sobre el hidrogel, medida en Pa.

Efecto de la presión sobre el tiempo de absorción. El efecto de la presión sobre el tiempo de absorción de los hidrogeles en estudio se explica por las ecuaciones (7) y (8).

Determinación de la influencia del efecto combinado de temperatura y concentración salina sobre la curva de absorción. El estudio revela que la variación de la concentración salina afecta significativamente el potencial de absorción de los hidrogeles en estudio, siendo la absorción menor mientras mayor sea la concentración. No hubo una influencia de la temperatura sobre la magnitud de efecto de la concentración salina. Sin embargo, la concentración no mostró efecto alguno sobre el tiempo de absorción a ninguna temperatura. No obstante, en contraste con la concentración, la temperatura no mostró efecto alguno sobre el potencial de absorción, pero sí modificó el tiempo de absorción de

ambos hidrogeles. No se evidenció una influencia de la concentración salina sobre el efecto de la temperatura en los hidrogeles.

Los resúmenes de los vpi finales, así como los tiempos necesarios para alcanzar el 95% del peso final para cada una de las combinaciones realizadas, aparecen en las Tablas 3 y 4.

Estos resultados señalan que existiría diferencia en el comportamiento de los hidrogeles aplicados a suelos de la zona norte y sur del país, en el sentido de que se esperaría un menor potencial de absorción, pero también un menor tiempo de absorción en los suelos de la zona norte, debido a que, según Chile, Instituto Geográfico Militar (IGM) (1984), los suelos de la zona norte del país en general presentan un mayor contenido de sales en la solución del suelo y agua de riego, así como también mayores temperaturas medias anuales del suelo.

Tabla 3.
Influencia de la temperatura y concentración salina sobre el potencial y tiempo de absorción del Hidrogel A.

Table 3.
Influence of temperature and ionic strength on absorption potential and absorption time of PAM-A.

Temperatura	0 mS/cm		1 mS/cm		4 mS/cm		8 mS/cm		12 mS/cm	
	vpi	95%	vpi	t95%	vpi	t95%	vpi	t95%	vpi	t95%
5 °C	121,0	3,44	69,7	3,54	40,7	3,39	29,3	3,62	25,0	3,54
20 °C	121,7	2,55	70,3	2,61	40,3	2,67	29,0	2,58	24,3	2,61
30 °C	118,3	1,87	67,0	1,93	41,0	1,99	29,3	2,10	25,7	1,91
40 °C	119,7	1,81	70,3	1,87	39,3	1,53	29,3	1,59	25,0	1,52
50 °C	120,3	1,39	71,3	1,62	40,3	1,42	29,0	1,39	24,0	1,51

TABLA 4. Influencia de la temperatura y concentración salina sobre el potencial y tiempo de absorción del Hidrogel B.

TABLE 4. Influence of temperature and ionic strength on absorption potential and absorption time of PAM-B.

Temperatura	0 mS/cm		1 mS/cm		4 mS/cm		8 mS/cm		12 mS/cm	
	vpi	t95%	vpi	t95%	vpi	t95%	vpi	t95%	vpi	t95%
5 °C	354,0	8,61	121,0	8,48	64,3	8,56	39,0	8,63	36,0	8,54
20 °C	346,0	5,46	121,7	5,46	61,3	5,71	38,7	5,29	35,0	5,27
30 °C	348,7	4,45	118,7	4,31	61,3	4,77	40,7	4,42	36,0	4,37
40 °C	348,7	4,04	119,7	4,16	62,3	3,96	39,7	4,05	26,0	4,24
50 °C	341,0	3,73	121,0	3,68	62,3	3,48	41,0	3,66	36,0	3,67

Ecuaciones. A continuación se detallan las ecuaciones que explican el efecto de la temperatura y concentración salina sobre la curva de absorción.

Efecto de la temperatura sobre el tiempo de absorción. El efecto de la temperatura sobre el tiempo de absorción de los

hidrogeles en estudio se explica por las ecuaciones (3) y (4).

Efecto de la concentración salina sobre el potencial de absorción. El efecto de la concentración salina sobre el potencial de absorción de los hidrogeles en estudio se explica en las ecuaciones (5) y (6).

CONCLUSIONES

De los resultados anteriormente expuestos y bajo las condiciones en que se llevó a cabo el presente estudio, se desprenden las siguientes conclusiones:

- La máxima potencialidad de absorción de agua de los dos hidrogeles analizados, se alcanza con agua destilada (agua libre de sales) y sin estar sometidos a presión. Bajo estas condiciones el Hidrogel A desarrolló un potencial de absorción de 120 vpi, alcanzando el 95% de este valor en 2.55 horas a temperatura ambiente (18 a 20 °C); en contraste, el Hidrogel B posee un potencial de absorción de 350 vpi, alcanzando el 95% en 5,59 horas.

- Aunque el Hidrogel A alcanza en forma más rápida su potencial de absorción (95% en 2,55 h), éste tiene una velocidad de absorción inferior a la del Hidrogel B, ya que este último alcanza en promedio 240 vpi en el mismo lapso de tiempo (2,55 h). Esto último podría ser determinante cuando se aplican hidrogeles a suelos con una alta conductividad hidráulica.

- Por otro lado, la temperatura resultó ser altamente determinante sobre el tiempo de absorción del hidrogel, ya que este parámetro disminuye significativamente con aumentos de temperatura. En función de esto, se esperaría una variación en el comportamiento

del hidrogel en el suelo (en relación a su tiempo de absorción), entre zonas con diferentes temperaturas medias anuales de suelo.

- El tamaño inicial de los cristales de hidrogel también tuvo influencia sobre la velocidad de absorción del producto, aumentando el tiempo de absorción del hidrogel en la medida que aumenta el tamaño inicial de los cristales.
- La concentración salina reduce el potencial de absorción del producto. Esto reviste especial importancia, por lo que no es recomendable la utilización de los hidrogeles estudiados como un medio para aumentar la capacidad de retención de agua en suelos con una conductividad eléctrica superior a 1-2 mS/cm.

• La presión también mostró tener influencia negativa sobre el potencial de absorción de los productos. Por lo anterior, no se recomienda la incorporación de ambos productos a profundidades de suelo que produzcan presiones superiores a 650-700 Pa.

• La presión y la concentración salina mostraron tener un efecto negativo sobre el potencial de absorción de los hidrogeles, ya que por aumento de uno o de ambos factores la absorción de agua de los hidrogeles disminuye.

• Por último, no se evidenció un efecto de ningún tipo entre temperatura y concentración salina sobre la curva de absorción de los hidrogeles.

LITERATURA CITADA

ARRIAGADA, C. 1997. Efecto del uso de hidrogeles en trasplante de tomates. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 70 p.

CHEMTALL INC. USA. 1995. Polymers soil conditioners. Chemtall Inc. USA. Georgia, USA. 32 p.

CHILE, INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM). 1984. Geografía de Chile. Tomo V: Geografía de los Suelos. Instituto Geográfico Militar. Chile. 180 p.

ERCORECA, J. 1991. Evaluación de sistemas de manejo hídrico sobre la producción y crecimiento vegetativo del frambueso (*Rubus idaeus L.*) en la zona de Frutillar. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 75 p.

GARCIA, R. 1995. Efecto del uso de un hidrogel en la lixiviación de nitrógeno y potasio sobre trigo (*Triticum sp.*) en un suelo volcánico de la provincia de Valdivia. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Fac. de Ciencias Agrarias. 67 p.

JOHNSON, M. 1985. Degradation of water-absorbing polymers used as soil ameliorants. Arab Gulf J. Scient. Res. 3 (2): 745-750.

NISSEN, J. 1994. Uso de hidrogeles en la producción de frambuesas (*Rubus idaeus*) del sur de Chile. Agro Sur 22 (2): 160-164.

NISSEN, J. y TAPIA, J. 1996. Efecto de la aplicación de una poliacrilamida sobre la nutrición de ballica (*Lolium multiflorum*) en un suelo volcánico. Agro Sur 24 (2): 206-212.

SCHERPE, C. 1991. Evaluación de cuatro sistemas de manejo hídrico sobre el crecimiento vegetativo y la producción del frambueso (*Rubus idaeus L.*) en la provincia de Valdivia. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 51 p.

STOCKHAUSEN HUELS. 1995. Stockosorb: Reunión Técnica 4 - 5 de abril 1995. Stockhausen Huels. Santiago, Chile. 16 p.

TAPIA, J. 1993. Efecto de la aplicación de un hidrogel sobre la fertilización de ballica (*Lolium multiflorum*) en un suelo volcánico. . Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 43 p.

TAYLOR, C. y HALFACRE, R. 1986. The effect of hydrophilic polymer on media water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. Hortscience 21: 1159-1161.

TERRY, N. y NELSON, S. 1986. Effects of polyacrylamide and irrigation method on soil physical properties. Soil Science 141(5): 317-320.

USA, DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA (USDA). 1965. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Cultura. México D. F. 171 p.

WALLACE, A; ABOUZAMZAM, A y WALLACE, G. 1986. Effects of soil conditioners on water relationships in soils. Soil Science 141(5): 346-352.

EFFECTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL DESGASTE DE BOQUILLAS DE ABANICO PLANO DE DISTINTOS MATERIALES

Effect of Water's Quality in the Detriment of Flat Fan Spraying Nozzles Made of Different Materials

ROBERTO VILLA R., EDGARDO OSSANDON P. y ANDRES FUENZALIDA U.
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago

Recepción de originales: 30 de junio de 1997.

R E S U M E N

En la aspersión de productos fitosanitarios es posible utilizar boquillas construidas de distintos materiales tales como bronce, plásticos, acero inoxidable y cerámica. Estas son el componente final de un aspersor que más influye en la calidad de una aplicación. Su eficiencia se pone de manifiesto en la calidad de la distribución y en la cantidad de líquido aplicado. Se ha observado que los materiales con que son fabricadas las boquillas presentan diferencias importantes en el desgaste, lo que limita su vida útil. Por lo tanto, es de mucha importancia evaluar el deterioro que se produce en las boquillas después de algunas horas de uso, considerando que es muy frecuente el uso de agua de acequias contaminada con partículas que producen un nivel de desgaste variable según sea el material con que éstas fueron fabricadas.

En esta investigación se evaluó el efecto del uso de agua de acequia y de la red de agua potable en el gasto y patrón de distribución en boquillas de abanico plano de bronce, de

A B S T R A C T

In spraying pesticides it is possible to use nozzles made from different materials, such as brass, plastic, stainless steel or ceramic. These nozzles are the final components that mostly influence the spraying quality and amount of fluid applied by a spraying device. It has been noted that the material from which they are made, greatly influence the pattern of spraying after some time of using the nozzles under certain conditions; because different materials wear off in different ways, and this fact limits the length of useful life, by modifying their characteristics. So it is very important to evaluate the detriment produced in the nozzles after a certain amount of hours of spraying, considering that it is very common to use canal water, polluted with abrasive particles that produce more or less wear and tear, depending of the material from which nozzles are made of.

In this investigation, the effect of using canal water and tap water in the capacity and spraying pattern in flat fan bronze, plastic,

plástico, de acero inoxidable y de cerámica. Las pruebas se realizaron en un banco de pruebas en el Campus Antumapu de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile.

Utilizando agua de acequia, después de 10 horas de uso, se comprobó que las boquillas de bronce, plástico y acero inoxidable presentaron incrementos del gasto del orden del 100, 78 y 55% y sus patrones de distribución se alteraron, conservándose la aspersión en la parte central del abanico. En cambio, utilizando agua potable de la red, la alteración del patrón de distribución fue significativamente menor. Las boquillas de cerámica no presentaron aumentos ni en el gasto ni en su patrón de distribución con 40 horas de uso.

PALABRAS CLAVES: Boquillas, desgaste, agua de acequia, agua potable.

stainless steel and ceramic nozzles was evaluated. The trials were done in a test bench in Campus Antumapu of Agricultural and Forestry Sciences Faculty, Universidad de Chile.

It was probed that brass, plastic and stainless steel nozzles increased their outlay in 100, 78 and 55%. When using canal water and after using them for 10 hours, their spraying patterns were altered, conserving the spray in the central part of the fan. Instead, when using potable water, their alteration was far less noticeable. Ceramic nozzles did not show differences in outlay or spraying pattern after using them for 40 hours.

KEY WORDS : Nozzles, detriment, tap water, canal water.

INTRODUCCION

La presencia de plagas y enfermedades ocasionan grandes pérdidas en cantidad y calidad de las cosechas lo que obliga a los agricultores a efectuar tratamientos con pesticidas mezclados con agua, no siempre ésta de buena calidad. Normalmente, la recomendación de uso del agroquímico es muy acertada, sin embargo no sucede lo mismo en relación a la forma de realizar la aplicación.

Las boquillas de aspersión influyen directamente en la calidad de la pulverización, la cual se pone de manifiesto por las características dimensionales de la población

de gotas y por la uniformidad con que el líquido se reparte en la zona de tratamiento. Las boquillas, como todo componente mecánico que realiza un trabajo, sufren un desgaste que limita su vida útil, modificando las características de la aspersión lo cual determina la necesidad de su reemplazo (Marquez *et al.*, 1988; Lamas y Pinzón 1990). En la aplicación de cualquier pesticida, un incremento de la dosis recomendada puede determinar fitotoxicidad del cultivo; por lo tanto el deterioro que puedan presentar las boquillas debido al desgaste puede tener consecuencias muy significativas. Faber *et al.* (1981), después de realizar un ensayo de

desgaste, señalaron que la calidad del tratamiento se deterioró cuando el aumento del gasto superó el 15% respecto del caudal inicial, pero antes que ese valor se alcanzara, el objeto asperjado estaba ya recibiendo una sobredosis debido a una desuniforme distribución y, menor fineza y homogeneidad en el tamaño de las gotas.

Lamas (1988) y Villa (1991) sostienen que las boquillas cumplen las funciones de formar las gotas, controlar el volumen para cada presión de trabajo, dar uniformidad a la formación de las gotas y proporcionar calidad de cobertura.

Cada tratamiento precisa de boquillas diferentes, ya que no existe un tipo de boquilla que satisfaga todas las exigencias de una aplicación determinada; si bien existen algunas que son más versátiles que otras, siempre se presentan diferencias (Mery, 1988).

En cultivos bajos, donde se requiere una cobertura uniforme en la banda de aplicación, se suelen usar boquillas de abanico. Existe una amplia gama de ellas con diferentes gastos y ángulos; ambos factores tienen un marcado efecto en el tamaño de gota y en la cobertura. En relación a esto cabe señalar que, en general, las boquillas de abanico producen una gran dispersión en cuanto a tamaño de gota. (Ossandon, 1991).

Según Galli *et al.* (1983) y Lamas y Pinzón (1990), los parámetros con que se miden las características de las boquillas de abanico son el caudal o gasto, patrón de distribución, ángulo y tamaño de gota.

Byron y Robinson (1988) señalan que el caudal se expresa en l/min o en la cantidad de líquido que descarga una boquilla bajo cierta presión en un determinado tiempo.

El patrón de distribución corresponde a la forma en que se distribuye el líquido en la aspersión, la cual es característica para cada tipo de boquilla. Este se suele representar mediante un gráfico, en el cual la altura de cada barra está determinada por la cantidad de líquido que se distribuye en cada sección de la superficie que es alcanzada por la aspersión de la boquillas (Galli *et al.*, 1983).

Byron y Robinson (1988) analizando el gasto y el patrón de distribución de boquillas de abanico de bronce que habían sido usadas por los agricultores durante períodos desde 3 hasta 36 meses encontraron que se produce un fuerte incremento del gasto, 27% más alto que el inicial después de un año de uso, como consecuencia del desgaste del orificio, pues aumenta su tamaño. Este incremento del gasto es muy marcado durante los primeros períodos de uso y luego tiende a estabilizarse a través del tiempo (Drouin, 1989; Reichard *et al.*, 1991; Pearson y Fry, 1986). En relación al patrón de distribución, éste se altera de una manera característica, concentrándose la aspersión en el centro o a uno de los extremos, acompañado esto de una disminución del ancho del patrón. Citan, como ejemplo, que en boquillas nuevas que presentaban un ancho de aspersión de 38 cm medidos a una altura de 45 cm sobre la superficie el ancho disminuyó a 30 cm, como consecuencia del desgaste. Señalan también que este aumento del caudal, junto con la alteración del patrón de distribución, impiden la obtención de un apropiado traslape entre boquillas sucesivas, produciéndose, por lo tanto, una sobre aplicación del producto en algunos puntos y una sub aplicación en otros.

Para evaluar las características de desgaste de las boquillas de abanico, se deben llevar a cabo ensayos de desgaste acelerado en laboratorio. Dicho procedimiento es ampliamente

aceptado e involucra el uso de una suspensión abrasiva que es asperjada a través de las boquillas durante períodos predeterminados (Pearson y Fry, 1986). A su vez, Lamas y Pinzón (1990) agregan que el fenómeno de desgaste que sufren los materiales constitutivos de las boquillas se puede analizar en virtud de dos causas: la corrosión y la erosión. El desgaste corrosivo es producido por la agresión continua de los agentes químicos. Es de difícil cuantificación debido a la gran variedad de compuestos y a la forma lenta y constante en que se produce. La incidencia del desgaste abrasivo, es decir, el deterioro del orificio de la boquilla, se debe al rozamiento que producen las partículas de los productos fitosanitarios y depende de la dureza de éstos.

En cuanto al procedimiento mismo, empleado en las pruebas de desgaste, existe acuerdo entre diferentes autores con respecto a utilizar un pulverizador hidráulico de barra, el cual posee las mismas características y componentes de un equipo de campo, con la diferencia que la bomba es accionada por un motor eléctrico y la aspersión de las boquillas es recibida en un estanque y reimpulsada nuevamente a la bomba, constituyéndose en un circuito hidráulico recirculatorio (Reichard *et al.*, 1991; Lamas y Pinzón, 1990; Pearson y Fry, 1986; Drouin, 1989b; Knott, 1977).

Los materiales más usados en la fabricación de boquillas son: bronce, aluminio, plásticos, aceros especiales y cerámica (Villa, 1991).

De numerosos ensayos de desgaste de boquillas citados por Reichard *et al.* (1991) y Drouin (1989b), se concluye que boquillas de igual tipo, pero de distinto material de construcción, presentan tasas de desgaste muy diferentes.

Knott (1977), después de evaluar en laboratorio el desgaste de boquillas de abanico de material plástico utilizando diversos pesticidas, determinó que también existen diferencias inherentes a la uniformidad del mismo material de fabricación, ya que al utilizar boquillas idénticas en cuanto a caudal y tipo, pero adquiridas en lugares y momentos diferentes, obtuvo grandes variaciones en las tasas de desgaste. Mery (1988) sostiene que sólo las boquillas de material cerámico mantienen, a las 10 horas de uso, su caudal inicial, ya que los otros materiales sufren desgaste que producen variaciones de caudal del orden del 3 (material plástico) al 10% (metálicas).

El objetivo de esta investigación fue determinar los efectos que tiene usar agua de baja calidad, en el desgaste producido en boquillas de abanico de distintos materiales y que son usadas en las aspersiones con equipos de barra.

M A T E R I A L E S Y M É T O D O S

Para medir el desgaste que sufren las boquillas de abanico por el uso de agua de mala calidad, se construyó un banco de prueba de boquillas en el Laboratorio de Maquinaria Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile. Este equipo se diseñó y construyó en base de los antecedentes señalados por Word Health Organization (1976), Thornton y Kibble - White (1974) y Bredemeier (1973). Los componentes de este banco son los mismos de un aspersor convencional, pero accionado por un motor eléctrico con reducciones para que transmita 540 RPM a la bomba de pistones y válvulas de control de los flujos. Posee además un estanque que en su parte superior cuenta con

tres barras porta boquillas a través de las cuales circula el líquido en la prueba de desgaste, reloj de tiempos y una barra colocada sobre una mesa acanalada para determinar el gasto y patrón distribución.

El gasto y el comportamiento del patrón de distribución fueron evaluados. La determinación del gasto, en todos los estudios, se realizó, simplemente, descargando la aspersión en un recipiente graduado durante un minuto, a una presión determinada, que usualmente es la misma a la cual se operó el pulverizador donde se desgastaron las boquillas.

El patrón de distribución, por su parte, se determinó mediante un banco de pruebas de boquillas el cual estaba formado por una lámina de material corrugado inclinada, formando canaletas distanciadas unas de otras las que desembocan en tubos colectores graduados, permitiendo de tal forma que el líquido de cada canaleta se recoja en un recipiente distinto. La boquilla se colocó en la barra, a una altura predeterminada, de manera que al asperjar el agua cayera en las canaletas y escurriera hacia el tubo correspondiente obteniéndose así un gráfico de barras en el que la altura de cada barra está dada por la cantidad de líquido acumulado en cada tubo graduado (Lamas y Pinzón 1990; Bayron y Robinson 1988; World Health Organization 1976; Galli *et al.*, 1983).

Los tratamientos consistieron en determinar el efecto que tienen en el gasto, expresado en litros por minuto, y en la variabilidad de la distribución del abanico en cuatro tipos de boquillas (bronce, acero inoxidable, plástico y cerámica) (Tabla 1), usando dos tipos de calidad de agua, una obtenida desde

un canal de riego del Campus Antumapu y proveniente del Río Maipo, y la otra de la red de agua potable del lugar. Los tipos de agua utilizados fueron sometidos a análisis de contenido de partículas sólidas y pH (Tabla 2).

Tabla 1.
Características de las boquillas.

Table 1.
Nozzles characteristics.

Tipo de boquilla	Material de construcción	Gasto inicial (l/min)
Abanico plano 110	Bronce	0,80
Abanico plano 80	Acero inoxidable	0,80
Abanico plano 110	Plástico	0,74
Abanico plano 110	Cerámica	0,88

Tabla 2.
Análisis del contenido de partículas en las dos aguas usadas.

Table 2.
Analysis of particles contents in both waters used.

Parámetros	Agua de acequia	Agua potable
pH	7,15	7,50
Arcilla (g/l)	0,96	0,00
Limo (g/l)	1,16	0,00
Arena (g/l)	0,09	0,00
Carbonato (g/l)	0,00	0,00

Se utilizó un diseño experimental de parcela dividida en bloques, con tres repeticiones en que la unidad completa fue el tipo de agua y las sub unidades los tipos de boquillas.

Las pruebas se iniciaron determinando el gasto de cada boquilla nueva utilizando agua potable a una presión de 300 KAp y el patrón de distribución se estableció representando gráficamente la cantidad de líquido recibido en cada tubo graduado en la mesa acanalada. El desgaste de las boquillas se determinó conectando al azar 4 boquillas en cada una

de las tres barras sobre el estanque, constituyendo cada barra una repetición. Se procedió a hacer funcionar el equipo con ambas aguas en periodos de 10, 20, 30 y 40 horas a una presión de 300 KAp controlada con un manómetro colocado sobre la campana de aire. El tiempo de aspersión se controló mediante un reloj, de manera que el equipo se detuviera automáticamente al completar cada período. Las mediciones de gasto y patrón de distribución de las boquillas se hicieron en igual forma que al inicio del ensayo, después de finalizado cada período de 10 horas de aspersión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variaciones en el gasto de las boquillas

La investigación realizada demostró la gran variación que ocurre en una boquilla por el efecto abrasivo que se ejerce en aquellas construidas con materiales de poca resistencia al desgaste, las cuales experimentan variaciones considerables en su gasto desde las primeras horas de funcionamiento. Los valores del gasto obtenidos para cada boquilla probada con agua potable y de acequia con 0, 10, 20, 30, y 40 horas de uso se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores del gasto obtenidos con el uso de dos tipos de agua y cuatro tipos de boquillas en cuatro intervalos de tiempo.

Table 3. Values of capacity obtained with the use of two types of water and four types of nozzles in four time intervals.

Boquilla	Tiempo (hrs)								
	0	10	20	30	40	10	20	30	40
	Agua potable				Agua de acequia				
Bronce	0,80	0,80	0,81	0,81	0,82	1,60	1,84	1,86	1,81
Acero inoxidable	0,80	0,80	0,80	0,80	0,81	1,24	1,34	1,39	1,41
Plástico	0,74	0,74	0,74	0,74	0,72	1,32	1,47	1,57	1,63
Cerámica	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,94	0,94	0,94	0,94

Al comparar, en la Tabla 3, el comportamiento de las cuatro boquillas utilizadas con agua potable y de acequia, se observa que a través del tiempo en las boquillas de bronce, acero inoxidable y plástico se producen los mayores incrementos del gasto al utilizar agua de mala calidad, siendo notable el caso de la boquilla de bronce que duplica su gasto en las primeras 10 horas de uso (Figura 1). En cambio la boquilla de cerámica presentó un leve incremento después de 10 horas de uso

presentando estabilidad en los períodos posteriores. Utilizando agua potable no hay diferencias significativas.

En la Figura 1 se aprecia claramente la interacción que se presentó entre el factor agua y el factor boquilla ($P < 0,05$) a las 10 horas de uso y que se mantuvo siguiendo tendencias muy similares en todos los intervalos de tiempo posteriores a éste. Esta interacción está representada gráficamente por barras

correspondiente a tiempo 0 y 10 horas y a cada tratamiento. Las barras correspondientes al tratamiento con agua potable presentan una altura muy similar a lo observado en el tiempo 0, esto es, cuando las boquillas estaban sin uso, y después de 10 horas de uso. En cambio, en el caso del tratamiento con agua de acequia, se observa una gran diferencia en la altura después de 10 horas de uso. Esta diferencia es más evidente en boquillas de material más susceptible al desgaste.

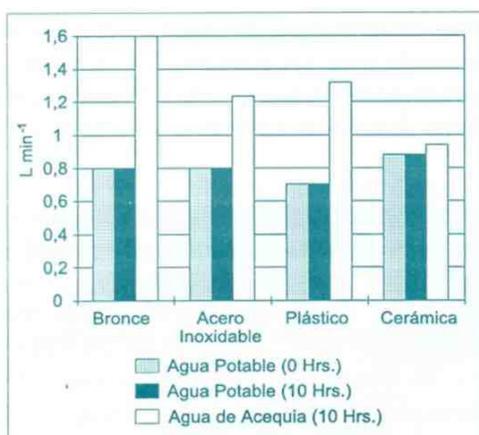


Figura 1. Valores del gasto en litros por minuto de cada tipo de boquilla obtenidos con 0 horas de uso con potable y después de 10 horas empleando agua de acequia.

Figure 1. Values of capacity in l per minute of each type of nozzles, obtained with 0 hour with tap water and after 10 hour using canal water.

Los incrementos del gasto obtenidos utilizando agua de acequia para las boquillas de bronce, acero inoxidable y plástico fueron significativamente mayores ($P < 0,05$) que los medidos con agua potable en todos los períodos de uso (Figura 2). La boquilla de material cerámico, en cambio, no presentó diferencias significativas entre los dos tratamientos con aguas en todos los períodos. Estas diferencias son atribuidas al gran desgaste producido por las partículas sólidas contenidas en el agua de

acequia y que en el caso del agua potable son inexistentes. Según Reichard *et al.* (1991), la concentración y tipo de partículas entre los líquidos asperjados, son probablemente la principal causa de las grandes diferencias que existen en el desgaste que presentan boquillas del mismo tipo en diversos ensayos.

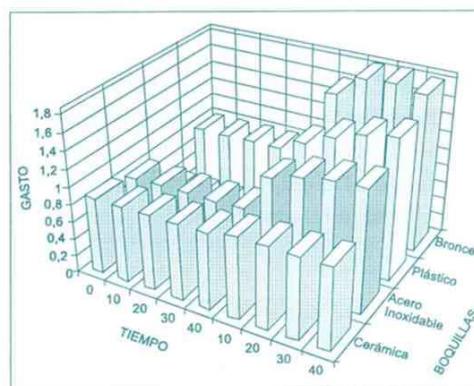


Figura 2. Valores de incremento en los gastos en el tiempo de 0 a 40 horas empleando utilizando agua de acequia.

Figure 2. Values of increase in capacity in time of 0 to 40 hours using canal water.

Los valores promedios del incremento porcentual del gasto para cada tipo de boquilla, obtenidos en los dos tratamientos, a los distintos tiempos de uso, se presentan en las Figuras 3 y 4, las cuales permiten apreciar la evolución global de las boquillas durante el ensayo.

En la Figura 3, se observa que el incremento del gasto fue muy drástico durante las primeras 10 horas de uso, llegándose a un 100% en la boquillas de bronce. Para las boquillas de plástico, acero inoxidable y cerámica, los valores fueron de 78, 55 y 8%, respectivamente. Si bien el desgaste de las boquillas continuó en los períodos posteriores, se presentó una tendencia a



Figura 3. Incremento porcentual del gasto de las boquillas según tiempo de uso con agua de acequia.

Figure 3. Percental increase of capacity in nozzles depending of time used with canal water.

estabilizarse a partir de las 30 horas en el caso del bronce, plástico y acero inoxidable. En la boquilla de cerámica, en cambio, el gasto se estabilizó completamente a las 10 horas de uso, mostrando sólo un incremento de 8% sobre el gasto inicial y no variando posteriormente.

Las curvas de la Figura 3 presentan una clara diferencia de aumento en el gasto según el material con que fueron fabricadas las boquillas, siendo mayor en la boquilla de bronce y menor en orden decreciente para plástico, acero inoxidable y cerámica. Esto coincide con los resultados de Reichard *et al.* (1991) y Drouin (1989b), Mery (1988) y Pearson y Fry (1986).

En la Figura 4, se observa que en las boquillas de cerámica y plástico, no ocurrió aumento del gasto durante todo el período de evaluación y que incluso en la boquilla de plástico, al final del ensayo, hubo una disminución del gasto. Este mismo fenómeno aconteció en los ensayos llevados a cabo por Lamas y Pinzón (1990), Reichard *et al.* (1991), Pearson y Fry (1986) y Knott (1977). Estos dos últimos autores lo atribuyen a la dilatación que sufren algunos

materiales plásticos al absorber agua, lo cual produce un estrechamiento del orificio de la boquilla.

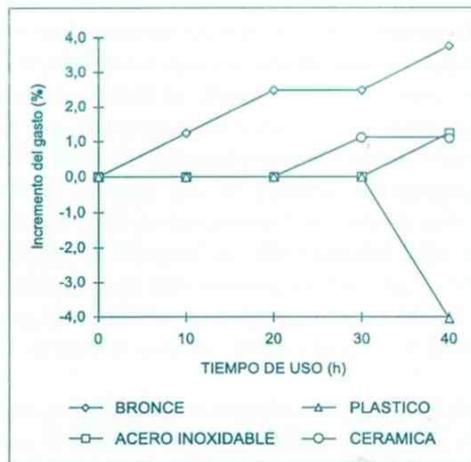


Figura 4. Incremento porcentual del gasto en las boquillas según tiempo de uso con agua potable.

Figure 4. Percental increase of capacity in nozzles depending of time using tap water.

Con respecto al bronce y al acero inoxidable, se alcanzaron valores de aumento en el gasto, después de 40 horas de uso, de 3,8 y 1,2% , respectivamente, lo que si bien constituye una tasa de desgaste relativo muy insignificante con respecto a lo obtenido con agua de acequia (126 y 76%, respectivamente), puede atribuirse, probablemente, a ciertas partículas que se desprendieron de los componentes de bronce del equipo (cuerpos, niples y regulador de presión entre otros), ya que se constató la presencia de éstas en los filtros de línea, en los momentos en que se procedía a renovar el agua potable utilizada.

En las recomendaciones para la utilización y mantenimiento de los pulverizadores agrícolas, se dan valores referenciales de

desgaste máximo admisible, expresándose en términos de incremento de caudal, que varían entre 10 y 25% (Márquez *et al.*, 1988). Esto indicaría que las boquillas de bronce, plástico y acero inoxidable, después de un uso de sólo 10 horas con agua de acequia, superan en 400, 312 y 220% respectivamente, al valor máximo admisible señalado por estos autores y, por lo tanto, deben ser reemplazadas. En cambio la boquilla de cerámica, ni aún después de 40 horas de uso con el mismo tipo de agua supera al valor mínimo (10%) de desgaste admisible. En el caso del tratamiento con agua potable, ninguna boquilla, después de 40 horas de uso alcanzó siquiera valores cercanos al anterior.

Estos antecedentes indicarían que con los niveles de desgaste obtenidos con sólo 10 horas de uso con agua de acequia, en las boquillas de bronce, plástico y acero inoxidable se produciría un aumento considerable en el tamaño de las gotas, lo que acarrearía importantes consecuencias en el cubrimiento y en las dosis de aplicación.

La distribución homogénea del líquido en una planta u objeto, lo cual se denomina cobertura, está íntimamente ligada con el tamaño de gota producido en la pulverización, ya que a medida que aumenta el tamaño de las gotas, de un mismo volumen de líquido asperjado, disminuye la superficie de contacto y por ende la cobertura (Ossandón, 1991).

Estas referencias permiten visualizar el gran perjuicio que puede significar una pulverización efectuada con boquillas desgastadas, ya que por un lado la distribución del pesticida es desuniforme y este no logrará el control esperado, lo que se traduce en pérdida de productividad y, por otro lado, el inminente escurrimiento del producto al suelo, además del derroche generado, producirá una concentración de residuos en el suelo, incrementando la contaminación ambiental.

Variación en el patrón de distribución

Los patrones de distribución de las boquillas evaluadas en el ensayo prácticamente no experimentaron alteraciones con el uso de agua potable, en cambio, con agua de acequia, las alteraciones fueron evidentes en las boquillas de bronce, plástico y acero inoxidable. En la boquilla de cerámica no se observaron cambios considerables en todo momento, cual indica la estrecha relación existente entre el incremento del gasto y la alteración del patrón de distribución (Figuras 5 y 6).

En la Figura 5, se puede apreciar que los cambios de los patrones se caracterizan por una fuerte disminución del ancho y una concentración del líquido en la parte central. Esto concuerda con lo observado por Byron y Robinson (1988), quienes señalan que en boquillas que presentaban un 27% de incremento del caudal, la aspersión se concentró preponderantemente en el centro o en uno de los extremos, acompañado de una disminución del ancho de patrón. En el extremo superior de cada gráfico se indica el gasto de la boquilla en ese momento, lo que permite observar la relación antes mencionada entre el deterioro del patrón y el incremento del gasto de la boquilla.

Según Byron y Robinson (1988), la alteración del patrón, impide obtener un apropiado traslape de la aspersión entre boquillas sucesivas situadas a lo largo de una barra de pulverización. Esto se puede apreciar en la Figura 6, que corresponde al traslape realizado en el banco de pruebas con tres boquillas de bronce que se usaron con agua de acequia durante 40 horas.

En la prueba mencionada, las boquillas se encontraban a una separación de 50 cm entre ellas y a una altura de 35 cm sobre la superficie, lo que es lo recomendable para obtener un buen traslape. Sin embargo, como puede constatarse

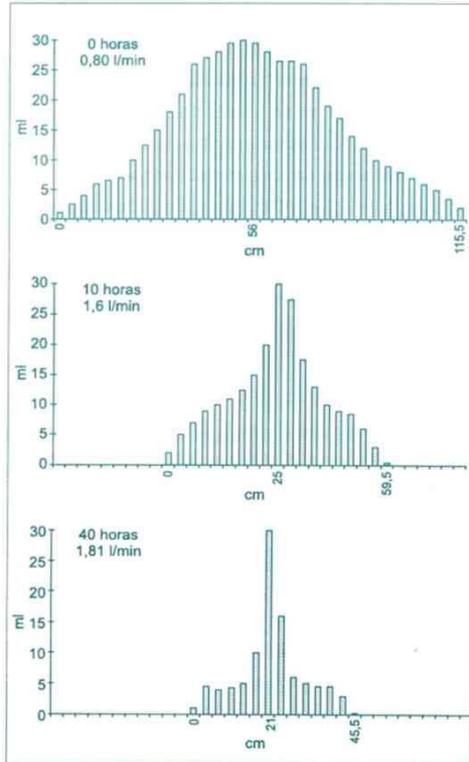


Figura 5. Variaciones en el patrón de distribución de la boquilla de bronce a través del tiempo por el uso de agua potable.

Figure 5. Variations in the distribution pattern of bronze nozzles after using canal water.

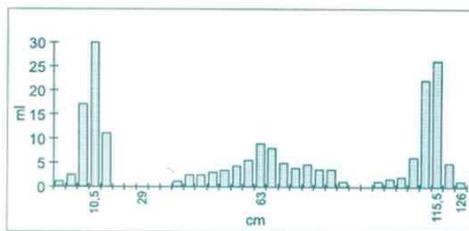


Figura 6. Distribución de la aspersión de tres boquillas de bronce usadas durante 40 horas con agua de acequia.

Figure 6. Spraying distribution of three bronze nozzles used 40 hour with canal water.

en la Figura 6, el deterioro de las boquillas fue tan severo que los patrones ni siquiera alcanzaron a traslaparse, lo cual generó espacios que no recibieron líquido, en contraste con sectores donde se concentró prácticamente la totalidad de la aspersión. De este modo, se puede apreciar que, por ejemplo, en el segmento situado a 10,5 cm, se recolectaron 30 cm³ de líquido, a diferencia de lo ocurrido en el sector ubicado a 28 cm donde no hubo depósito alguno. Esto significa, en la práctica, que un segmento de la banda de aplicación recibiría por lo menos 30 veces más cantidad del producto pulverizado, lo cual constituye una sobre dosificación localizada que podría anular la selectividad del un herbicida y provocar serios daños al cultivo por fitotoxicidad. En cambio, en los espacios que no fueron alcanzados por la aspersión se produciría una carencia de efecto del pesticida. Una pulverización que tenga un perfil de distribución como el mostrado en la Figura 6, es una causa importante de ineficacia de un pesticida, además de producir contaminación.

En la Figura 7, se observa que, usando boquillas de bronce con agua potable después de 40 horas de trabajo, existe un efectivo traslape lo que asegura una distribución homogénea en toda la banda.

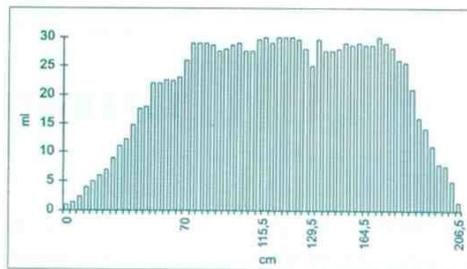


Figura 7. Distribución de la aspersión de tres boquillas de bronce usadas 40 horas con agua potable.

Figure 7. Spraying distribution of three bronze nozzles used 40 hour with tap water.

Dada la gran diferencia que presentaron los distintos materiales de construcción de las boquillas evaluadas en este ensayo respecto de la variación de sus parámetros característicos, como consecuencia del desgaste, es importante citar como comentario final lo señalado por Pearson y Fry (1986) en cuanto a que para el usuario que sigue un procedimiento de calibración regular de su equipo y que revisa el

gasto de las boquillas periódicamente, el usar boquillas de cualquier material puede tener un efecto tan pequeño como el costo de las boquillas. Sin embargo, para aquel que revisa el gasto de las boquillas ocasionalmente, puede tener ocultos grandes costos debido a malas aplicaciones. Para este tipo de agricultor, la elección de una boquilla construida de un particular material sí puede tener enormes implicancias.

CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación permiten concluir:

1. El uso de agua de acequia produjo aumentos significativos en el gasto de las boquillas de bronce, plástico y acero inoxidable al compararlas empleando agua potable.
2. El patrón de distribución de las boquillas de bronce, plástico y acero inoxidable utilizando agua de acequia, sufrió notables alteraciones, concentrándose la aspersion en la parte central del abanico.
3. Los distintos materiales utilizados en las boquillas probadas presentaron tasas de desgaste muy diferentes, siendo mayor en la

boquillas de bronce, luego la de plástico y la de acero inoxidable. La boquillas de cerámica no presentaron aumentos significativos del gasto ni variaciones del patrón de distribución usando ambos tipos de agua.

4. El mayor desgaste, al utilizar agua de acequia, se produjo en las primeras 10 horas de uso. Posteriormente, se incrementa en una menor tasa, alcanzando una cierta estabilización alrededor de las 30 horas.

5. Las boquillas de bronce, plástico y acero inoxidable, utilizadas con aguas de mala calidad con materiales abrasivos en suspensión, deberían desecharse después de las primeras horas de uso.

LITERATURA CITADA

BREDEMEIER, D. 1973. Effect of wear on the accuracy of nozzles used in pest control. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 25(2): 23-26.

BYRON, D. AND ROBINSON, W. 1988. Spraying correctly. Pest Control. 56(5): 28-39.

DROUIN, B. 1989a. Nozzle technical requirements. Application Technology Grup. Hartvig Jensen & Co., Denmark. 8 p.

DROUIN, B. 1989b. Nozzle wear life. Application Technology Group. Hartvig Jensen & Co., Denmark. 5p.

FABER, H., GOFFRE, P. AND MUSILLAMI, S. 1981. Wear in the fan nozzles for low volume spraying and the effect on spray distribution. *Weed Abstracts* 30: 787.

GALLI, J.C. MATUO, T. Y SIQUEIRA, E. C. 1983. Padrao de distribuicao de alguns bicos hidraulicos. *Planta Daninha* 6(2): 144-150.

KNOTT, L. 1977. Wear of pesticide nozzles and check valves. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 29(3): 36-42.

LAMAS, R. L. 1988. La aplicación del rayo laser al estudio de boquillas de pulverización. *Haydi Rama. Revista de pulverizadores y protección de cultivos*. 4: 15-23.

LAMAS, R. L. y PINZON, R. A. 1990. Desgaste acelerado de boquillas de abanico de 110*. Evolución de los parámetros característicos, p 225-235. In: *Proceedings of the 22nd international conference on agricultural mechanization. Feria Técnica Internacional de la Maquinaria, Zaragoza, España*. v.1.

MARQUEZ, L., PINZON, R. A. y LAMAS, R. 1988. Influencia del desgaste de la boquilla de pulverización en la población de gotas resultante: análisis mediante rayo laser. *Revista di Ingegneria Agraria* 10: 887-892.

MERY, J. 1988. Pulverizadores hidráulicos. *Boletín Agrícola Shell*. 48(1): 14-17.

OSSANDON P., 1991. Principios básicos de la pulverización y factores que la afectan. Santiago de Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. *Publicaciones Misceláneas Agrícolas* Nº 34. p. 1-25.

PEARSON, S. L. y FRY, C. 1886. Wear rates agricultural spray nozzles, p 54-57. In: *Thirty-Eighth Illinois Custom Spray Operators Training Manual*. University of Illinois at Urbana-Champaign. p.i.

REICHARD, D. L. OZKAN, H.E. and FOX, R.D. 1991. Nozzle wear rates and test procedure. *Transaction of the ASAE* 34(6): 2309-2316.

THORNTON, M. E. and KIBBLE-WHITE, R. 1974. Apparatus used for spray nozzle evaluation at the weed Ressearch Organization. *PANS* 20(4): 465-475.

VILLA R., 1885. Técnicas y máquinas de aplicación de productos fitosanitariuos. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. *Publicación Docente* Nº 2. p. 13-14.

VILLA R., 1991. Pulverizadores hidráulicos de barra. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. *Publicaciones Misceláneas Agrícolas* Nº 34. p 26-52.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) 1976. *Material de lucha contra los vectores*. Ginebra. 186 p.

CAMBIOS EN LA EDUCACION AGRICOLA SUPERIOR CHILENA

Changes in the Chilean Higher Education in Agriculture

EDMUNDO ACEVEDO H. y PAOLA SILVA C.
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago

Recepción de originales: 2 de junio de 1997.

R E S U M E N

La enseñanza agrícola superior chilena enfrenta un desafío de cambio que es el resultado de la rápida evolución del sector silviagropecuario nacional e internacional y de la reforma educacional superior que el país realizó en el año 1981, que permitió un aumento en la oferta de la enseñanza superior, incluida la agrícola.

La educación agrícola superior se debe readecuar a las exigencias cambiantes del sector productivo, en particular a la inserción del país en megamercados internacionales, y al mismo tiempo atender nuevas demandas sociales como son la mayor sensibilidad en relación a la conservación de los recursos naturales renovables y la continua disminución de mano de obra campesina.

Los principales aspectos que se esperan en el perfil del profesional del agro chileno son: Conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para su desempeño profesional, en particular frente al nuevo paradigma de producción agrícola la que enfatiza la sustentabilidad de los agrosistemas; capacidad de crear y utilizar métodos y criterios de producción que contribuyan a una agricultura

A B S T R A C T

The Chilean higher education in agriculture is being challenged by the rapid national and international evolution of the sector, as well as by the higher education reform of 1981 which increased the number of institutions offering higher education, including agriculture.

The higher education in agriculture has to respond to a changing production sector and to the insertion of the country into the international markets. It also has to face developing social trends such as the increased awareness of the need to conserve the renewable natural resources and the decreased hand labor.

The new professional of the Chilean agriculture should have the following profile: scientific and technical knowledge required for his work, particularly in relation to the sustainability of agricultural ecosystems, including the capacity to create and use production criteria and methods leading to sustainable agriculture; complete familiarity with professional ethics and its practice, particularly as it relates to emerging areas such as international trade and DNA

sustentable; principios y valores éticos necesarios para el buen desempeño de la profesión; capacidad de desempeñarse correctamente en el quehacer silviagropecuario a través de asistencia profesional, planificación, enseñanza superior, investigación y otros.

Para lograr este fin, la Universidad de Chile ha readecuado su plan de estudios fortaleciendo la enseñanza, flexibilizando la educación y abriendo el camino a una mayor especialización.

PALABRAS CLAVES: agricultura, educación superior, Universidad de Chile.

manipulation; the capacity to properly act in agriculture and/or forestry through technical assistance, planning, teaching, research and others.

To meet these ends, the University of Chile has revised the curricula for agricultural studies strengthening teaching, increasing the flexibility of the carrier programs and opening possibilities for new and higher specialization.

KEY WORDS: agriculture, higher education, University of Chile.

INTRODUCCION

El sector silviagropecuario chileno ha experimentado en los últimos veinte años un gran desarrollo, caracterizado por su apertura al comercio internacional, rápido crecimiento, diversificación de la producción, significativo avance tecnológico, creciente presencia de empresas y empresarios modernos en el sector. Por otra parte, el país enfrenta grandes y graves problemas ambientales unidos a una acelerada desruralización.

A nivel mundial la economía ha cambiado, caracterizándose por una mayor desregulación y desestatización, con una progresiva apertura del mercado mundial y conformación de grandes bloques comerciales regionales. Existe un acelerado crecimiento en nuevas tecnologías acompañado de una mayor conciencia medioambiental.

Esta realidad está creando necesidades de transformación y adecuación productiva del agro nacional así como una incorporación creciente de mayor valor agregado a los productos. Estos procesos requieren de profesionales altamente calificados y de un esfuerzo de desarrollo científico y tecnológico sostenido y sistemático que favorezca la investigación científica y la innovación. En Chile, las Universidades tradicionales como la Universidad de Chile preparan a profesionales y generan, aproximadamente, el 80% del conocimiento científico y tecnológico del país.

Este trabajo presenta una visión de la situación agrícola nacional, de la formación actual del profesional del agro, de las necesidades de cambio en la enseñanza superior agrícola y los cambios iniciados en este sentido por la Universidad de Chile.

Avances del Sector Silviagropecuario y Grandes Desafíos a Futuro

La agricultura chilena de los últimos decenios ha presentado capacidad de innovación y se ha ido transformando, observándose un crecimiento del producto interno bruto en el sector agrícola que en el último tiempo va de \$360.183 millones en 1990 a \$466.579 millones en 1997.

Crecimiento del Sector Agrícola

La fruticultura y especialmente la exportación de fruta fresca ha sido el rubro con mayor expansión en el sector agrícola (Figura 1). La viticultura de cepas finas ha adquirido un auge importante, la inversión externa del rubro es progresiva y la exportación es creciente gracias a las ventajas productivas del país, la promoción y cada vez mayor aceptación del vino chileno en el exterior.

La actividad forestal está claramente en expansión (Figura 2). Las políticas económicas del país y la creación de subsidios para las plantaciones forestales, permitieron este desarrollo basado en pino insigne (*Pinus radiata*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*) (INFOR, 1994). Las exportaciones forestales en valor FOB, en 1997, fueron US\$ 1.648 millones. Santibañez *et al.*, (1995) estima un aumento de US\$ 2.500 y a US\$ 5.000 millones en los años 2000 y 2010, respectivamente, siendo la industria de la celulosa y las manufacturas de madera las que contribuirán con el 70% de las ventas al exterior para el año 2000.

Según PROCHILE (1994), la agroindustria chilena exporta más de 3.000 tipos de

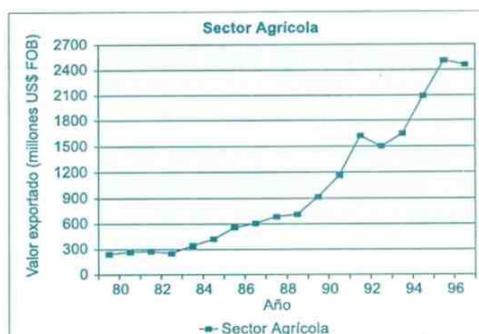


Figura 1. Exportaciones del sector agrícola (ODEPA, 1998).

Figure 1. Agricultural sector exports (ODEPA, 1998).

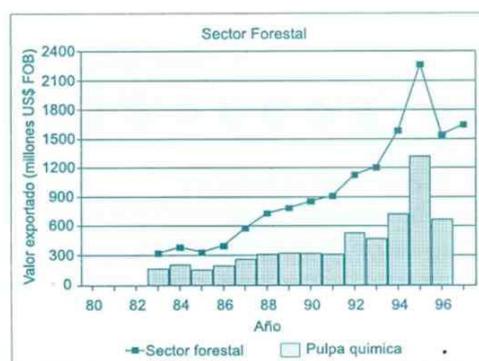


Figura 2. Exportaciones del sector forestal y de la pulpa química (ODEPA, 1998).

Figure 2. Forestry sector and chemical pulp exports (ODEPA, 1998).

productos distintos, en el año 1996 las exportaciones del sector representaron un valor FOB de alrededor de US\$ 958 millones (Figura 3). Ello, si se consideran los productos en conserva, deshidratados, jugos concentrados, congelados, galletas y confites, siendo los dos primeros los más destacados.

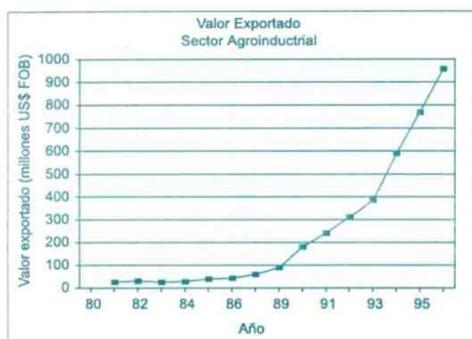


Figura 3.
Exportaciones de productos agroindustriales (ODEPA, 1998).

Figure 3.
Exports of agroindustrial products (ODEPA, 1998).

Deficiencias del Sector Agrícola

Baja rentabilidad de cultivos anuales y pecuarios. Los productos de consumo, fundamentalmente interno, derivados de cultivos anuales y la producción pecuaria, han tenido un avance notable en producción por unidad de superficie pero con costos relativamente altos. Sin embargo, los precios pagados a los agricultores por productos de cultivos anuales han, experimentado un constante deterioro, cayendo el área cultivada en los últimos 20 años en aproximadamente, 39% lo que es reflejo de la caída de precios en el mercado internacional (Figura 4). Mientras, la producción pecuaria también ha pasado por grandes cambios, la masa ovina ha disminuido aproximadamente en 1 millón de cabezas entre 1990 y 1997, como consecuencia del deterioro de las condiciones de mercado de la lana y carne. Contrario a esto, en el mismo período, se produjo un incremento sostenido de 700.000 cabezas de ganado bovino, debido principalmente a un aumento en la masa de vacas lecheras, estimulado por la rentabilidad de esta actividad.

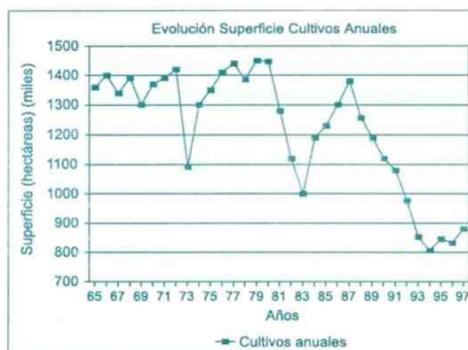


Figura 4.
Evolución de la superficie de cultivos anuales desde 1965 a 1997 (ODEPA, 1998).

Figure 4.
Area cropped to annual crops from 1965 through 1997 (ODEPA, 1998).

Tecnología. El incremento de la productividad se hace cada vez más difícil, sobre todo por la creciente aplicación de protecciones y patentes que dificultan el intercambio de información y encarecen la incorporación de nuevas tecnologías. En este contexto es indispensable que el país desarrolle una fuerte capacidad de investigación y experimentación científica en agricultura. En Chile la biotecnología vegetal no puede dar un apoyo sustantivo a la agricultura nacional debido a una deficiencia de recurso humano especializado y falta de infraestructura (FAO, 1995).

Desvinculación con el sector financiero. El sector presenta signos de debilidad debido a la desvinculación entre el agricultor y el sistema financiero, a la falta de capacidad negociadora de los productores nacionales frente a los grandes complejos exportadores y a problemas en la organización de los agricultores.

Imperfecciones del mercado internacional. La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OECD)

después de analizar trece países desarrollados demostró, recientemente, que las subvenciones a la producción representaban alrededor del 40% de la producción agrícola total de esos países (Ortega, 1994), lo que genera marcadas imperfecciones en el comercio agrícola internacional.

Para evitar estas situaciones de «dumping» o similares en el comercio internacional, Chile ha usado valores aduaneros mínimos y sobretasas arancelarias, lo que en el caso de la leche ha tenido efectos positivos.

El problema ambiental. En Chile, las zonas desérticas, áridas y semiáridas representan el 51% de la superficie continental e insular (Lailhacar, 1977). La fragilidad de estos ecosistemas naturales ha facilitado el desarrollo de crecientes procesos de desertificación a lo largo del país.

La erosión de suelos es uno de los problemas más graves encontrándose unos 11,5 millones de hectáreas con grado de erosión grave y muy grave. Destaca la erosión producida en la IV región, en áreas de secano sometidas al cultivo permanente de cereales, tala y degradación progresiva de la vegetación herbácea y arbustiva, e intenso pastoreo por ganado ovino y caprino. El secano costero entre la V y X región presenta erosión de cárcavas, producto de la siembra continua de cereales con sistemas no sustentables. En la XI región el uso ganadero de sectores con fuertes pendientes y de suelos delgados con aptitud forestal convirtió algunos suelos en los más erosionados de Chile (CONAMA, 1994).

Los suelos arables también se han visto afectados por la urbanización, convirtiéndose en una de las causas principales de pérdidas de suelos (Figura 5), especialmente en la Región Metropolitana.

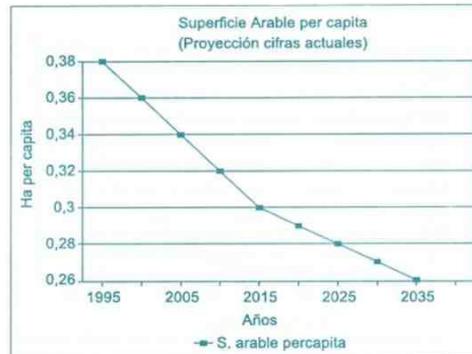


Figura 5. Proyección de pérdida de suelo agrícola (Santibañez *et al.*, 1995).

Figure 5. Projection of the losses of agricultural soils (Santibañez *et al.*, 1995).

Los problemas de contaminación en el país son variados, afectando de diversas formas a la agricultura. Una de las actividades de mayor riesgo ambiental es la minería metálica, representada en Chile por el cobre, debido a su poder modificador del paisaje y a su descarga de residuos tóxicos en aguas de riego, también destaca en este último plano la industria del papel y la celulosa. La contaminación de las aguas de riego con aguas servidas afecta a una superficie importante de hortalizas de crecimiento a ras de suelo. Por otra parte, la agricultura chilena ha sufrido una verdadera revolución tecnológica desde fines de los setenta, basada en el uso masivo de agroquímicos con el consiguiente riesgo que éstos traen al medio ambiente y la salud humana (CONAMA, 1994).

El gran crecimiento en la productividad agrícola del país en los últimos años se ha producido por una aplicación masiva de las ideas que dieron origen a la revolución verde. Estas ideas no pusieron la debida atención en aspectos tan serios como la contaminación ambiental y la

sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Hoy emerge un nuevo paradigma en la agricultura basado en siembra directa y no ruptura del suelo, reciclaje de nutrimentos y productos orgánicos, menor uso de pesticidas y fertilizantes y búsqueda de sustentabilidad de los sistemas agrícolas.

El problema social rural. La escasez relativa de trabajadores y la urgente necesidad de capacitación especialmente orientada a la generación de relevo, es otro aspecto que caracteriza la situación del sector silvoagropecuario. Para Santibañez *et al.* (1995), los más de 800.000 trabajadores agrícolas que constituyen la fuerza de trabajo se reducirá en los próximos 40 años a 560.000 si se mantienen las tendencias actuales. Hay un 13% de la población en el campo, la que muestra signos de envejecimiento y aumento progresivo de los índices de masculinidad. Esta situación, unida a la pobreza e indigencia rural, conllevan a una situación de crisis en el sector.

La disminución de la fuerza de trabajo en el campo se contrapone al aumento de la demanda de fuerza de trabajo calificada por una agricultura creciente (Figura 6).

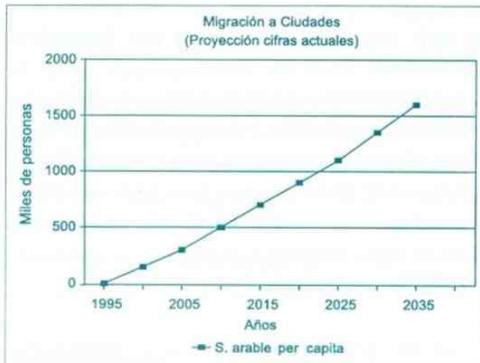


Figura 6. Proyección de migraciones a ciudades (Santibañez *et al.*, 1995).

Figure 6. Projection of the migration of people from rural areas to cities (Santibañez *et al.*, 1995).

Oferta de Ingenieros Agrónomos

Los profesionales titulados en los últimos 25 años son alrededor de cinco mil y corresponden al período más explosivo del desarrollo agropecuario nacional. Actualmente, la oferta profesional de Ingenieros Agrónomos es de alrededor de 5.600 (Tabla 1), existiendo una creciente participación femenina en la profesión, lo cual queda de manifiesto en la composición actual del alumnado donde las mujeres corresponden al 37%.

Tabla 1. Profesionales titulados 1879 a 1994 (Ortiz, 1994).

Table 1. Agronomy degrees granted between 1879 and 1994 (Ortiz, 1994).

Años	Titulados	Activos (%) 1994	Número Activos
1879 - 1970	3,091	30	928
1971 - 1985	3,000	90	2,700
1986 - 1994	2,070	95	1,967
Total			
1879 - 1994	8,061	68	5,595

Con la reforma educacional superior, ocurrida en 1981, se crearon nuevas Universidades privadas aumentando la oferta de enseñanza, incluida la agrícola. A la fecha existen aproximadamente 17 Universidades que imparten la carrera de Agronomía, 8 corresponden a Universidades privadas. Ortiz (1994), proyectó para el año 2000 un aumento importante en el número de Ingenieros Agrónomos titulados de estas Universidades nuevas (Tabla 2).

De la situación silvoagropecuaria nacional se concluye que los grandes desafíos para el

Tabla 2.
Proyecciones de titulación anual en los próximos seis años (Ortiz, 1994).

Table 2.
Annual degree projections for the next six years (Ortiz, 1994).

Establecimiento	Número de Titulados		
	1994	1997	2000
Universidades Tradicionales	340	350	350
Universidades Nuevas	15	150	280
Totales	355	500	630

profesional del agro incluyen fundamentalmente:

- Transformar la agricultura de acuerdo a los mercados nacionales e internacionales para hacerla competitiva y rentable.
- Participar activamente en el desarrollo rural de modo de terminar con el atraso en el que aún viven numerosas familias campesinas.
- Hacer que el desarrollo agrícola sea sustentable tanto técnica como económicamente, recuperar recursos naturales, suelo, agua y bosque, conservando sus potencialidades productivas y protectoras del ambiente.

El profesional del agro deberá estar capacitado para atender un espectro amplio de sectores, desde los que poseen un gran dinamismo y utilizan una tecnología avanzada que se maneja con principios empresariales, orientados a las exportaciones, hasta una agricultura de escasos recursos, existiendo entre estos extremos una variedad de situaciones.

EL PERFIL DEL INGENIERO AGRÓNOMO EN CHILE

Hasta la década de 1950 el Ingeniero Agrónomo chileno fue un profesional con formación amplia de acuerdo a un modelo europeo, implantado por los primeros maestros que vinieron de Francia.

A mediados de la década de 1950 se crearon los Departamentos como unidades básicas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile, se fortaleció la investigación en la Universidad y se realizaron cambios curriculares dando origen a las semi-especializaciones en diferentes áreas: fitotecnia, fruticultura, ganadería, economía agraria y, con posterioridad tecnología de los alimentos, ingeniería y suelos y, últimamente, enología.

Durante las décadas de 1970 y 1980 se continuó con este esquema en la formación de Ingenieros Agrónomos. La docencia varió substancialmente en calidad, asociada a la incorporación a la Universidad de un número cada vez mayor de profesionales docentes a jornada completa con estudios de postgrado en el extranjero.

La más reciente definición del Ingeniero Agrónomo chileno corresponde a la de Venezian (1994): «profesional que se ocupa del estudio, organización y manipulación de seres vivos, plantas y animales, y de recursos físicos conexos con fines productivos para satisfacer necesidades humanas». Cualquiera que sea el nivel de especialización, el Ingeniero Agrónomo chileno está caracterizado por este perfil.

El perfil del futuro Ingeniero Agrónomo deberá considerar los siguientes aspectos: tener conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para su desempeño profesional; ser capaz de crear y utilizar métodos y criterios de producción que contribuyan a una

agricultura sustentable; ser capaz de desempeñarse en el quehacer silviagropecuario a través de asistencia profesional, planificación, enseñanza superior, investigación; poseer fuertes conocimientos en economía, mercados y gestión empresarial.

PLAN DE ESTUDIOS EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE

La docencia de pregrado de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile está estructurada en diez semestres académicos. Actualmente existen tres Escuelas de pregrado: Escuela de Ciclo Básico, Escuela de Ingeniería Agronómica y Escuela de Ingeniería Forestal. Estas Escuelas entregan los grados de Licenciatura. Las Carreras Profesionales y sus especializaciones son las siguientes:

- Ingeniería Agronómica con menciones en Tecnología de los alimentos, Enología, Economía Agraria y Administración, Fitotecnia, Fruticultura, Manejo de Suelos y Aguas, Sanidad Vegetal y Producción Animal (Catálogo Académico, 1986, 1995a).
- Ingeniería Forestal con menciones en Manejo de Recursos Forestales y Silvicultura (Catálogo Académico, 1995b).
- Ingeniería de la Madera.
- Ingeniería de los Recursos Naturales Renovables.

Por otra parte la Facultad cuenta con una Escuela de postgrado que entrega formación académica a nivel de **Magister en Ciencias Agropecuarias** con especialización en Producción de Cultivos, Producción Frutícola, Producción Animal, Ciencias y Tecnología de

los Alimentos, **Magister en Ciencias Forestales** con especialización en Tecnología e Industria de la Madera y Manejo de Recursos Forestales (Programa de Magister, 1993) y a partir de 1997 se dicta el **Magister en Ciencias de la Acuicultura**.

El plan de estudios que rigió para la carrera de agronomía hasta 1997 se esquematiza en la Figura 7. Este plan de estudios enfrentó los siguientes problemas, que fueron evaluados por docentes y estudiantes en Jornadas Docentes de mayo y noviembre de 1995: excesiva rigidez en los planes de estudio; débil formación medio ambiental y de gestión; gran carga académica, con materias repetidas y altamente fragmentadas; tiempo de egreso y de obtención de título profesional excesivo; formación de un Ingeniero Agrónomo semiespecialista; desconexión entre pregrado y postgrado; carencia de evaluación de la docencia.



Figura 7. Esquema del actual plan de estudios agronómicos de la Universidad de Chile.

Figure 7. Present plan for the Agronomy studies at the University of Chile.

Por otra parte el proceso de elaboración de un Plan de Desarrollo de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales demostró que la eficiencia en el uso de recursos físicos, económicos y académicos para la enseñanza podría ser mejorado substancialmente.

Readecuación del Plan de Estudios

En la actualidad el curriculum, plan de estudios y sistema docente de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile están siendo readecuados considerando las necesidades de cambio en el perfil profesional y la mayor especialización requerida por el país.

La evolución de los cambios en la agricultura es extraordinariamente rápida por lo que el nuevo plan de estudios de las carreras adquiere las características señaladas en la Figura 8 y que se detalla a continuación:

- Fortalecimiento de la docencia básica y básica profesional. Implementación de una Escuela de Ciclo Básico de manera de asignar los recursos en la mejor forma y flexibilizar al máximo la oferta de cursos al poder ser dictados en todos los semestres. Además, algunas asignaturas se dictan en un tercer período académico de verano.
- La formación agronómica incorpora materias que prepara a los estudiantes en áreas que les permitan gestar sus propios negocios y empresas de manera que puedan ser creadores de oportunidades de trabajo para sí y para terceros. También se incorporan materias de medio ambiente, que le otorguen herramientas para realizar un manejo agrícola sustentable y de bajo nivel de contaminación.
- Se ofrecen estudios generales y de especialización. Los primeros destinados a resolver problemas de amplio espectro, que se generan por los rápidos cambios en la agricultura y el segundo destinado a resolver problemas agrícolas de alta complejidad.
- Se da la suficiente flexibilidad como para que los estudiantes puedan diseñar su propia especialidad si así lo desean. Asimismo, se ha facilitado la continuidad de estudios entre el pregrado, especialización y postgrado, y se está posibilitando el retorno a las aulas Universitarias de antiguos alumnos.
- Se creó una nueva carrera, que cubre una necesidad emergente de transformación de la materia prima del bosque en productos semi-elaborados o elaborados, **Ingeniería de la Madera**, que comenzó a dictarse en marzo de 1996.
- Se creó otra carrera que cubre la necesidad de recuperar los recursos naturales renovables y diseñar el futuro paisaje con un enfoque ecosistémico de manera de evitar mayores degradaciones de los mismos, **Ingeniería de los Recursos Naturales Renovables**, que comenzó a dictarse en marzo de 1997.

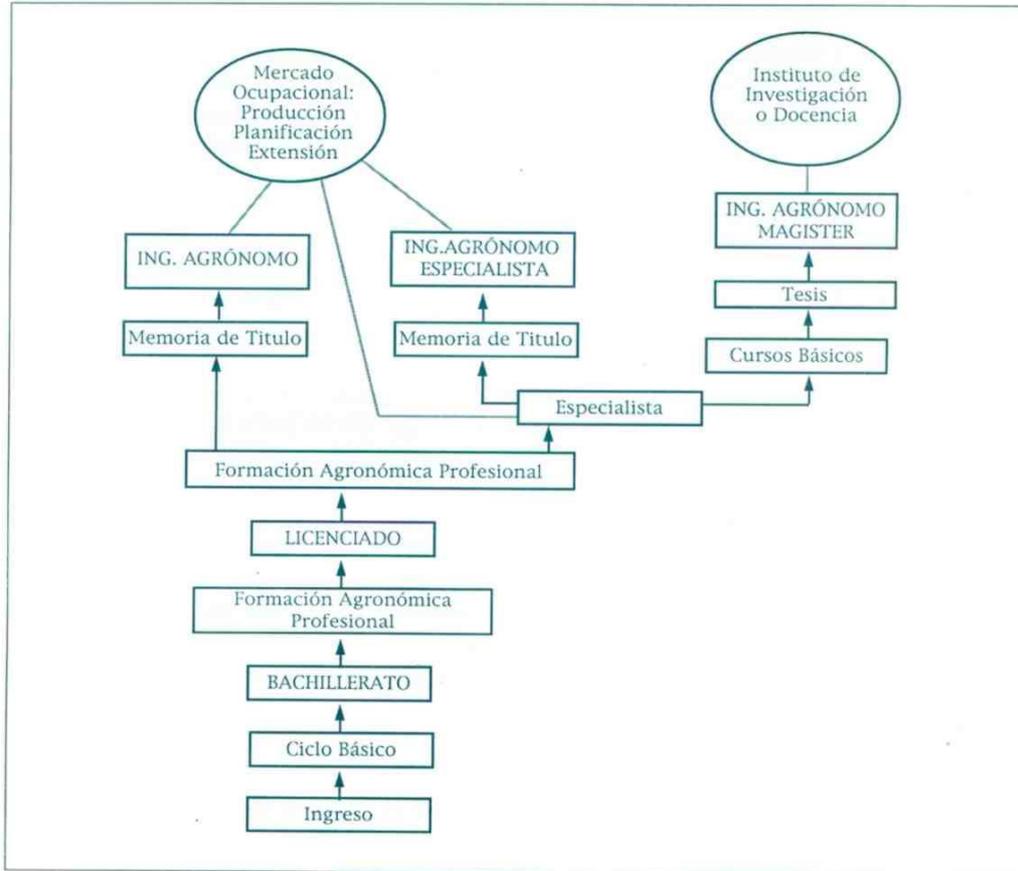


Figura 8.
Esquema del nuevo plan de estudios agronómicos de la Universidad de Chile.

Figure 8.
New study plan in Agronomy at the University of Chile.

La Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales ha hecho los cambios curriculares y reglamentarios para ofrecer los siguientes grados académicos y títulos profesionales :

- *Bachiller en Ciencias Silviagropecuarias.* Se otorgará luego de finalizada la Escuela de Ciclo Básico y tiene una duración de 4 semestres.

- *Licenciado (en Agronomía, Ingeniería Forestal, Ingeniería de la Madera e Ingeniería de los Recursos Naturales Renovables),* incluye todos los cursos de formación necesarios para iniciar estudios de Maestría, tiene una duración de 8 semestres.

- *Ingeniero (Agrónomo, Forestal, de la Madera y, de los Recursos Naturales Renovables),* incluye la Licenciatura más las asignaturas de mención más una Memoria de Título, tiene una duración de 10 semestres.

- *Ingeniero (Agrónomo, Forestal, de la Madera y, Recursos Naturales Renovables)*

Especialista, incluirá los cursos de Ingeniero respectivo, más asignaturas a elección dentro de una especialidad profesional y asignaturas de gestión, tiene una duración de 12 semestres.

- *Ingeniero (Agrónomo, Forestal, de la Madera y, de Recursos Naturales*

Renovables) Magister, incluirá los cursos de un Ingeniero respectivo, más asignaturas dentro de una especialidad, asignaturas de gestión, asignaturas de formación básica avanzada y una Tesis de Grado. Tiene una duración de 13 semestres.

CONCLUSIONES

El entorno agrícola chileno ha cambiado substancialmente en los últimos 20 años. Las principales manifestaciones son: a) un aumento notable del comercio internacional, un alto desarrollo tecnológico; b) existe una mayor sensibilización con respecto al medio ambiente; los problemas de contaminación, conservación de recursos naturales y la necesidad de dar sustentabilidad a la agricultura han pasado a primer plano y han generado un nuevo paradigma agronómico; c) el país requiere mayor desarrollo en biotecnologías y en procesos productivos que brinden un mayor valor agregado a nuestras materias primas; d) la apertura al comercio internacional ha generado la necesidad de disminuir los costos, aumentar la productividad y adecuar el tipo de producción agrícola.

Frente a esto, las Universidades y en particular la Universidad de Chile está readecuando la educación superior agrícola. El nuevo perfil del

profesional agrícola requiere de mayor formación básica, gestión empresarial, cuidado del medio ambiente, una educación con carácter continuo entre pregrado, especialización y postgrado. La organización de la enseñanza ha sido readecuada con el fin de establecer continuidad en los estudios y dar un reconocimiento explícito de los grados y títulos alcanzados por los estudiantes y permitir el ingreso de éstos a cualquier nivel de enseñanza.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la especial colaboración de los profesores Claudia Botti y Fernando Santibañez y de la Sra. Cecilia de la Maza por la información entregada para la redacción de este manuscrito. Parte de las ideas que aquí se presentan son el resultado de discusión con los académicos de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile.

LITERATURA CITADA

ASOCIACION DE EXPORTADORES DE CHILE A.G. 1989. Estadísticas de exportación hortofrutícola. Temporada septiembre 1987-agosto 1988. Santiago. Chile. 77p.

ASOCIACION DE EXPORTADORES DE CHILE A.G. 1993. Estadísticas de exportación hortofrutícola. Temporada septiembre 1991-agosto 1992. Santiago. Chile. 182p.

CATALOGO ACADEMICO. 1986. Escuela de Agronomía. Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 62p.

CATALOGO ACADEMICO. 1995a. Escuela de Agronomía. Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 85p.

CATALOGO ACADEMICO. 1995b. Escuela de Ingeniería Forestal. Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 62p.

CONAMA. Comisión Nacional del Medio Ambiente. 1994. Perfil ambiental de Chile. (Ed.) G. Espinoza, P. Pisani, L. Contreras y P. Camus. 569p.

FAO. 1995. La biotecnología vegetal en Chile: Análisis de sus oportunidades y limitaciones. Santiago, Chile. 124p.

INFOR. Instituto Forestal. 1994. Exportaciones forestales chilenas (enero-diciembre 1993). Boletín estadístico N 33. 110p.

INFORME: PRESENTACION DE NUEVA ESTRUCTURA DOCENTE A CONSEJO DE FACULTAD. 1995. Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 4p.

LAILHACAR, S. 1977. Programa de investigaciones de zonas áridas y semiáridas de la Universidad de Chile (PRIZAS). Facultad de Agronomía y Servicio de Cooperación y Asistencia Técnica de la Universidad de Chile. 11p.

ORTEGA, E. 1994. Encrucijada. Una Opción Agrorural para el Chile del Futuro. Ministerio de Agricultura. Chile. 180p.

ORTIZ, C. 1994. Demanda y oferta de Ingenieros Agrónomos en Chile. Simposio Académico Facultades de Agronomía. Universidad de Concepción. Concepción. Chile. 10p.

PROCHILE. Dirección de promoción y Exportaciones. 1994. Catálogo Agroindustrial de Chile. (Ed.) Editec Ltda. Santiago, Chile. 113p.

PROGRAMAS DE MAGISTER. 1993. Escuela de Postgrado. Fac. de Cs. Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. 71p.

SANTIBAÑEZ, F., ACEVEDO, E., PERALTA, M., DE LA FUENTE, A., ARIAS, J., MANTEROLA, H., CHATEAUNEUF, R., HERMOSILLA, W., DE LA MAZA, C., RODRIGUEZ, M., NOVOA, R. y VARGAS, X. 1995. Los recursos naturales y la sustentabilidad del crecimiento del sector agrario chileno. 32p. En Seminario Taller: Sustentabilidad Ambiental del Crecimiento Económico. CEPAL 5-7 de junio de 1995. Santiago. Chile.

VENEZIAN, E. 1994. La formación del Ingeniero Agrónomo frente a los nuevos desafíos tecnológicos y científicos. Simposio Académico Facultades de Agronomía. Universidad de Concepción. Concepción. Chile. 17p.

SIMIENTE

VOLUMEN 68, Nº 1-4 ENERO-DICIEMBRE 1998

C O N T E N I D O

TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

- Fertilización con Cama de Broiler en Maíz para Silo: I. Efecto sobre las Propiedades del Suelo y la Concentración Foliar de Nutrientes
M. Adriana Carrasco R. y José D. Opazo A. 1
- Fertilización con Cama de Broiler en Maíz para Silo: II. Mineralización *in vitro* de Nitrógeno
María Teresa Varnero M., Oscar Seguel S., Carlos Bascuy P. y Jorge Mira J. 17
- Evaluación de Diferentes Tratamientos de Raleo Químico en Manzano var. Fuji
Gabino Reginato M., Daniel Whiting O. y Cristina Castillo T. 24
- Efectos de la Fluctuación Térmica en Postcosecha sobre la Evolución de la Madurez de Frutos de Mango (*Mangifera indica L.*) cv. Piqueño
Victor R. S. Muñoz, L. Antonio Lizana, Ljubica Galleti y Luis Luchsinger 35
- Análisis Comparativo de los Sistemas de Deshidratación de ciruelas y Uvas-Pasas en California y en Chile
Carlos Silva P. y L. Antonio Lizana M. 45
- Caracterización Físico-Hídrica de Dos Poliacrilamidas de Uso Agrícola
Juan Nissen M. y Elías Araya S. 52
- Efectos de la Calidad del Agua en el Desgaste de Boquillas de Abanico Plano de Distintos Materiales
Roberto Villá R., Edgardo Ossandón P. y Andrés Fuenzalida U. 68

NOTAS TÉCNICAS

- Cambios en la Educación Agrícola Superior Chilena
Edmundo Acevedo H. y Paola Silva C. 80

CL ISSN 0037 - 5403

