

SIMIENTE

VOLUMEN 72 (1-2) ENERO - JUNIO 2002



SOCIEDAD AGRONOMICA DE CHILE

SIMIENTE

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

SIMIENTE es publicada trimestralmente por la Sociedad Agronómica de Chile (SACH). Los trabajos para publicación, las solicitudes, la publicación y los cambios de dirección deben enviarse al Editor a Mac Iver 120, Oficina 36, Casilla 4109, Santiago, Chile. Fono-Fax: (56-2)6384881. La preparación de los artículos debe ceñirse a las "Normas de publicación" que aparecen en las páginas ii e iii.

Los socios activos de la SACH reciben la revista. 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 extranjeros (por correo 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 vista de los autores de los artículos y no necesariamente los de la Sociedad. La mención de productos o marcas comerciales no implica su recomendación por parte de la SACH.

Diseño y Diagramación: Guillermo Ulloa Ordenes
Fono: (33) 222118, E-mail: cazadormemo@hotmail.com

Impresión: Imprenta Ulloa
Dirección: Av. Gonzalo Lisazoain 538 – La Calera
Fono: (33) 211067

Coordinación de Contenidos

Monica Cástro V. Ing. Agr. M.S.

SOCIEDAD AGRONÓMICA DE CHILE

Fundada el 28 de agosto de 1910
Correo electrónico, sociedadagronomica@entelchile.net

Consejo Directivo 2001- 2002

Presidente: Horst Berger S. Ing. Agr.
Vicepresidente: Edmundo Acevedo H. Ing. Ph.D.
Secretaria: Elena Dagnino D. Ing. Agr.
Tesorero: Alfredo Olivares E. Ing. Agr. Mg. Sc.

Consejeros

Rina Acuña P. Ing. Agr.
Arturo Lavín A. Ing. Agr.
Horacio López T. Ing. Agr. M.S.
Luis Luchsinger L. Ing. Agr. Ph.D.
Adriana Pinto A. Ing. Agr.
Gabino Reginato M. Ing. Agr. M.S.
Claudio Wernli K. Ing. Agr. Ph.D.

Consejeros Honorarios
Mario Astorga C., Ing. Agr.
Gustavo Saravia I., Ing Agr.

SIMIENTE

Representación Legal

Horst Berger S.
Presidente SACH

Editor Honorario

Gustavo Saravia I. Ing. Agr.

Directora

Elena Dagnino D. Ing. Agr.

Subdirectora

Ljubica Galletti G. Ing. Agr.

Editor

Gabino Reginato M. Ing. Agr. M.S.

Editores Asociados

Riego, Drenaje y Ciencias del Suelo
Edmundo Acevedo I.
Ing. Agr. Ph.D.

Postcosecha y Agroindustria
Horst Berger S.
Ing. Agr.

Economía Agraria y Desarrollo Rural
Rolando Chateaufeuf D.
Ing. Agr.

Entomología y Nematología
Roberto González R.
Ing. Agr. M.S. Ph.D.

Control de Malezas
Marcelo Kogan A.
Ing. Agr. M.S. Ph.D.

Fitopatología
Bernardo Latorre G.
Ing. Agr. MS. Ph.D.

Fitomejoramiento y Cultivos
René Cortázar S.
Ing. Agr. M.S. Ph.D.

Hortalizas y Ornamentales
Aage Krarup H.
Ing. Agr. M.S. Ph.D.

Fruticultura
Jorge Valenzuela B.
Ing. Agr. Ph.D.

Producción Animal y Praderas
Claudio Wernli K.
Ing. Agr. Ph.D.



NORMAS DE PUBLICACIÓN

Simiente. Es el órgano oficial de difusión científica de la Sociedad Agronómica de Chile, en el que se da 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; se recibirán trabajos para publicaciones en las siguientes secciones:

Trabajos de Investigación: éstos 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 clave, cinco 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 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 permitan los Resultados y la Discusión, pueden presentarse en conjunto, bajo el título general de "Resultados y Discusión"; viii) Literatura citada. Listado alfabético de las referencias bibliográficas utilizadas (ver ejemplo 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, debe incluir un Resumen, un Abstract y la Literatura citada.

Revisiones bibliográficas. Trabajos de investigación bibliográfica en la especialidad del autor y 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. Debe incluir Resumen y Literatura citada.

Además, **Simiente** publicará los trabajos que se presenten en los Simposios o 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, impresas a espacio y medio, en papel tamaño carta, al Editor de la Revista **Simiente**, Mac Iver 120, oficina 36, ó a la Casilla 4109, Santiago, Chile.

Una vez aceptado el trabajo, el (los) autor (es) deberán incorporar las sugerencias de los revisores y remitir una copia del trabajo final impresa, además de una versión digital, en CD o diskette, con el procesador de texto Word a 1 1/2 espacio, sin sangría. 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 o fuente de financiamiento.

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

Tablas. Deben ser impresas a un espacio. El título de cada tabla en español e inglés, debe indicar su contenido de tal forma que no se requiera explicaciones adicionales en el texto. Los encabezamientos de filas y columnas deben ser autoexplicativos. El pie de página debe estar indicado en el texto, o en tablas con un superíndice numérico. Use letras minúsculas para indicar diferencias significativas o separaciones de media. 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 impresiones (fotografías en papel) claras, brillantes y montadas sobre una cartulina. Por razones de espacio, el Comité Editor se reserva el derecho de incluir o no las fotografías. Los gráficos deben ser impresos 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, ó como llamadas 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 se 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 por la sigla entre paréntesis.

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 Carrillo *et al.*, 1994) o Carrillo et al. (1994), al citar en el texto. 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 de libro: WATSON; I.A. 1970. The utilization of wild species in the breeding of cultivated crops resistant to plant pathogens. pp. 441-457. In: Franket, O.H. (ed.). Genetic resource in plants. Blackwell Scientific Publ. California. 360 p.

Tesis: MARTINEZ, M. F. 1978. Adaptación, rendimiento y estudio de caracteres de dos géneros de maíz. Tesis Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Fac. de Cs. Agrarias y Forestales 100 p.

Boletines: LOPEZ, 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

Evaluación Económica de Dos Sistemas de Producción de Tomates Bajo Invernadero en la V Región de Chile. Alejandro De Kartzow G., Alejandro Duimovic M. y Homero Cristi.	1
Presencia de Cadmio en Fertilizantes Fosforados de Diferente Procedencia Comercializados en Chile. Segunda Temporada Claudia Bonomelli De P., Carlos Bonilla M., Adriana Valenzuela P. y Norma Saavedra.	9
El Entorno de La Ciencia y Tecnología Agropecuaria Chilena A Fines del Siglo XX Rafael Novoa S.A.	17
Evolución de Citral y Limoneno en El Aceite Esencial de Limón (<i>Citrus limon</i> (L.) Burm.) En Variedades Eureka Y Génova José A. Olaeta, Pedro Undurraga y Alejandra Larenas	32
Efectos del Calibre y Madurez de Limones Cv. Fino 49, Sobre el Desarrollo de Peteca en Almacenaje Refrigerado Pedro Undurraga, José A. Olaeta, Carmen G. Luttses y Rossana Suárez.	35

**EVALUACIÓN ECONÓMICA DE DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE TOMATES
BAJO INVERNADERO EN LA V REGIÓN DE CHILE**

**ECONOMIC EVALUATION OF TWO GREENHOUSE TOMATO PRODUCTION
SYSTEMS IN THE V REGION OF CHILE**

ALEJANDRO DE KARTZOW G. y ALEJANDRO DUIMOVIC M

Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Valparaíso. adekartz@ucv.cl

HOMERO CRISTI L

Ingeniero Agrónomo, asesor externo. Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso

RESUMEN

Dada la importancia económica del cultivo de tomate bajo invernadero tipo Quillotano en la V Región del país, y la existencia de al menos dos sistemas de producción ampliamente difundidos: "primor" (un cultivo al año en invierno) y doble cultivo (dos cultivos consecutivos al año), se hace necesario evaluarlos económicamente a fin de orientar las decisiones productivas en orden a obtener la mejor rentabilidad. Para ello se recurrió a antecedentes aportados por informantes calificados y a registros de la Estación Experimental La Palma de la Universidad Católica de Valparaíso. Se concluye que el sistema de doble cultivo presenta un incremento mayor en los ingresos diferenciales que el incremento mostrado en los costos y gastos diferenciales, frente al sistema "primor", no existiendo diferencia para los niveles de inversión, depreciación y valor libro entre los sistemas. Respecto a la inversión en capital de trabajo, existe un importante ahorro del sistema de doble cultivo sobre el sistema "primor". Todo lo anterior se traduce en un VAN diferencial, a 5 años, al 12%, favorable al sistema doble cultivo de 15,6 millones de pesos, siendo ésta la alternativa más conveniente a ser considerada como sistema de producción.

Palabras clave: ingresos, costos, gastos, depreciación, capital de trabajo, Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR).

ABSTRACT

Due to the economic importance of the greenhouse (Quillota type) tomato culture in the Vth Region, Chile, and the existence of at least two widely known production systems "primor" (one crop per year in winter) and double cropping (two consecutive crops per year), it becomes necessary to evaluate them economically in order to guide the productive decisions to obtain the best profitability. For this purpose data were obtained from qualified informants and from records of "La Palma" Experiment Station of the Catholic University of Valparaiso. It was concluded that the double cropping system presents a greater increment in differential incomes than that shown in costs and differential expenses, in comparison with the primor system differences not occurring in investment levels, depreciation and book value among the systems.

Regarding the investment in working capital there exists an important saving in the double cropping system in comparison with the "primor" system. All the above mentioned is reflected in a differential NPV (5 - year evaluation; 12 % discount rate), favoring the double cropping system of 15.6 million pesos, this being the most convenient alternative to be considered as a production system.

Keywords: income, costs, expenses, depreciation, working convenient alternative to be considered as a production systems capital, Net Present Value (NPV), Internal Return Rate (IRR).



INTRODUCCIÓN

Dada la importancia económica del cultivo de tomate bajo invernadero tipo Quillotano en la V Región del país y la existencia de al menos dos sistemas de producción ampliamente difundidos: "primor" y doble cultivo, se hace necesario el evaluarlos económicamente a fin de orientar las decisiones productivas en orden a obtener la mejor rentabilidad sobre la inversión del productor.

MATERIAL Y MÉTODO

Se utilizó información técnica recopilada por los autores, respecto de los sistemas de producción "primor" y doble cultivo. Paralelamente, se recurrió a información productiva y económica, proveniente de registros de cinco años (1996 - 2000) de la explotación de este cultivo en la Estación Experimental "La Palma", dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso.¹

Los antecedentes técnicos y su valorización económica, se restringen sólo al cultivo del tomate bajo condiciones forzadas en el valle de Quillota.

Los antecedentes económicos considerados han sido calculados en pesos del mes de diciembre del año 2000, para una superficie de 1,0 ha de invernadero, para los dos sistemas analizados. Se imputaron sólo las inversiones y costos indirectos proporcionales a la hectárea referida en los activos y costos que por su naturaleza se comportan en forma escalar, usando como base de cálculo para ellos, una explotación de 5,0 ha.

No se consideraron inversiones y gastos complementarios al proceso productivo, como son casino para el personal, baños, oficinas, caminos, etc. De igual forma, no se consideró el costo del suelo ni como inversión o arriendo. La evaluación se realizó a base del criterio del Valor Actual Neto (VAN), calculado al inicio del período cero y de la Tasa Interna de Retorno (TIR).

El precio estimado, para determinar los ingresos, se calculó como promedio histórico para cada mes a base de una media de los precios promedio ponderados reales de tomate fresco arribados a los mercados mayoristas de Santiago entre los años 1978 a 2000, expresados en pesos de diciembre de 2000 (ODEPA, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antecedentes técnicos

Ambos sistemas se desarrollan bajo un invernadero de madera de 7,2 m de ancho por 30 m de largo, cubierto con polietileno de dos temporadas (diseñado para 20 meses de duración) de 200 micras. En su interior hay cuatro mesas (hileras) de cultivo espaciadas a 1,80 m. El sistema de

riego es presurizado y se trabaja con cintas de riego con una descarga de 4 a 5 L/m lineal.

El sistema "primor" es un cultivo de invierno, con fecha de trasplante la segunda quincena de mayo; las variedades que se consideran son de tipo multiloculares, con lo cual se consigue un mayor crecimiento de fruto invernal; el híbrido más utilizado es "Fortaleza"; la distancia de plantación es de 180 * 18 a 22 cm con densidad de 25.000 a 30.000 plantas por ha; la conducción es en un eje simple con 6 a 7 racimos por planta, de 5 a 6 frutos por racimo; el peso promedio del fruto es 180 g. La cuaja se logra con aplicaciones exógenas de hormonas (auxinas).

La mano de obra la aportan personas (encargados), cada uno de los cuales es responsable de 6.500 a 8.000 ejes, realizando las labores desde el trasplante hasta la cosecha, la que se realiza entre los meses de septiembre a diciembre. La producción estimada bajo este sistema es de 110.000 kg/ha.

El sistema de doble cultivo, está compuesto de dos subsistemas: de otoño que corresponde a un ciclo corto y el de "trastomate" a continuación.

En el sistema Otoño, que corresponde a un cultivo de ciclo corto, el trasplante ocurre durante la primera quincena de enero y la cosecha entre abril y fines de junio; la variedad utilizada es FA - 593, híbrido de larga vida de postcosecha, trilocular o tetralocular. La distancia de plantación es de 180 * 36 cm con densidad de 14.000 plantas por ha; la conducción es en doble eje abiertas en "V", es decir, 28.000 ejes por ha; se utilizan 11 a 12 racimos por planta, con 5 a 6 frutos por racimo; el peso por fruto es de 180 g. La cuaja se logra con aplicaciones exógenas de hormonas (auxinas).

La mano de obra se maneja igual que en el otro sistema. La producción estimada es de 100.000 kg/ha. Terminado el cultivo, éste se arranca y se realizan labores de preparación de suelo de tal manera de establecer el cultivo de "trastomate".

Éste, se inicia con el trasplante de la misma variedad, desde la segunda quincena de junio hasta la primera quincena de julio; la distancia de plantación es de 180 * 20 a 22 cm sobre la hilera, con una densidad de 28.000 plantas por ha; la conducción es a un eje, con 6 a 7 racimos de 5 a 6 frutos cada uno; el promedio de peso por fruto es de 180 g. La cuaja y la mano de obra se manejan igual que en el sistema anterior.

La cosecha ocurre desde la segunda quincena de octubre hasta el 30 de diciembre; la producción estimada es de 100.000 kg/ha. Luego de este cultivo comienzan las labores para iniciar el ciclo de otoño.

¹ Middleton, E. 2001. Administrador Estación Experimental "La Palma". Facultad de Agronomía. U.C.V. Comunicación personal.

Antecedentes económicos

Inversión inicial. La inversión inicial y depreciaciones calculadas para ambos sistemas es idéntica, alcanzando las inversiones un total de 15,8 millones de pesos con una depreciación anual de 1,5 millones de pesos (Tablas 1 y 2).

Se considera inversión en la estructura del invernadero, en el riego presurizado y en maquinaria y equipos. Respecto del capital de trabajo, calculado según el método del déficit acumulado máximo, éste varía según el sistema de 7,0 millones de pesos (doble cultivo) a 11,7 millones de pesos ("primor").

TABLA 1. Inversión inicial para 1 ha de invernadero tipo Quillotano.
TABLE 1. Initial investment for 1 ha of Quillotano type greenhouse

Item de Inversión	Costo Total (\$)
Estructura invernadero	
Materiales e insumos	7.281.069
Mano de obra	2.640.000
Imprevistos (5%)	496.053
Total	10.417.122
Riego presurizado	
Cañería y cintas	1.500.000
Sistema de bombeo y electricidad	556.000
Total	2.056.000
Maquinaria y equipos	
Tractor	1.940.000
Encamador (Rotovator)	240.000
Bomba de espalda	76.800
Pulverizador	550.000
Arados	340.000
Carro de arrastre	220.000
Total	3.366.800
Total Inversión	15.839.922

TABLA 2. Depreciaciones para 1ha de invernadero tipo Quillotano.
TABLE 2. Depreciations for 1 ha of Quillotano type greenhouse.

Item depreciado	Inversión inicial (\$)	Valor residual (\$)	Vida útil (años)	Dep. Anual (\$)	Valor Libro al año 5 (\$)
Estructura invernadero	10.417.123	-	10	1.041.712	5.208.561
Riego presurizado	2.056.000	205.600	10	185.040	1.130.800
Maquinaria y equipos	3.366.800	336.680	10	303.012	1.851.740
Total Depreciación	15.839.923			1.529.764	8.191.101



Ingresos y costos sistema “primor”. Los ingresos del sistema “primor”, referidos a una producción total esperada de 110.000 kg/ha están condicionados, por una parte, por la distribución de calibres de primera a tercera que se obtienen y por otra, por los precios asociados a dichos

calibres, los que se calcularon como un porcentaje del precio promedio histórico para el mes relevante (Tabla 3). Lo anterior genera un ingreso total anual por ha de 28,2 millones de pesos y un precio por kilo ponderado neto en feria de \$256/kg.

TABLA 3. Ingresos sistema “primor”.
TABLE 3. “Primor” system incomes.

Calibre	Meses				Total
	Sep	Oct	Nov	Dic	
Producción esperada					
	%				
Calibre I	55	65	70	65	
Calibre II	25	25	20	25	
Calibre III	20	10	10	10	
Total	100	100	100	100	
kg					
Calibre I	9.075	17.875	30.800	14.300	72.050
Calibre II	4.125	6.875	8.800	5.500	25.300
Calibre III	3.300	2.750	4.400	2.200	12.650
Total	16.500	27.500	44.000	22.000	110.000
\$ (Precio histórico *)					
% del precio del calibre I	100	100	100	100	
% del precio del calibre II	65	60	50	50	
% del precio del calibre III	30	0	0	0	
\$					
Calibre I	3.669.930	6.890.813	9.347.800	3.221.790	23.130.333
Calibre II	1.084.298	1.590.188	1.335.400	619.575	4.629.461
Calibre III	400.356	0	0	0	400.356
Total	5.154.584	8.481.000	10.683.200	3.841.365	28.160.149

Precio histórico*: Septiembre \$ 404.4; Octubre \$ 385.5; Noviembre \$ 303.5; Diciembre \$ 225.3.

Respecto de los costos directos e indirectos, éstos alcanzan a un total de 15,9 millones de pesos y 4,4 millones de pesos

respectivamente (Tabla 4). El costo total (directo e indirecto), por kg de tomate producido, es de \$184,1.

TABLA 4. Costos directos e indirectos para 1 ha sistemas “primor” y doble cultivo.
TABLE 4. Direct and indirect costs for 1 ha of “primor” and double cropping systems .

Costo	Sistema cultivo		Item/Sistema	Costos indirectos	
	Primor Costo Total (\$)	Doble cultivo Costo Total (\$)		Primor Costo Total (\$)	Doble cultivo Costo Total (\$)
Polietileno	2.352.000	2.354.400	Asistencia técnica	1.760.000	2.640.000
Acolchado	240.000	480.000	Remuneraciones		
Cinta de Riego	211.200	211.200	Gerente	8.400.000	8.400.000
Cinta de amarre	97.704	195.408	Secretaría	2.040.000	2.040.000
Guano	160.000	160.000	Jefe de Campo	3.600.000	3.600.000
Pesticidas	2.240.000	2.360.000	Encargado de riego	1.800.000	1.800.000
Fertilizantes	835.580	1.105.580	Energía Eléctrica	1.300.000	1.800.000
Semillas, Almacigos.	1.237.500	1.953.000	Teléfono	600.000	600.000
M.O. Cultivo; mantención y reparación.	5.680.000	8.320.000	Combustible y Repuestos	800.000	960.000
Fletes	1.397.917	2.616.444	Gastos Generales	500.000	600.000
Embalaje	671.000	1.255.893	Otros (5% imprevistos)	1.040.000	1.122.000
Otros (5% imprevistos)	756.145	1.050.596	Total Costos Indirectos	21.840.000	23.562.000
Total Costos directos	15.879.046	22.062.522	Costos indirectos por 1 ha	4.368.000	4.712.400

Flujo de caja y evaluación sistema “primor”

En la Tabla 5 se presenta el flujo de caja y su evaluación para el sistema “primor” a un horizonte de cinco años. En él se puede encontrar que el Valor Actual Neto (VAN) al

12% alcanza sólo a \$192.529, presentando una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 12,21% (Figura 1).

TABLA 5. Flujo de caja y evaluación económica del sistema “primor” para 1há de cultivo
TABLE 5. Cash flow and economic evaluation of 1 ha cultivated with “primor” system.

	AÑOS					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos por venta		28.160.149	28.160.149	28.160.149	28.160.149	28.160.149
Costos directos		15.879.046	15.879.046	15.879.046	15.879.046	15.879.046
Costos indirectos		4.368.000	4.368.000	4.368.000	4.368.000	4.368.000
Gastos de venta y comercialización (10% Precio de venta)		2.816.015	2.816.015	2.816.015	2.816.015	2.816.015
Depreciaciones		1.529.764	1.529.764	1.529.764	1.529.764	1.529.764
Utilidad antes de impuesto		3.567.324	3.567.324	3.567.324	3.567.324	3.567.324
Impuesto(15%)		535.099	535.099	535.099	535.099	535.099
Utilidad neta		3.032.225	3.032.225	3.032.225	3.032.225	3.032.225
Depreciaciones		1.529.764	1.529.764	1.529.764	1.529.764	1.529.764
Valor libro total						8.191.101
Inversión						
Estructura	10.417.123					
Riego	2.056.000					
Maquinaria y equipos	3.366.800					
Capital trabajo	11.698.254					
Recuperación capital de trabajo						11.698.254
Flujo de caja	(27.538.177)	4.561.989	4.561.989	4.561.989	4.561.989	24.451.344
VNA (12%)	\$ 192.529					
TIR	12,21%					

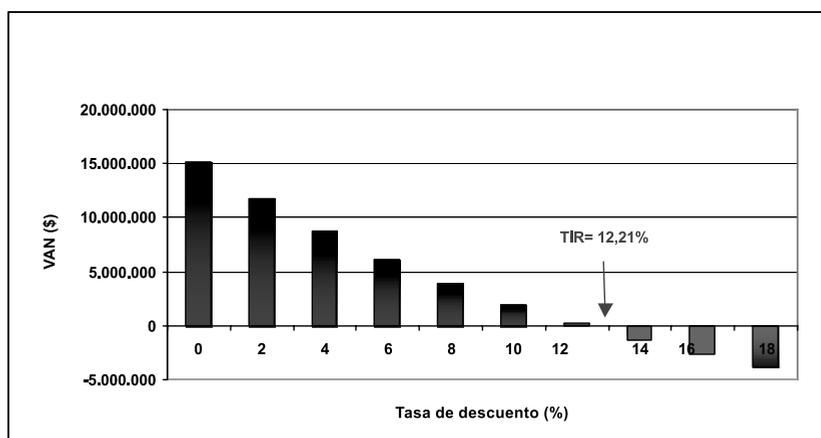


Figura 1. Valor Actual Neto (\$) para diferentes tasas de descuento en sistema “primor”
Figure 1. Net Present Value for different discount rates in the “primor” system.

Ingresos y costos sistema doble cultivo. Los ingresos del sistema doble cultivo referidos a una producción total esperada de 200.000 kg/ha están condicionados, al igual que en el caso anterior, por la distribución de calibres que

se obtienen y por los precios asociados a ellos. Para este sistema se genera un ingreso total anual, por ha, de 40,3 millones de pesos y un precio por kilo, ponderado neto, en feria, de \$201,7/kg. (Tabla 6).



TABLA 6. Ingresos sistema doble cultivo para 1 há de cultivo
TABLE 6. Double cropping system incomes for 1 ha..

Calibre	Meses						Total
	Abr	May	Jun	Oct	Nov	Dic	
Producción total esperada							
	%						
Calibre I	80	70	60	50	75	70	
Calibre II	15	20	30	30	15	20	
Calibre III	5	10	10	20	10	10	
Total	100	100	100	100	100	100	
kg							
Calibre I	13.008	33.600	21.444	8.080	42.563	18.963	137.658
Calibre II	2.439	9.600	10.722	4.848	8.513	5.418	41.540
Calibre III	813	4.800	3.574	3.232	5.675	2.709	20.803
Precios esperados							
	\$ (Precio histórico*)						
Calibre I	100	100	100	100	100	100	
Calibre II	80	86	90	60	50	50	
Calibre III	45	73	75	0	0	0	
Ingresos esperados							
	\$						
Calibre I	1.451.693	5.449.920	5.045.773	3.114.840	12.917.719	4.272.364	32.252.309
Calibre II	217.754	1.339.123	2.270.598	1.121.342	1.291.772	610.338	6.850.927
Calibre III	40.829	568.349	630.722	0	0	0	1.239.900
Total	1.710.276	7.357.392	7.947.093	4.236.182	14.209.491	4.882.702	40.343.136

Precio histórico*: Abril \$ 111.6; Mayo \$ 162.2; Junio \$ 235.3; Octubre \$ 385.5; Noviembre \$ 303.5; Diciembre \$ 225.3

Respecto a los costos directos e indirectos, éstos alcanzan a un total de 22,1 millones de pesos y 4,7 millones de pesos respectivamente. Toda la información anterior se presenta en la Tabla 4. El costo total (directo e indirecto) por kg de tomate producido es de \$133,9.

Flujo de caja y evaluación sistema doble cultivo

En la Tabla 7 se presenta el flujo de caja y su evaluación para el sistema doble cultivo a un horizonte de cinco años. En él se puede encontrar que el Valor Actual Neto (VAN) al 12% alcanza a 15,8 millones de pesos, presentando una alta Tasa Interna de Retorno (32,94%) (Figura 2).

TABLA 7. Flujo de caja y evaluación sistema doble cultivo.
TABLE 7. Cash flow and evaluation of double cropping system.

	AÑOS					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos por venta		40.343.135	40.343.135	40.343.135	40.343.135	40.343.135
Costos directos		22.062.522	22.062.522	22.062.522	22.062.522	22.062.522
Costos indirectos		4.712.400	4.712.400	4.712.400	4.712.400	4.712.400
Gastos de venta y comercialización (10% Precio de venta)		4.034.313	4.034.313	4.034.313	4.034.313	4.034.313
Depreciaciones		1.529.764	1.529.764	1.529.764	1.529.764	1.529.764
Utilidad antes de impuesto		8.004.135	8.004.135	8.004.135	8.004.135	8.004.135
Impuesto(15%)		1.200.620	1.200.620	1.200.620	1.200.620	1.200.620
Utilidad neta		6.803.515	6.803.515	6.803.515	6.803.515	6.803.515
Depreciaciones		1.529.764	1.529.764	1.529.764	1.529.764	1.529.764
Valor libro total						8.191.101
Inversión						
Estructura	10.417.123					
Riego	2.056.000					
Maquinaria y equipos	3.366.800					
Capital trabajo	7.031.626					
Recuperación capital de trabajo						7.031.626
Flujo de caja	(22.871.549)	8.333.279	8.333.279	8.333.279	8.333.279	23.556.007
VNA (12%)	\$ 15.805.842					
TIR	32,94%					

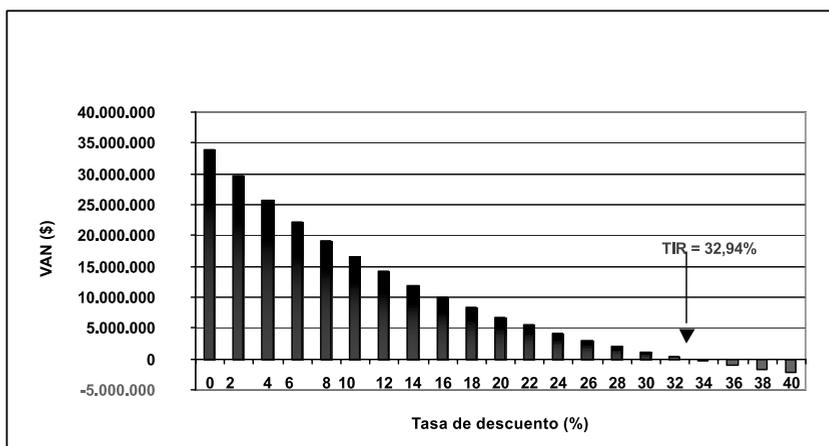


Figura 2. Valor actual neto (\$) para diferentes tasas de descuento en sistema doble cultivo
 Figure 2. Net Present Value for different discount rates in the double cropping system

Flujo de caja y evaluación diferencial sistemas primor v/s doble cultivo

En la Tabla 8 se presenta el flujo de caja y su evaluación diferencial entre los sistemas "primor" y doble cultivo. En él se puede apreciar que los diferenciales que se producen entre los sistemas en ingresos son mayores que los diferenciales generados en los costos. Como se mencionó

anteriormente, no hay diferencias entre los sistemas en inversiones y depreciaciones, existiendo, eso sí, un importante ahorro en la inversión requerida por concepto de capital de trabajo del sistema doble cultivo con respecto al sistema "primor". Lo anterior genera un VAN diferencial, al 12%, favorable al sistema doble cultivo de aproximadamente 15,6 millones de pesos.

TABLA 8. Flujo de caja y evaluación diferencial sistemas "primor" v/s doble cultivo.
TABLE 8. Cash flow and differential evaluation of "primor" v/s double cropping systems.

	AÑOS					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos por venta	0	12.182.986	12.182.986	12.182.986	12.182.986	12.182.986
Costos directos	0	6.183.476	6.183.476	6.183.476	6.183.476	6.183.476
Costos indirectos	0	344.400	344.400	344.400	344.400	344.400
Gastos de venta y comercialización (10% Precio de venta)	0	1.218.299	1.218.299	1.218.299	1.218.299	1.218.299
Depreciaciones	0	0	0	0	0	0
Utilidad antes de impuesto	0	4.436.811	4.436.811	4.436.811	4.436.811	4.436.811
Impuesto (15%)	0	665.522	665.522	665.522	665.522	665.522
Utilidad neta	0	3.771.290	3.771.290	3.771.290	3.771.290	3.771.290
Depreciaciones	0	0	0	0	0	0
Valor libro total	0	0	0	0	0	0
Inversión	0	0	0	0	0	0
Estructura	0	0	0	0	0	0
Riego	0	0	0	0	0	0
Maquinaria y equipos	0	0	0	0	0	0
Capital trabajo	-4.666.628	0	0	0	0	0
Recuperación capital de trabajo	0	0	0	0	0	-4.666.628
Flujo de caja diferencial	4.666.628	3.771.290	3.771.290	3.771.290	3.771.290	-895.338
Flujo de caja sistema doble cultivo	-22.871.549	8.333.279	8.333.279	8.333.279	8.333.279	23.556.007
Flujo de caja "Primor"	-27.538.177	4.561.989	4.561.989	4.561.989	4.561.989	24.451.344
Flujo de caja diferencial	4.666.628	3.771.290	3.771.290	3.771.290	3.771.290	-895.338
VNA diferencial (12%)	\$ 15.613.313					



Por otra parte, al considerar una reducción del 10% en los precios promedio de venta, calculados a base de las series históricas de ODEPA antes mencionadas, el VAN diferencial al 12%, favorable al sistema doble cultivo, se reduce a 12,1 millones de pesos, ya que el precio promedio ponderado de venta neto a productor, por kg de tomate, se reduce para ambos sistemas (doble cultivo: de \$181,5 a \$163,4; "primor": de \$230,4 a \$207,4), arrojando, por lo tanto, tasas internas de retorno también más bajas (doble cultivo: 18,16%; "primor": 3,57%).

CONCLUSIONES

Se concluye que el sistema de doble cultivo presenta un mayor incremento en los ingresos diferenciales que el incremento mostrado en los costos y gastos diferenciales,

frente al sistema "primor", no existiendo diferencia para los niveles de inversiones, depreciaciones y valor libro entre los sistemas. Respecto a la inversión en capital de trabajo, existe un importante ahorro del sistema de doble cultivo sobre el sistema "primor". Todo lo anterior se traduce en un VAN diferencial, a 5 años, al 12%, favorable al sistema doble cultivo de aproximadamente 15,6 millones de pesos. Por lo tanto, la alternativa más conveniente como sistema de producción de tomate bajo invernadero para la V Región del país, es el doble cultivo.

LITERATURA CITADA

OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGROPECUARIAS. 2001. Estadísticas de la agricultura chilena, (on line). Ministerio de Agricultura. <http://www.odepa.gob.cl>.

PRESENCIA DE CADMIO EN FERTILIZANTES FOSFORADOS DE DIFERENTE PROCEDENCIA COMERCIALIZADOS EN CHILE. SEGUNDA TEMPORADA¹

CADMIUM OCCURRENCE IN PHOSPHATE FERTILIZERS FROM DIFFERENTS ORIGIN MARKETED IN CHILE. SECOND SEASON

CLAUDIA BONOMELLI DE P., CARLOS BONILLA M., ADRIANA VALENZUELA P. y NORMA SAAVEDRA

Departamento de Ciencias de los Recursos Naturales
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Pontificia Universidad Católica de Chile
Casilla 306 Correo 22 Santiago, Chile

RESUMEN

Con el fin de conocer la concentración de cadmio (Cd) en los fertilizantes fosforados comercializados en Chile, se seleccionaron fertilizantes ingresados al Laboratorio de Servicio de la Pontificia Universidad Católica de Chile, durante el período comprendido entre junio de 1999 y septiembre del 2000. Los resultados mostraron que todos los fertilizantes analizados contenían cadmio en una concentración que varió entre 3,3 y 45,8 mg de Cd por kg de producto, concentración que tuvo relación con la procedencia de la materia prima de cada fertilizante. Las mayores concentraciones de cadmio se observaron en la roca de Carolina del Norte (EE.UU) y en el superfosfato triple procedente de México y la más baja en el fosfato diamónico (FDA) de Rusia.

Palabras clave: roca fosfórica, suelos, contaminación.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the cadmium (Cd) content in phosphate fertilizers commercialized in Chile. For this purpose some fertilizers received by the analysis laboratory of the Pontificia Universidad Católica de Chile from June 1999 to September 2000 were selected. The results showed that all of them contained Cd. The concentration of this element varied between 3.3 and 45.8 mg Cd per kg of fertilizer. The highest Cd contents were observed in phosphate rock from United States (North Carolina) and triple superphosphate from Mexico, while the lowest was found in diammonic phosphate from Russia.

Keywords: phosphate rock, soils, contamination.

¹ Proyecto DIPUC 2000/19E, financiado por la Dirección de Investigación y Postgrado de la Pontificia Universidad Católica de Chile.



INTRODUCCIÓN

La materia prima de los fertilizantes fosforados es la roca fosfórica, la cual está constituida principalmente por apatita, que es un mineral fosfatado, y que además de fósforo (P) contiene cadmio en cantidades que varían entre 8 y 500 mg de Cd por kg de P, dependiendo de la naturaleza y lugar de origen (Isherwood, 1992; Laegreid *et al.*, 1999; McLaughlin *et al.*, 1996; Syers *et al.*, 1986; Richard *et al.*, 1998). Las rocas derivadas de origen volcánico e ígneas, contienen menos de 2 mg de Cd por kg de P, en cambio las rocas de origen sedimentario, como las de Carolina del Norte en Estados Unidos (EE.UU), Marruecos, Israel, Jordania, Siria y Túnez, presentan concentraciones entre 22 y 249 mg de Cd por kg de P (Laegreid *et al.*, 1999). De acuerdo al International Fertilizer Development Center (IFDC) el 80% de las rocas fosfóricas usadas comercialmente son de origen sedimentario (IFDC, 1977).

En los últimos años se han realizado diversas investigaciones con el fin de determinar la concentración de cadmio en los fertilizantes (Williams y David, 1973; Syers *et al.*, 1986; Charter *et al.*, 1993; McLaughlin *et al.*, 1996; Loganathan *et al.*, 1997; Iretskaya *et al.*, 1998; Raven y Loeppert, 1997), encontrándose las mayores concentraciones de cadmio en las rocas provenientes de las islas Nauru en Australia y de Carolina del Norte (EE.UU), seguidas por las rocas procedentes de África (55 mg Cd por kg), en contraste con las rocas ígneas procedentes de Kola (Rusia) con los menores contenidos. Cabe señalar que se han observado diferencias en las concentraciones de cadmio de rocas provenientes de un mismo país. Así por ejemplo, en EE.UU, la roca de Carolina del Norte presenta una concentración entre 40 a 48 mg de Cd por kg de roca y la de Florida de 3 a 8 mg. Para rocas procedentes de México y Perú la concentración informada de cadmio es de 8 y 4 mg por kg¹ respectivamente (Syers *et al.*, 1986). En rocas de origen brasileño se han detectado niveles entre 3 a 4 mg de Cd por kg de producto (Gabe y Rodella, 1999). Investigaciones recientes realizadas en Brasil informan de contenidos de cadmio en fertilizantes como superfosfato triple (SFT) que varían entre 0,6 y 3,5 mg Cd por kg de P (Gabe y Rodella, 1999; Prochnow *et al.*, 2001). Las rocas de Jordania y Egipto presentan similares concentraciones de cadmio, que varían entre 4,0 a 5,3 mg por kg (McLaughlin *et al.*, 1997; Loganathan *et al.*, 1997). En Chile se ha determinado que la roca fosfórica de Bahía Inglesa contiene alrededor de 6 mg de Cd por kg de roca².

En países como EE.UU, Australia y Nueva Zelanda existen estudios que relacionan la concentración de este elemento en los fertilizantes y su efecto en la acumulación de cadmio en suelos y plantas (Charter *et al.*, 1993; Iretskaya *et al.*, 1998; Loganathan *et al.*, 1997; McLaughlin *et al.*, 1996; Syers *et al.*, 1986; Raven y Loeppert, 1997; Williams y David, 1973). Todos estos estudios indican que la aplicación reiterada de fertilizantes fosforados incrementa las cantidades de cadmio en el suelo y que este elemento

puede ser absorbido por las plantas, especialmente en aquellas hortalizas como lechuga, espinaca y apio (Allende, 1998; Garrido, 2000; Reuss *et al.*, 1978).

Aún no está clara la relación entre el contenido de cadmio en el suelo y la absorción por la planta. Experimentos de larga duración en el Reino Unido, Australia y EE.UU han mostrado que no existe una relación directa entre el incremento de cadmio en el suelo y la absorción por los cultivos (Laegreid *et al.*, 1999), ya que la disponibilidad de este elemento depende de varios factores tales como el contenido de sales, la presencia de hierro, aluminio y cinc, el contenido de humedad del suelo y de las características de las especies vegetales. La movilidad y la lixiviación del cadmio están gobernadas por los mismos mecanismos que regulan la disponibilidad, la adsorción y la posible absorción por los cultivos.

Debido al riesgo de incremento de Cd en el suelo y su ingreso a las plantas, en lugares como Japón, Australia y algunos países de Europa se han propuesto límites de tolerancia en la concentración de cadmio de los fertilizantes fosforados que se comercializan. A partir del año 1997, la Federación de Industrias de Fertilizantes de Australia (FIFA) ha establecido valores límites de 20 mg de Cd por kg de fertilizante, en fosfato monoamónico (FMA), fosfato diamónico (FDA) y superfosfato triple (SFT). Cuando el contenido excede este valor se debe declarar su concentración en el producto fertilizante. Los países de la Organización para el Desarrollo y Cooperación Económica (OECD) también han propuesto niveles de tolerancia en el contenido de cadmio por kg de P que aportan los fertilizantes, siendo menor de 50 mg de Cd por kg de P para Suiza y Finlandia, menor de 100 mg por kg de P para Noruega y Suecia, menor de 210 mg por kg en el caso de Bélgica y Alemania y hasta 340 mg por kg en el caso de Japón y Australia.

El cadmio puede ingresar a los seres vivos por inhalación o ingesta de alimentos contaminados y puede presentar un efecto tóxico en hombres y animales. Una vez consumido, puede acumularse en los riñones y en el hígado y adicionalmente puede alterar el sistema óseo, produciendo una enfermedad denominada "Itai-Itai" que fue detectada en Japón (Gupta y Gupta, 1998). El cadmio es un elemento no deseable en los fertilizantes y aunque no representa un peligro inmediato debido a su concentración (McLaughlin y Sing, 1999), la industria de fertilizantes está trabajando en bajar su contenido mediante técnicas de eliminación y purificación de los fertilizantes, actualmente la estrategia está orientada al uso de los fertilizantes fosforados con bajas concentraciones de cadmio.

El objetivo de esta investigación fue hacer una evaluación de los niveles de cadmio en fertilizantes fosforados comercializados en Chile por diferentes empresas, considerando una roca nacional y embarques ingresados al país durante el período comprendido entre junio 1999 y septiembre de 2000.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron fertilizantes fosforados de diferente procedencia y una roca fosfórica chilena, que ingresaron al Laboratorio de Servicio de Análisis Foliar y Suelos de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC). Este es uno de los cuatro laboratorios que se encuentra acreditado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), como laboratorio de referencia para el análisis de fertilizantes importados y comercializados en el país. El período del estudio abarcó 15 meses desde junio de 1999 hasta septiembre del 2000.

De cada embarque de fertilizantes ingresado al país, el

SAG envía una muestra al laboratorio de referencia elegido por el importador para el análisis nutricional. En la Tabla 1 se observa la procedencia de los fertilizantes y el número de muestras analizadas en el estudio. A modo de ejemplo, en el caso del SFT proveniente de México, del total de embarques que ingresó al país durante el período del estudio, el SAG envió muestras de 13 embarques del SFT al laboratorio de la PUC y de cada una de ellas se tomó una muestra para su caracterización. De este modo se realizó un muestreo al azar y en forma periódica de 75 fertilizantes fosforados ingresados al laboratorio durante el período del estudio y se determinó Cd y P en triplicado. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Investigación de Suelo de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal.

Tabla 1. Número de muestras de fertilizantes fosforados analizadas según su procedencia.
Table 1. Number of phosphate fertilizers analyzed according to their origin.

Procedencia	Embarques de fertilizantes que ingresaron al país				Total
	Fosfato diamónico	Fosfato monoamónico	Roca fosfórica	Superfosfato triple	
Colombia	-	-	1	-	1
EE.UU	3	4	1	7	15
Israel	-	-	1	-	1
México	13	19	-	13	45
Perú	-	-	1	-	1
Rusia	3	2	-	-	5
Venezuela	5	-	1	-	6
Total	24	25	6	20	74

Previo a los análisis de Cd y P los fertilizantes se molieron en un mortero de ágata y se tamizaron en un tamiz plástico de 0,5 mm]. Para el análisis de cadmio se siguió el método de Kane (1995). Las muestras de fertilizantes SFT, FDA y FMA fueron digeridas con HCl concentrado (1 g de muestra con 5 mL de ácido) casi a sequedad. Luego el residuo se disolvió en 20 mL de HCl 2M, se filtró y se llevó a un volumen de 50 mL en un matraz aforado con agua destilada. Las rocas fosfóricas fueron digeridas con HCl, HNO₃ y HClO₄ y se siguió el mismo procedimiento señalado para los fertilizantes concentrados.

La determinación de cadmio se realizó mediante espectrometría de absorción atómica (EAA) y usando el método de adición de estándar. El fósforo total en los

fertilizantes se determinó por espectrometría de absorción molecular usando el método del molibdatovanadato (Rund, 1984).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de los fertilizantes fosforados

La Figura 1 muestra una gran variación en la concentración de Cd en las rocas fosfóricas, con un rango entre 3,3 y 45,8 mg de Cd por kg de roca. La roca chilena y la colombiana presentaron concentraciones de cadmio muy similares, 5,7 y 6,5 mg de Cd por kg de roca, respectivamente. La roca proveniente de Israel presentó una concentración de Cd de 23,3 mg por kg de roca.

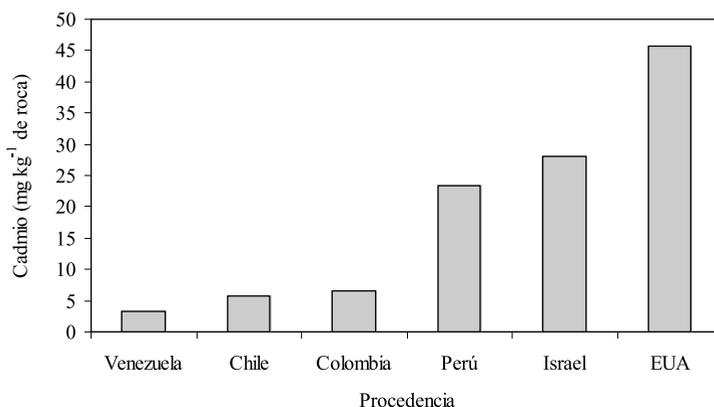


Figura 1. Concentración de Cd en roca fosfórica de diferentes procedencias.

Figure 1. Cd concentration in phosphoric rock from different origins.

Estas diferencias en la concentración de cadmio se explican por las características del material parental de las rocas, ya que las rocas de EE.UU e Israel son de origen sedimentario y según la literatura, presentan una concentración promedio de Cd de 40 y 20 mg por kg, respectivamente (Laegreid *et al.*, 1999), valores que coinciden con los resultados obtenidos en este estudio. En el caso de la roca de EE.UU, correspondiente a Carolina del Norte, presentó una concentración de cadmio similar a lo informado por diversos autores (Syers *et al.*, 1986; Mc Laughlin *et al.*, 1997; Iretskaya *et al.*, 1998; Raven y Loeppert 1997; Loganathan *et al.*, 1997). Por otra parte, las rocas de Chile, Colombia y Venezuela, que son derivados de depósitos fosfáticos marinos (Besoain *et al.*, 1999), presentaron menores concentraciones de Cd. Los valores de cadmio en la roca peruana encontrados en este estudio son mayores

a lo citado por Syers *et al.* (1986) quienes encontraron una concentración de 11 mg por kg, en cambio la concentración de Cd en la roca de Israel coincide con los valores informados por Syers *et al.* (1986) y Bramley (1990).

Los análisis de los fertilizantes SFT, FMA y FDA (Tabla 2 y Figura 2) muestran una variación en la concentración de Cd de acuerdo a la procedencia. La mayor concentración de Cd se presentó en el SFT de México (26 mg por kg de fertilizante), situación a destacar ya que aproximadamente el 15% del total de fertilizantes ingresados al país durante el periodo del estudio correspondió a este producto. Las concentraciones más bajas de Cd se encontraron en FDA y FMA, ambos procedentes de Rusia.

Tabla 2. Embarques de fertilizantes fosforados ingresados al país de distinta procedencia y su concentración de cadmio.

Table 2. Shipments of phosphate fertilizers entered to Chile from different origin and their cadmium concentration.

	Superfosfato triple		Fosfato monoamónico			Fosfato diamónico			
	EE.UU	México	EE.UU	México	Rusia	EE.UU	México	Rusia	Venezuela
Embarques ingresados	7	13	4	19	2	3	13	3	5
Cd (mg kg ⁻¹ fertilizante)	6,8	26,0	3,9	12,3	0,4	7,4	11,3	0,2	12,4
Desviación estándar (mg Cd kg ⁻¹)	1,8	15,5	0,7	3,4	0,07	3,5	3,0	0,08	5,2
Coefficiente de variación %	26,4	59,9	18,0	27,6	15,9	47,2	26,4	50,0	41,5
Valor mínimo (mg kg ⁻¹)	4,8	12,8	2,2	0,3	0,3	2,6	4,5	0,002	2,6
Valor máximo (mg kg ⁻¹)	11,7	55,5	4,8	16,2	0,5	10,5	20,7	0,3	17,0

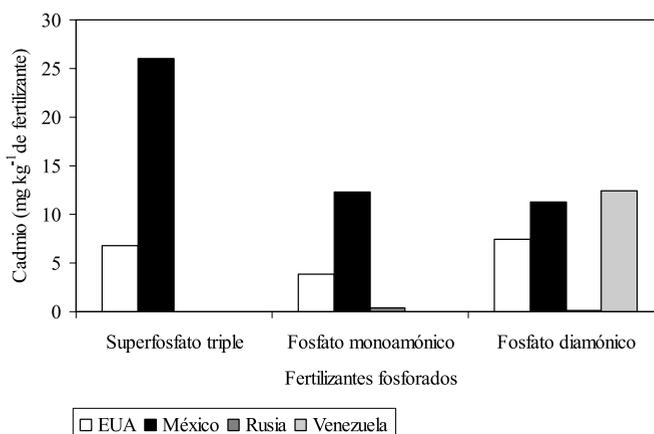


Figura 2. Concentración de Cd en superfosfato triple, fosfato diamónico y fosfato monoamónico, según procedencia.

Figure 2. Cd concentration in triple superphosphate, diamonic phosphate and monoammonium phosphate from different origins.

Al analizar el fertilizante SFT se encontró que las muestras procedentes de EE.UU presentaron un rango entre 4,8 y 11,7 mg de Cd por kg de fertilizante, con una variabilidad relativamente baja ya que el coeficiente de variación entre los siete embarques ingresados sólo llegó a 26%. En cambio en el SFT procedente de México se observó un rango de Cd entre 12,8 y 55,5 mg kg⁻¹ de fertilizante, con la mayor variabilidad entre los 13 embarques ingresados, valor reflejado en el coeficiente de variación de casi un 60%.

Al comparar los resultados en el SFT procedente de EE.UU, se observa que son muy similares a lo encontrado por Raven y Loeppert (1997,) quienes señalan un promedio de 6,2 mg de Cd por kg de fertilizante y difieren de lo informado por Charter *et al.* (1993) en SFT comercializados en Iowa (EE.UU).

En el caso del fertilizante FMA, se observó la menor concentración de cadmio en el procedente de Rusia y la mayor en el de México. En muestras de FMA provenientes de EE.UU la concentración promedio de Cd fue de 3,9 mg por kg de fertilizante, variando entre 2,2 y 4,8 mg de Cd por kg de fertilizante, coincidiendo con datos informados por la literatura (Raven y Loeppert, 1997; Gabe y Rodella 1999).

Respecto del fertilizante FDA se encontró que el procedente de Venezuela contenía una mayor concentración de cadmio (12,4 mg por kg), seguido por el de México (11,3 mg por kg) y el de Rusia presentó la menor concentración promedio de Cd (0,2 mg por kg). Estos resultados se explican en parte por la característica de la materia prima, ya que corresponden a rocas ígneas que poseen baja concentración de cadmio en su composición (Laegreid *et al.*, 1999). En las muestras de

FDA procedentes de EE.UU la concentración de este elemento se encontró entre 2,6 y 10,5 mg por kg, resultados que difieren de lo encontrado por Charter *et al.* (1993), quienes señalan un rango entre 5,4 a 94 mg de Cd por kg de producto, en fertilizantes comercializados en Iowa (EE.UU). Por otro lado la concentración promedio de Cd en el FDA fue de 7,4 mg por kg coincidiendo con lo señalado por McLaughlin *et al.* (1996).

En base a estos resultados, se confirma que los productos fosforados analizados contienen Cd en concentración que coinciden con los rangos informados en la literatura (Alloway, 1990; Charter *et al.*, 1993; Gabe y Rodella, 1999; Laegreid *et al.*, 1999), siendo el SFT procedente de México con 53,2 mg de Cd por kg de fertilizante el que presentó la mayor concentración.

Concentración de Cd por unidad de fósforo

Dado que la cantidad de fertilizante fosforado a aplicar está en relación a la concentración de fósforo que éste posee, es importante conocer la cantidad de Cd aportada por cada unidad de P contenido en el fertilizante (Williams y David, 1973). En la Figura 3 se observa que la roca acidulada proveniente de Venezuela mostró la relación Cd:P más baja (26 mg de Cd por kg de P), la de Colombia (Huila) y la de Chile (Bahía Inglesa) contenían entre 70 y 85 mg de Cd por kg de P. Por otra parte, la roca de Israel y la de Perú presentaron valores de 169 y 175 mg de Cd por kg de P, que están por sobre los datos encontrados por Syers *et al.* (1986). Las rocas provenientes de EE.UU presentaron los valores más altos en la relación Cd:P (350 mg de Cd por kg de P), coincidiendo con lo informado por Glendining (2000), McLaughlin *et al.* (1997) e Iretskaya *et al.* (1998).

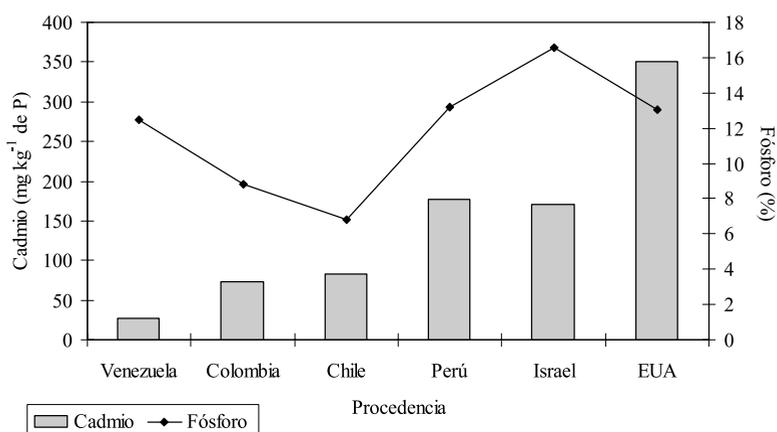


Figura 3. Concentración de cadmio por unidad de fósforo en rocas de distinta procedencia.
Figure 3. Cd concentration per phosphorus unit in rocks of different origin.

En la Tabla 3 se observa la concentración de cadmio por unidad de P en los fertilizantes SFT, FMA y FDA. Los resultados mostraron que, por cada unidad de P, el aporte

de Cd es mayor en los fertilizantes que vienen de México y la menor relación Cd:P se encontró en aquellos procedentes de Rusia.

Tabla 3. Embarques de fertilizantes fosforados ingresados al país de distinta procedencia y su concentración de fósforo y cadmio.

Table 3. Shipments of phosphate fertilizers entered to Chile from different origin and their cadmium concentration.

	Superfosfato triple		Fosfato monoamónico			Fosfato diamónico			
	EE.UU	México	EE.UU	México	Rusia	EE.UU	México	Rusia	Venezuela
Embarques ingresados	7	13	4	19	2	3	13	3	5
Fósforo (%)	20,0	20,0	21,5	22,8	22,7	19,9	19,1	20,1	20,0
Cadmio (mg kg ⁻¹ P)	34,0	128,2	18,1	54,7	1,9	37,2	56,7	0,8	62,7
Desviación estándar (mg Cd kg ⁻¹)	9,8	73,6	3,7	15,4	0,32	17,9	15,0	0,4	26,2
Coefficiente de variación	21,2	57,5	20,4	28,2	16,8	48,2	26,4	53,6	41,8
	(%)								
Valor mínimo Cd (mg kg ⁻¹)	24,3	64,1	10,3	1,3	1,5	13,1	22,4	0,002	13,3
Valor máximo Cd (mg Cd kg ⁻¹)	59,8	267	22,3	72,9	2,4	53,1	101,7	1,3	86,2

Cantidad de cadmio ingresado al país vía fertilizantes fosforados

En la Tabla 4 se observan las toneladas de fertilizantes fosforados y la cantidad de cadmio que ingresaron al país durante el período del estudio. Estas cantidades corresponden sólo a aquellos embarques analizados en el estudio (25% del total de embarques de fertilizantes que llegaron al país de distintas procedencias durante

el período del estudio). Así por ejemplo, en aproximadamente 24 mil toneladas de fertilizante provenientes de EE.UU ingresaron 142 kg de Cd, de México llegaron aproximadamente 65 mil toneladas con 1,2 tonelada de Cd. Desde Rusia se importó un total de 3.600 toneladas y sólo ingresaron 0,7 kg de Cd, en cambio de Israel se importó 3.387 toneladas con 92 kg de Cd y por último desde Venezuela llegó un total de 8.661 toneladas, con 125 kg de Cd.

Tabla 4. Cantidad de cadmio ingresada en los fertilizantes fosforados.
Table 4. Cadmium amount entered to Chile in phosphate fertilizers,

Procedencia	Fertilizantes (ton)	Cadmio
Estados Unidos	23.950	14,2
México	65.127	1.28
Rusia	3.600	
Israel	3.387	9
Venezuela	8.661	12,2
Total	104.725	1.64

De acuerdo a la norma propuesta por los países de la OECD, señalada en la Tabla 5, de los fertilizantes analizados en este estudio, el SFT de México y la roca fosfórica de Carolina del Norte no cumplen con la norma,

ya que exceden los valores límites de casi todos los países señalados a excepción de Japón y Australia. El FMA y FDA de México no podrían ser comercializados en Suiza y Finlandia.

Tabla 5. Límites permitidos de Cd en fertilizantes fosforados según los países de la Organización para el Desarrollo y Cooperación Económica.

Table 5. Cd limits allowed in phosphate fertilizers relative to countries of the Organization for Economic Cooperation and Development.

País	Límite (mg de Cd por kg de P)
Suiza, Finlandia	50
Suecia, Noruega	100
Dinamarca	110
Bélgica y Alemania	210
Austria	275
Japón y Australia	340

Fuente: Laegreid *et al.* (1999)

CONCLUSIONES

Se encontró cadmio en todos los fertilizantes fosforados estudiados, en un rango entre 3,3 y 45,8 mg de Cd por kg de fertilizante, presentando variación según la procedencia. La mayor concentración se observó en el SFT procedente de México y la más baja en el FDA procedente de Rusia.

La relación Cd :P mostró un rango entre 26,4 a 350 mg por kg, observándose el mayor aporte de cadmio por unidad de P en la roca procedente de Carolina del Norte, EE.UU.

La cantidad de cadmio que ingresó al país en los fertilizantes fosforados, correspondientes a los

embarques que fueron analizados durante el período del estudio, alcanzó a 1.649 kg de Cd, valor que representa sólo el 25% del total de fertilizantes fosforados ingresados al país.

A partir de los antecedentes recopilados en este trabajo, sería recomendable ampliar la investigación en los fertilizantes comercializados en Chile, realizando análisis de cadmio y de otros elementos no deseables a un mayor número de muestras de fertilizantes ingresados al país.



LITERATURA CITADA

- ALLOWAY, B.J. 1990. Cadmium. pp 100-120. In: Heavy metals in soils. (Ed.) B.J. Alloway. Blackie, Glasgow. Escocia. 339 p.
- ALLENDE, P. 1998. Distribución de cobre y cadmio en suelos: efecto de la incorporación del metal y el cultivo de "*Lactuca sativa* L." Memoria para optar al título de Químico. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 45 p.
- BESOAIN, E., ROJAS, C. y MONTENEGRO, A. 1999. Las rocas fosfóricas y sus posibilidades de uso agrícola en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago, Chile. 328 p.
- BRAMLEY, R.G. 1990. Cadmium in New Zealand Agriculture. N. Z. J. Agric. Res. 33:505-519.
- CHARTER, R.A, TABATAI, M.A. and SCHAFER, J.W. 1993. Metal contents of fertilizers marketed in Iowa. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 24 (9-10):961-972.
- GABE, U. and RODELLA, A. 1999. Trace elements in Brazilian agricultural limestones and mineral fertilizers. Commun. Soil Sci.Plant Anal. 30 (5-6):605-620.
- GARRIDO, T. 2000. Evaluación de la bioacumulación de cadmio, cobre y cromo por *Apium graveolens* en un sustrato contaminado. Memoria para optar al título de Químico. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 52 p.
- GUPTA, U. and GUPTA, S. C. 1998. Trace element toxicity relationships to crop production and livestock and human health: implications for management. Commun. Soil Sci. and Plant Anal. 29 (11-14):1491-1522.
- IFDC. 1977. Fertilizer manual. Ed. International Fertilizer Development Center (IFDC). Alabama, USA. 353 p.
- IRETSKAYA, S.N., CHIEN, S.H. and MENON, R.G. 1998. Effect of acidulation of high cadmium containing phosphate rocks on cadmium uptake by upland rice. Plant and Soil 201:183-188.
- KANE, P.F. 1995. Fertilizers. Chapter 2. In: P. Cunnif (ed.), Official methods of Analysis of AOAC International. Association of Official Analytical Chemist International, Arlington. USA. 1141 p.
- LAEGREID, M., BOCKMAN, O.C. and KAARSTAD, E. O. 1999. Agriculture fertilizers and environment. CABI Publishing. UK. 294 p.
- LOGANATHAN P., HEDLEY, M.J., GREGG, P.E. and CURRIE, L.D. 1997. Effect of phosphate fertilizer type on the accumulation and plant availability of cadmium in grassland soils. Nutrient Cycling in Agroecosystem 47:169-178.
- MCLAUGHLIN, M. J., TILLER, K.G., NAIDU, R. and STEVENS, D. P. 1996. Review: the behavior and environmental impact of contaminants in fertilizers. Aust. J. Soil Res. 34:1-54.
- MCLAUGHLIN, M.J, SIMPSON, P.G., FLEMING, N., STEVENS, D.P., COZENS, G. and SMART, M.K. 1997. Effect of fertilizer type on cadmium and fluorine concentrations in clover herbage. Aust. J. Exp. Agr. 37:1019-1026.
- MCLAUGHLIN, M.J. and SINGH, B. R. 1999. Cadmium in soils and plants. A global perspective. pp. 1-19. In: "Cadmium in Soils and Plants". M.J. McLaughlin and B.R. Singh. (Eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 271 p.
- PROCHNOW, L.I., PLESE, L. M. and ABREU, M.F. 2001. Bioavailability of cadmium contained in single superphosphates produced from different Brazilian raw materials. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 32 (1-2): 283-294.
- RAVEN, K.P. and LOEPPERT, R.H. 1997. Trace element composition of fertilizers and soil amendments. J Environ. Qual. 26:551-557.
- REUSS, J.O., DOOLEY, H.L. and GRIFFIS, W. 1978. Uptake of cadmium from a phosphate fertilizers by peas, radishes and lettuce. J. Environ. Qual. 7 (28): 128-133.
- RICHARDS, I.R., CLAYTON, C.J. and REEVE, A.J. 1998. Effects of long-term fertilizer phosphorus application on soil and crop phosphorus and cadmium contents. J. Agr. Sci. 131: 187-195.
- RUND, R. 1984. Fertilizer In: Official methods of analysis. Association of Oficial Analytical Methods (AOAC) 14th edition. (Ed.) Sidney Williams. Arlington, Virginia. USA. 1390 p.
- SYERS, K., MCKAY, A., BROWN, M. and LANCE, C. 1986. Chemical and physical characteristics of phosphate rock materials of varying reactivity. J. Sci. Food Agric. 37: 1057-1064.
- WILLIAMS, C.H. and DAVID, D.J. 1973. The effect of superphosphate on the cadmium content of soils and plants. Aust. J. Soil Res. 11: 43-56.

EL ENTORNO DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROPECUARIA CHILENA A FINES DEL SIGLO XX¹

THE ENVIRONMENT OF SCIENCE AND CHILEAN AGRICULTURAL TECHNOLOGY AT THE END OF THE 20th CENTURY

RAFAEL NOVOA S.A.

Centro Regional de Investigación La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Casilla 439, Correo 3, Santiago.

RESUMEN

Es sorprendente que a fines del siglo 20, la ciencia y la tecnología estén perdiendo la legitimidad y confianza de la sociedad, como herramientas para lograr el progreso material. Lo que ocurre al nivel general también sucede al nivel de las ciencias y tecnologías agropecuarias en el mundo, y en nuestro país. Lo curioso de este hecho es que se produce en un momento en que el progreso material, basado en estos dos pilares es espectacular. La posible explicación está en los problemas no solucionados de contaminación, y en el temor del hombre por el enorme poder, asociado a avances científicos y tecnológicos en las áreas de la energía nuclear y biotecnología, que se pone bajo la responsabilidad humana. En el campo agropecuario mundial, se ha producido un cambio muy marcado en la importancia económica y social de la agricultura durante este siglo, pasando desde una situación de enorme peso económico y social a otra de mucho menor relevancia. En el caso chileno, la agricultura aporta sólo un 4 % del PGB y requiere de un 12,7 % de la fuerza de trabajo nacional. El efecto combinado de la percepción actual sobre la ciencia y la tecnología, y de la importancia económica y social de la agricultura, hacen que el apoyo de los gobiernos a la investigación agropecuaria se haya visto cuestionado. Sin embargo, no cabe duda que la agricultura y la investigación siguen siendo las principales fuentes de alimentos y de conocimiento de la población, no visualizándose alternativas mejores ni un futuro sin ellas. Por otra parte, se puede apreciar que la preocupación de los gobiernos ha cambiado sus prioridades, desde un énfasis en lo productivo a uno más centrado en el medio ambiente, que se traduce en un alto interés por una agricultura sostenible. La incorporación de tecnologías de punta (automatización, maquinarias de precisión, "quemigación" o la agricultura de precisión) al manejo de cultivos son temas nuevos a investigar. Además, parece necesario aprender el uso de nuevas herramientas, tales como, las biotecnologías, el análisis de imágenes, la teledetección y los sistemas de información geográficos, cuyas aplicaciones en la agricultura e investigación agropecuaria, posiblemente, cambien el modo actual de hacerla. Para abordar el futuro es evidente la necesidad de mayor y mejor información, reclutar personal altamente calificado, tener instituciones más participativas y flexibles, lograr financiamiento adecuado a los costos crecientes de la investigación y mejorar otros aspectos de la gestión de las instituciones de investigación.

ABSTRACT

It is quite surprising that at the end of the 20th century science and technology are losing the social trust and legitimacy as tools to achieve future material improvements. What is happening at a general level is also having an effect on agricultural sciences and technologies in the world and in our country. The amazing fact is that this change of perception is happening at a moment when the improvement in the quality of life, based on these two activities, is spectacular. A possible explanation lies on the nonsolved pollution problems and on human fear for the enormous power, coupled to scientific and technological advances, put under human responsibility by nuclear energy and biotechnology. During this century the agricultural sector of the world has suffered a dramatic change in its economic and social importance moving from an outstanding position to a less relevant one. In Chile agriculture represents about 4 % NGP and provide work to 12.7 % of the national workforce. The joint effect of the perception about science and technology, and of the economic and social importance of agriculture results in a criticism to government investments on agricultural research. Nevertheless, there is no doubt that agriculture and agricultural research continue to be the main sources of human food and agricultural information. No better alternatives to these two activities are visualized nor a future without them. On the other hand, it is possible to see that government concerns have changed their priorities from a productive approach to an environmental one. So, sustainable agricultural becomes a major issue today. The use of high tech (automation, precision machinery, chemigation or site specific agriculture) for crop and animal management are new subjects for research. Also, it seems timely to learn the use of new tools such as biotechnology, image analysis, remote sensing, GIS and others. The application of these technologies to agriculture and agricultural research will probably change the way they are done. To cope with future challenges it is obvious that more and better information, more flexible and participating research organizations with highly trained staff, better access to financial sources to support increasing costs of research, and improvement of other management aspects of research institutions are needed.

Agradecimientos: el autor agradece las sugerencias y revisiones hechas a este trabajo por el Dr. Eduardo Besoain.



INTRODUCCIÓN

Tanto la ciencia como la tecnología actual y las tecnologías agropecuarias están sometidas a fuertes presiones. Ellas nacen de la visión, que la sociedad tiene, de los impactos de estas actividades en su calidad de vida y en el medio ambiente. A continuación se analiza en más detalle esta percepción y también se da una opinión sobre las nuevas prioridades, los nuevos temas y herramientas, como abordar el futuro, los nuevos campos para la investigación y la necesidad de la transferencia de tecnología.

EL ESCENARIO GENERAL PARA LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Es sorprendente que a fines del siglo 20, cuando se podría suponer consolidada y demostrada la legitimidad y la importancia central de la ciencia y de la tecnología en el progreso material de las sociedades (Cohen y Noll, 1994; Novoa, 1995; Antle y Wagenet, 1995, *Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo 21*; Budapest, 1999, UNESCO-ICSU), surjan dudas sobre la real contribución de éstas al bienestar humano. Estas dudas tienen su origen, probablemente, en un cambio en la opinión pública con respecto a la ciencia y tecnología derivada del miedo que generan, en la sociedad, dos productos de la ciencia y la tecnología: las bombas atómicas y las biotecnologías aplicadas al ser humano (Fukuyama, 1992). Los avances científicos y tecnológicos, en esas áreas, son de tal magnitud, que ponen en manos del hombre poderes no sospechados, capaces de atentar contra la humanidad misma. Al mismo tiempo, plantean problemas éticos muy serios. Además, el mal uso de las tecnologías modernas está afectando al medio ambiente, la sustentabilidad de diversas actividades sociales y económicas. Por ello, la sociedad percibe que la ciencia y las nuevas tecnologías producen, en muchos casos, nuevos problemas e incertidumbres que disminuyen su calidad de vida (Antle y Wagenet, 1995). La visión pesimista sobre la tecnología se basa mucho en el pensamiento de Rousseau, para quien el cambio histórico había hecho desgraciado al hombre y la infelicidad humana se debía al consumismo moderno derivado de la vanidad humana. Este filósofo creía que el apartarse de la tecnología moderna y recobrar algo de lo natural podría hacer más feliz al hombre. No creía en el "homo economicus" de Locke y Smith. Plantea una duda básica sobre la ventaja real de dominar la Naturaleza.

Este sentimiento hacia la ciencia y tecnología es antiguo (Northrop, 1948) y desequilibrado, ya que no hace un buen balance de los efectos del mal uso

de ellas, con las contribuciones espectaculares que estas actividades han hecho al desarrollo de la humanidad (Polkinghorne, 1996). La sociedad actual parece ignorar que la misma concepción política de democracia, tolerancia religiosa, arte y arquitectura moderna derivan de las concepciones de Newton y Galileo sobre la realidad, y que Locke, químico experimental, desarrolló la filosofía que se deducía de estas ideas la que más tarde se aplicó en la Declaración de Independencia de EE.UU. y en su Constitución (Northrop, 1948). Tampoco reconoce que los aspectos más peligrosos no están en ellas sino en las aplicaciones que de ellas hacen los hombres.

En nuestro país, Teitelboim (1996) físico teórico y Premio Nacional de Ciencia 1995, opina que los científicos chilenos están desanimados, con la moral baja, y que para mejorar ello, se debe reorientar los recursos para investigación, perfeccionar el FONDECYT, buscar nuevas formas de financiamiento tales como las Cátedras Presidenciales. Hace ver que en la actualidad existe desconfianza hacia los investigadores, la que es necesario cambiar, ya que, "ellos no son parásitos del Estado sino una mina de oro para él". Dice que la inversión en investigación es un capital de riesgo, que se necesita un grupo variado de muchos investigadores que haga cosas muy distintas y, de repente, se produce el descubrimiento que vale la pena. No hay, según él, otro modo de hacerlo. Piensa, por otra parte, que lo más relevante de lo que sucede hoy en nuestro país, con respecto a la ciencia y la tecnología, es que el tema esté en la preocupación del Presidente de la República y que el tema haya entrado a la Casa de Gobierno.

En el caso de las ciencias y tecnologías agronómicas, su aplicación por los agricultores, a la producción de alimentos, ha sido tan exitosa que ha significado para la humanidad, disponibilidad y seguridad alimentaria a precios de los alimentos más baratos que nunca, en la historia (Turrent, 1994). Ello ha hecho dudar de la tesis de Malthus.

La visión optimista de la ciencia y de la tecnología que tenía el siglo 19 ha cambiado y a fines del siglo 20, ella es más bien pesimista. Ya no se cree que ellas producirán ni garantizarán la felicidad de los hombres futuros. Visto de otra manera, ello ha significado una menor confianza en la ciencia y tecnología como proveedora de soluciones óptimas y, es común escuchar que "no se puede entregar dinero a los investigadores para que hagan lo que quieran". Esta manera de pensar es similar al caso de los enfermos que hablan mal de los médicos y que recurren a los curanderos. Lo curioso de este planteamiento es que supone que hay otros que saben mejor que los investigadores lo que se debe hacer. Ello desconoce que gran parte de la formación

de un investigador está en poder identificar un problema que es posible resolver, usar el método científico para hacerlo y no atacar problemas que no tienen solución. Por otro lado, los datos y criterios, para evaluar la pertinencia, o no, de una investigación, son normalmente entregados por investigadores.

A pesar de lo pesimista que puede parecer esta visión general de la ciencia y la tecnología, si se analiza el tema en más detalle la conclusión lógica es más optimista. Muchos científicos piensan que los intentos de dirigir la ciencia son contraproducentes ya que, si se considera lo que ha ocurrido con los intentos de algunos países de no seguir con el apoyo a la ciencia y tecnología (Birmania, Irán); con supeditar la investigación a ideas políticas (Marxismo, caso de Lisenko en Rusia); con movimientos sociales como los hippies o con el movimiento actual del ecologismo (éste cree que el hombre sería más feliz en un ambiente sin uso de las tecnologías y en un ambiente preindustrial, que rechazan deliberadamente el uso de la tecnología (sin desconocer que esto es posible a pequeña escala, caso de los amish, en EE.UU.), todos ellos han sido un fracaso. Además, es evidente que un mundo futuro sin ciencia y tecnología es inconcebible (Fukuyama, 1992). Las ventajas alimentarias, sanitarias, económicas y militares, que la ciencia y tecnología ponen en mano de las sociedades que las apoyan, son tan grandes que es imposible pensar que se abandone estas actividades. Además, no hay otra alternativa conocida para generar información confiable e innovaciones tecnológicas, ni se visualiza otra mejor para solucionar problemas no resueltos.

EL ESCENARIO ACTUAL PARA LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROPECUARIA.

La importancia económica y social de la agricultura

La agricultura, y su importancia relativa como actividad económica y social, ha cambiado substancialmente, tanto al nivel de los países más desarrollados como en Chile. Así, a fines del siglo 19 la agricultura representaba, en EE.UU, el 75% del PGB y comprometía al 85% de los empleos, mientras que en la actualidad, sólo alcanza al 18% del PGB y al 15% de las oportunidades de trabajo (Fisher y Zuiches, 1995).

En Chile, las cifras del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) indicaban que, entre 1980 y el 2000, la población rural bajaría de 23,2 a 15,3% pero en realidad bajó a 14,4%; la participación de la fuerza de trabajo agrícola en el total nacional ha disminuido desde 19% a fines de los 80 a 12,7% en el 2002.

Además, el PIB agrícola como parte del PIB nacional ha caído de un 7,3% en 1985 a un 6,8% en 1993 y a un 4,1% el 2001. Ello, a pesar que las exportaciones agrícolas totales (productos primarios más productos elaborados, sin incluir productos del mar o silvícolas) ha aumentado de 956,7 millones de pesos, en 1989, a 1.793,8 en 1994 y a 2.024,4 en el 2001. Esto, es un aumento anual de alrededor de 6.5% en el período.

Las proyecciones hechas por Santibáñez *et al.*, (1996), para el período 1994 a 2010, indican lo siguiente: un aumento del PIB del orden del 5% anual; un aumento de la población total de 14 a 16,4 millones; una disminución de la población rural de 2,24 millones a 2,14 millones y de la fuerza de trabajo agrícola de 808 mil a 770 mil personas, con un desplazamiento paralelo de población rural a las ciudades; un aumento en la demanda de mano de obra de 499 mil a 676 mil; un aumento de la pérdida de suelo de unas 21 mil ha (por erosión 3 mil y urbanización 18 mil); una mayor demanda de agua de 1,3 km³, con muy poca o ninguna variación en la superficie arable, lo que implica disminuir la superficie arable *per cápita* de 0,38 a 0,32 ha. El pronóstico de este trabajo es que los recursos suelos y aguas se verán sometidos a una alta presión y que también habrá una pérdida de biodiversidad.

Un aspecto importante de los escenarios futuros es la creciente inserción internacional de nuestro país; lo que tiene como consecuencia una mayor competencia para nuestra agricultura por un lado, y un mayor acceso a la ciencia y tecnología generada en otros países, por otro. Este último aspecto pone una barrera más alta a la ciencia y tecnología que el país debe generar.

Tampoco debemos olvidar que la rentabilidad de la agricultura ha caído, y es probable que siga cayendo por algún tiempo.

Probablemente, el cambio más dramático que se ha producido en este siglo, es la disminución de la importancia de la agricultura, debido a un menor peso económico, político y social, lo que reduce su importancia relativa, mientras que aumenta el peso del sector urbano. Este cambio es de enorme significación para los agricultores, las empresas, organizaciones, comercio y profesionales vinculados a esta actividad. Al parecer, muchos de estos actores no han tomado en serio lo que esto significa, tanto para su propio futuro, como para otros numerosos aspectos de las sociedades: aspectos geopolíticos de ocupación territorial, las guerras por necesidades de "espacio vital" pierden sentido económico, turismo rural, etc.



Si bien es cierto la agricultura ha perdido importancia económica y social, sigue siendo la principal fuente de alimentos de la humanidad. Otras fuentes tales como la pesca, no son capaces de entregar todo los alimentos requeridos y se estima que ha llegado a su límite máximo de extracción o el desarrollo de nuevos tipos de alimentos no parecen fácilmente disponibles (Rogoff y Rawlins, 1987). Por estas razones y mientras no sea posible producir alimentos por otras vías, lo que es difícil de hacer y de largo plazo, se deberá continuar con esta actividad. Por ello la sustentabilidad de las poblaciones futuras sigue siendo dependiente de la agricultura. Ello es sostenible, al nivel mundial, pero se podría argüir que si la agricultura chilena sólo genera el 4,1% del PGB, su completa eliminación no generaría ningún problema económico serio ni tampoco alimentario si las necesidades alimentarias se satisficieran importando alimentos. Incluso, ello puede ser ambientalmente beneficioso, ya que los problemas de erosión, contaminación por agroquímicos y de biodiversidad que genera la agricultura se acabarían. Una posición tan extrema no ha sido planteada, tanto por su efecto económico como social, como por aumentar el riesgo de la seguridad alimentaria y afectar aspectos geopolíticos. En el aspecto económico, el efecto real sería mayor al 4,1% de disminución del PGB ya que lo no producido habría que comprarlo y ello significa empeorar nuestra balanza comercial, y si se considera el total de los agronegocios la agricultura contribuye en más de un 20% del PGB. Por otra parte, todavía hay actividades rurales rentables. Así, las exportaciones agrícolas de productos primarios y secundarios, representaron en 1994, 1.793,8 millones de dólares, un 14% de las exportaciones totales y un 16,5% al 2001. El crecimiento de estas exportaciones ha tenido una tasa anual de 10,7% en el período 1990-1994, (Figueroa *et al.*, 1996). En lo social se generaría un problema que afectaría a más de un 14% de la población nacional. No cabe duda que depender totalmente de alimentos importados nos dejaría en una posición altamente riesgosa en nuestra seguridad alimentaria, frente a eventuales cambios en los precios y accesos futuros a mercados de alimentos. Ello es más preocupante si consideramos que en el siglo 21, la población del planeta aumentará de 5 mil millones a más de 10 mil millones. Además, sería económicamente irracional no usar recursos productivos y humanos calificados. Por estas razones, no parece razonable económicamente, ni socialmente, abandonar la agricultura.

Los desafíos futuros para la agricultura pueden ser mirados en forma más o menos optimista, si se considera que tanto nuestros agricultores, como el nivel educacional y las organizaciones de investigación agropecuaria actuales, están mejor equipadas que hace 50 años (Ruttan, 1996).

Otro cambio digno de mención es que las formas de hacer agricultura serán determinadas, no sólo por los agricultores, sino también por los consumidores. Ello se percibe en que hay diversos grupos de interés, no sólo agricultores o profesionales del agro, debatiendo activamente sobre agricultura sustentable, agricultura orgánica, biotecnología y otros temas. Dado que la percepción pública, de los impactos de la agricultura y de la investigación, determinará el nivel de inversión en esta actividad, deberíamos esperar menos apoyo estatal a esta función.

Así, en la década del 90, se ha producido una disminución de la prioridad que los gobiernos, de la mayoría de los países, dan a la investigación agropecuaria. Ello se debería, además de las razones anteriores, a una re-definición del papel del Estado, asociado a ajustes estructurales y reformas políticas, que han tenido como resultado, menores aportes fiscales a diversos sectores; a la percepción de algunos de la poca efectividad y relevancia de una buena parte de la investigación agrícola; a la competencia por recursos de otros sectores (medio ambiente); o a los deseos de privatizar actividades antes hechas por el sector público (Byerlee, 1997).

No obstante lo anterior, los planes del Gobierno, según lo expuesto por el Ministerio de Hacienda en 1994, eran mantener un crecimiento del PIB del orden del 7% anual; duplicar las exportaciones (Sunkel, 1996); y aumentar la inversión en ciencia y tecnología de un 0,7% a un 1,6%, pero manteniendo siempre un papel subsidiario del Estado. Esto significa que no se aumentará los aportes directos del Estado y que el crecimiento de la inversión se hará vía los fondos concursables. Con ello se da realidad a un nuevo paradigma, cual es: el separar el financiamiento de la ejecución de la investigación (Byerlee, 1997). Además, se espera que el sector privado contribuya cada día más en esta inversión. Para ello, varios de los fondos concursables (FONDEF, FONTEC, FIA, FONCIP) exigen que los proyectos tengan aportes de dineros frescos de parte de empresas privadas. Sin embargo, el apoyo privado de agricultores, bajo condiciones de baja rentabilidad, será difícil de lograr. La proliferación de estos fondos significa una gran cantidad de profesionales dedicados a administrar los escasos fondos que Chile dedica a investigación. No sería imposible que, en estos momentos, tengamos más administradores que investigadores, y estemos gastando una proporción muy grande de los recursos en su administración, o más en administrar, que en hacer investigación.

La idea que, es el mercado quién debe decidir que investigación hacer, es muy apoyada por algunos

economistas chilenos. Sin embargo ellos también saben: que la idea de que el mercado es capaz de resolver todos los problemas; que es posible encontrar soluciones de mercado a todo problema de mercado; que cuando se considera soluciones no-mercado, es siempre posible establecer precios de mercado, y que los análisis económicos sólo se preocupan de mejorar la eficiencia, son mitos sobre el pensamiento económico (Fullerton y Stavins, 1998).

El cambio en los temas de investigación que la sociedad está dispuesta a financiar

En todo el mundo, y en Chile, la preocupación por el medio ambiente ha pasado a tener gran relevancia (Fisher y Zuiches, 1994; Ruttan, 1996; y en los planes del CGIAR, por ejemplo). De hecho, nuestra Constitución asegura el derecho a gozar de un ambiente sano. Podemos decir que el gran cambio ha sido el desplazamiento de los temas considerados medulares de la agricultura de su sitio tradicional (fertilización de los suelos, mejoramiento genético, sanidad y otros). El énfasis en las tecnologías de producción se ha desplazado hacia la sustentabilidad de los recursos naturales. Se podría pensar que, la alta seguridad alimentaria, de la segunda mitad del siglo 20, ha conducido a reducir la preocupación por la producción de alimentos, dándose ella por descontada. En el momento actual interesa menos aumentar la productividad agrícola, que el tema del medio ambiente y del impacto de la agricultura. Sin embargo, la racionalidad de este punto de vista es discutible. Algunos investigadores piensan que el paradigma de la revolución verde es aún sostenible en muchas situaciones; otros creen que la mejor manera de proteger el medio ambiente es aumentando la productividad, liberando así los suelos menos aptos de su uso agrícola. Por otra parte, parece peligroso pensar que la seguridad alimentaria está 100 % asegurada, ya que siempre es posible la aparición de problemas sanitarios, de comercio internacional, económicos, sociales, o climáticos, que pueden afectar la producción de alimentos.

En nuestro país la preocupación ambiental se refleja en:

- La preocupación que los planes de Gobierno, sobre crecimiento del PIB y de las exportaciones, que signifiquen aumentar fuertemente la presión sobre los recursos naturales y, por lo tanto, sobre la sustentabilidad ambiental (Sunkel, 1996).

- La Ley de Base del Medio Ambiente aprobada en Marzo de 1994; ella incluye la necesidad de mantener una alta tasa de crecimiento económico en el largo plazo, combinado con medidas de conservación y protección del medio ambiente, de

tal modo que, el aprovechamiento de los recursos naturales no renovables, y renovables, se haga asegurando su reposición o reemplazo. Especial mención se hace a la conservación y mejoramiento de la biodiversidad.

Por otra parte, la problemática ambiental de Santiago ha sensibilizado al público sobre este tema, pasando desde un problema de contaminación atmosférica, a una preocupación que engloba la sanidad de los alimentos y a la forma de hacer agricultura.

La creciente complejidad y costo de la investigación

Una característica que se puede apreciar en la investigación agropecuaria es que ella es, cada vez, más compleja y diversa. La complejidad se da por diversas vías: por el aumento de los conocimientos científicos y tecnológicos sobre la agricultura; por los nuevos temas; y por la mayor sofisticación de las herramientas necesarias para hacer investigación (equipos, maquinarias, computadoras, software, etc.). Muchas veces la solución a los problemas, y los avances en la comprensión de los procesos que operan en los sistemas agrícolas, requiere de la contribución de profesionales de las áreas biológica, física y socio-económica. Ello hace necesario la formación de equipos multidisciplinarios, sistemas de reciclaje y de capacitación más eficientes y ágiles, y apoyo técnico más capacitado. Así por ejemplo, la participación de especialistas del área económica es muy importante en evaluar costos, retornos, valorizar o mejorar la percepción que la sociedad tiene de la investigación agrícola financiada por el Estado y establecer las prioridades de investigación (Antle y Wagenet, 1995).

Los requerimientos y dificultades de la investigación

El proceso de investigación, sea éste científico o tecnológico, requiere de una condición esencial que, a veces, es considerada de difícil aceptación por las autoridades o financiadores. Ella necesita de amplia libertad para poder explorar nuevas ideas. Los científicos esperan que, por ser una actividad creativa y de resultados inciertos, en el tiempo y lugar, esa libertad se dé, pero ello no siempre ocurre. Exigir una garantía de éxito a la investigación no tiene sentido, ya que ella trabaja en el ámbito de lo desconocido, donde no es posible anticipar nada. Sin embargo, aunque no es posible exigir éxito a una investigación particular, lo que sabemos es que sí se puede garantizar el éxito de un conjunto de investigaciones. Al parecer el sistema opera como el de los seguros: gran riesgo en el caso particular, pero negocio seguro en el conjunto. Por otra parte, debe quedar claro que la libertad no significa falta



de metas o de otras exigencias que eviten el libertinaje. La necesidad de eficiencia económica es una exigencia de los tiempos actuales. Los investigadores tienen, en parte, razón cuando piden amplia libertad ya que, como se indicara antes, los intentos de controlar la ciencia por razones políticas y religiosas han sido un fracaso. El intento de controlarla por razones económicas o administrativas es antiguo y controlarla por razones ambientales está en marcha, pero no sabremos sus resultados hasta más adelante.

Por otra parte, no es posible establecer, a priori, en qué aspecto concreto, de interés público o tecnológico, va a contribuir una investigación dada. Quizás lo único que se puede decir es que, a mayor número de intentos mayores probabilidades de éxito; y mientras más preparado el investigador menor el riesgo. Es común escuchar que no hay que duplicar esfuerzos y que, por racionalidad económica, se debe limitar los intentos de búsqueda de soluciones a un problema. Económicamente parece correcto pensar así, pero dada la incertidumbre sobre quién, y en qué momento encontrará la solución, no cabe duda que, lo más probable, es que esa solución se retrase si no permitimos que haya competencia de ideas; y sabemos lo importante que es la competencia para lograr soluciones óptimas.

Un aspecto que, en las instituciones públicas, ha complicado el avance de la investigación, son los cambios de objetivos políticos en el tiempo, los que muchas veces son, además, vagos y conflictivos. La acentuada politización, común en los países latinoamericanos, significa que los cambios de Gobierno implican cambios de jefaturas frecuentes, lo que produce un quiebre en la continuidad en las líneas y tendencias de la investigación. Ello es particularmente dañino para los avances científicos y tecnológicos, que normalmente requieren de esfuerzos sostenidos durante muchos años (Antle y Wagenet, 1995).

Dado que, en el futuro, la mayor producción de alimentos no puede ser vía aumento de las superficies cultivadas, sino por la de mayor producción por unidad de tierra, se ha sugerido que se debe producir una transición, desde una agricultura basada en los recursos, a una basada en la ciencia (Ruttan, 1996). Esto implica, sin duda, un mayor esfuerzo de investigación para generar los conocimientos y tecnologías necesarias.

Por las razones mencionadas, en realidad no ha cambiado el papel fundamental de la investigación agropecuaria. Esto es, apoyar a la agricultura para tener un suministro de alimentos estable, de óptima calidad y sanos. Lo anterior es así, porque no cabe duda que la producción de alimentos continuará

siendo una necesidad, y que cualquier tipo de agricultura, que uno pueda imaginar a futuro, requiere de nueva información. No existe otra alternativa conocida más eficiente para ello que, hacer más y mejor investigación para satisfacer esta necesidad. Sea la organización que sea, quien la haga, necesita de personal capacitado para este fin, y con los medios adecuados.

PRIORIDADES DEL MOMENTO ACTUAL.

Las instituciones de investigación deben asignar recursos, en el tiempo, a actividades científicas y tecnológicas que satisfagan a los consumidores, los gobiernos, los legisladores, los productores y los científicos. Ello significa establecer temas y prioridades de investigación, dado que las demandas son, generalmente, muy superiores a los recursos disponibles. Hay una diferencia importante, en este tema, entre instituciones privadas y gubernamentales de investigación. Las segundas deben producir los conocimientos que la ciudadanía desea, pero que los privados no tienen interés en generar por falta de incentivos; por esta causa, el tema ambiental es uno de primera prioridad para instituciones gubernamentales. Se ha propuesto que, dada las presiones e incertidumbres intrínsecas a la investigación, se aplique un enfoque multidisciplinario al establecimiento de prioridades (Antle y Wagenet, 1995). Ello se ha hecho en EE.UU., a continuación se revisa brevemente las prioridades establecidas y también las que se puede visualizar para Chile.

Prioridades a nivel internacional

En la investigación agrícola, el enfoque multidisciplinario se ha usado en EE.UU., por ejemplo, fue establecido en 1994 por el Comité de Organización y Políticas de las Estaciones Experimentales de EE.UU. (Fisher y Zuiches, 1994), y sus resultados sobre prioridades, en orden de importancia, fueron los siguientes:

- conservación de los recursos naturales (aire, agua y suelo);
- sistemas de producción sustentables;
- calidad y sanidad de los alimentos;
- mejorar la economía rural y de la agricultura;
- manejo de ecosistemas que conserve y mejore la biodiversidad;
- mejorar la diversidad genética y el funcionamiento animal;
- comprender los procesos fundamentales de las plantas;
- recuperar y usar desechos vía sistemas agrícolas y forestales;
- mejoramiento de plantas para el siglo 21;

- conversión de subproductos a usos beneficiosos;
- mejorar la calidad y valor de los alimentos;
- desarrollo de sistemas de toma de decisiones para un mejor manejo de los recursos; y
- mejorar la calidad de alimentos para animales.

Prioridades a nivel nacional

Si no existiera una opinión oficial al respecto se puede enunciar algunos temas considerados prioritarios. Ellos son:

- Los impactos ambientales;
- agricultura sustentable;
- calidad de los alimentos;
- disminución de costos;
- nuevas alternativas productivas; y
- mecanización.

Prioridades a nivel regional

A nivel regional ellos son:

- la búsqueda de nuevas alternativas productivas;
- los problemas regionales originados por el clima, y
- suelos o disponibilidad de aguas de la región.

NUEVAS ÁREAS TEMÁTICAS

Agricultura sostenible

Una de las preocupaciones más grandes de los últimos tiempos es la relacionada con la sostenibilidad ambiental de la agricultura. El desafío es, cómo producir alimentos de alta calidad para todo el mundo, sin dañar el medio ambiente. Los deterioros del medio ambiente, la manera de producir alimentos y la calidad sanitaria de ellos son preocupación muy fuerte de consumidores y productores desde los años 80 a la fecha. Nuestro país ha ido a la zaga en estudiar este problema y contar con datos científicos sólidos sobre lo que es posible, en este ámbito. Hay urgencia en generar datos confiables, ya que mucho de lo que se dice en la actualidad tiene una base científica precaria, que se debe clarificar.

Hay una enorme presión de los ambientalistas, y del público, sobre la idea de que las altas producciones son un peligro y no una solución para la preservación del medio ambiente. Sin embargo, también hay voces más moderadas, en contra de esa idea (Dennis Avery, del Hudson Institute de Indianapolis, Farm Chemicals International Spring, 1996), que plantean los argumentos siguientes:

- para evitar daño a sectores frágiles se debe aumentar la producción en sectores de alta

producción; esto sólo es posible con el uso de variedades de alta producción, fertilizantes, riego y pesticidas.

- la cero labranza puede reducir la erosión entre 65 y 95% a nivel mundial.

- el mundo no tiene el N orgánico suficiente para soportar la producción agrícola, y por ello la agricultura orgánica no podrá producir lo que produce la agricultura moderna. Además, la agricultura moderna es mejor en términos de menos laboreo de suelo (por necesitar menos superficie para producir la misma cantidad de alimentos y por uso de técnicas de mínima o cero labranza), menos salinización y muchos otros aspectos de la sostenibilidad.

- la degradación del suelo y de la calidad del agua son dos problemas que se asocian a la agricultura de altos rendimientos, pero ninguno de estos aspectos es tan grave como la amenaza a la vida silvestre que significa el hacer agricultura de bajos rendimientos dado la mayor superficie de suelos habilitados que ella requiere.

Agricultura de precisión

Un área de desarrollo nueva, de gran interés mundial es la llamada Agricultura de Precisión, o agricultura asistida por computadoras o agricultura sitio específica. Ella combina sistemas de posicionamiento geográfico (GPS) con sistemas de información geográficos (SIG), computadoras personales, monitores de rendimientos, maquinaria de alta precisión y sensores ad hoc. Con ello es posible un manejo adecuado de la variabilidad espacial de los terrenos y ajustar fácilmente la tecnología aplicada a cada sector de un potrero. En la actualidad, las tecnologías se aplican en forma pareja sin tomar en cuenta la variabilidad espacial, lo que sobredosifica o subdosifica sectores, baja rendimientos, aumenta los costos y la contaminación. Dada las presiones por reducir costos y contaminación, esta tecnología aparece como una solución digna de estudiarse. Los avances y estudios hechos en diversos países indican que esta nueva tecnología es, también, económicamente conveniente (Haapala, 1995). Estudios hechos por EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA) Quilamapu, indican que, sólo en fertilizantes, es posible ahorrar 12% de N y 24% de P usando esta tecnología (Ortega, comunicación personal). Además, se puede producir ahorros en uso de otros agroquímicos y mejorar la eficiencia del riego.

La agricultura de precisión, cuya médula es el manejo de la variabilidad, se basa en: obtener información detallada y precisa del entorno; interpretar esa información para poder tomar decisiones; y cambiar las dosis de los insumos



(fertilizantes, pesticidas, agua, variedad), para poder implementar las decisiones. Un agricultor armado con un mapa de suelos, y de rendimientos de un potrero, puede tomar decisiones que le produzcan ahorro de dinero o le mejore los rendimientos. Así, la razón de una menor producción en un sector de un potrero puede ser la acumulación excesiva de agua, o suelo compactado, lo que se puede solucionar rápidamente con un drenaje o subsolado. También, puede servir para decidir que áreas no cultivar. En Europa, esta técnica está siendo liderada por Inglaterra, Dinamarca y Alemania. En EE.UU., el UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA), en su estación de Beltsville, Maryland, y la Universidad de Colorado en Fort Collins, son lugares que están desarrollando esta tecnología. En Chile, INIA y la Pontificia Universidad Católica han empezado a estudiar la aplicación de esta tecnología (Ortega *et al.*, 1999).

Automatización

Una necesidad creciente de la producción agropecuaria es la automatización de las actividades a su mayor grado posible. Ello se deriva de: los crecientes costos de la mano de obra; la necesidad de mejorar el momento de la aplicación de las técnicas de producción; aumentar las frecuencias de las aplicaciones de algunos agroquímicos; y la demanda de aumentar la calidad de vida de los productores agropecuarios. Como ello tiene la desventaja de producir cesantía, se debe estimular el generar otras actividades que absorban la mano de obra liberada, para no producir problemas sociales graves.

Una vía muy probable para que esta automatización entre en los cultivos es por la vía del riego con sistemas esbozados en el párrafo anterior. En el caso de la ganadería los sistemas automáticos de alimentación de ganado son ya antiguos y, no cabe duda que se mejorarán los existentes.

Diversificación del uso de la biomasa

Una vía futurista, que es digna de atención, es todo lo que se puede pensar desde el punto de vista de nuevos usos para la biomasa vegetal. En el espectro más cercano está lo que se puede hacer con los residuos vegetales. La prohibición de quemar por razones ambientales y de salud humana obligan a buscar qué hacer con ellos. Si se lograra encontrar usos económicos o alternativos para esta biomasa, ello será de gran ayuda. Por otro lado, los avances hechos en Japón, relacionados con el uso de fibras de peces para generar productos comestibles de sabores y olores controlados, y el uso de fibras de árboles para hacer maderas con características superiores a las maderas naturales, indican que una

vía posible es usar fibras y otros productos vegetales para producir nuevos alimentos con características de interés para el ser humano o animales. También es importante observar la posibilidad de nuevos usos para cultivos que tradicionalmente se han usado en alimentación humana. Así, en Francia se está estudiando el uso de los granos de trigo para producir plásticos biodegradables. Del mismo modo, la obtención de combustibles líquidos a partir de residuos vegetales (alcohol metílico), aceites de plantas oleaginosas, la obtención de fármacos a partir de materias primas vegetales transgénicas y otros desarrollos tecnológicos pueden llegar a tener gran importancia futura y contribuir, significativamente, a diversificar los aportes de la agricultura a la sociedad.

También se ha sugerido nuevos sistemas de producción de alimentos, para el hombre y el ganado, basados en el uso de la lignocelulosa (Rogoff y Rawlins, 1987).

Quemigación

“Quemigación” es el uso de agroquímicos aplicados vía el agua de riego. Todos conocen o han oído hablar de la fertirrigación pero se conoce mucho menos de la aplicación de herbicidas, fungicidas, nematocidas, hormonas o insecticidas por esta vía. En EE.UU y Europa el tema se está estudiando desde hace más de 10 años. Se estima en esta área que el sistema de distribución de agua que permiten los sistemas de riego presurizado, y eventualmente los otros, es vital y, por lo tanto, se podría hablar de un tipo de agricultura cuyo corazón es el sistema de riego. El hecho fundamental es que el agua de riego llega a todas las plantas, o a todos los puntos importantes para el manejo agronómico, y al mismo tiempo es un vehículo que permite el transporte de muchos agroquímicos. Hay iniciativas en este sentido en INIA (Patricia Larrain, control de chanchito blanco en vides; Juan Ormeño aplicaciones de herbicidas) y en universidades (L.Gurovic, Pontificia Universidad Católica, en fertirrigación), con resultados muy promisorios. Si la “quemigación” se llega a dominar, habrá una base segura para la automatización y para una agricultura de precisión, vía riego.

Mecanización de alta tecnología

El acoplamiento de sistemas computacionales a maquinarias agrícolas y de sistemas que permiten un fácil y ágil control de las aplicaciones de agroquímicos y otros insumos (plásticos) a terrenos agrícolas, son avances fundamentales que afectarán sin duda la agricultura del mañana. No se puede ignorar estos avances y se debe mantener atención en ellos.

HERRAMIENTAS QUE ES NECESARIO APRENDER A USAR

Biotecnología

En este campo hay grandes oportunidades, conocidas desde hace algún tiempo en la aplicación de la transgénesis al mejoramiento genético de plantas y animales y en el desarrollo de herramientas biotecnológicas tales como test inmunológicos para evaluación y diagnóstico de enfermedades, y problemas fisiológicos de pre y postcosecha. Otros aspectos incluyen la determinación del sexo, clonación, transplante de embriones animales, etc. Sin embargo, no se debe olvidar que los avances que se pueden hacer en el laboratorio no son suficientes para asegurar su éxito en el campo. La experiencia de INIA en este sentido es amplia. Lo claro es que las respuestas en laboratorio, o invernaderos, no se repiten necesariamente en el campo. La razón de este hecho está en la aparición de propiedades emergentes, debido a las interacciones de elementos que no están en el laboratorio, o invernadero, pero sí en el campo. La gran contribución del laboratorio, o del invernadero, es que si las cosas no funcionan a este nivel tampoco funcionarán en el campo.

Debemos enfatizar la idea que toda buena investigación agropecuaria debe mantener un equilibrio entre el trabajo en laboratorios, invernaderos, campos experimentales y ensayos en campos de agricultores.

Análisis de imágenes

El análisis de imágenes es una poderosa herramienta de amplio uso, ya que su adquisición, digitalización y análisis se ha facilitado enormemente. Las imágenes pueden abarcar desde las fotografías tomadas con microscopio electrónico, las tradicionales, las cámaras de vídeo y las satelitales. Su análisis permite diferenciar colores, formas, texturas, temperaturas de superficie, etc., y por esta vía, hacer diagnósticos, clasificar sectores, medir superficies y numerosas otras estimaciones. Se puede aplicar en numerosos ámbitos de interés agropecuario: los recursos naturales (suelos, vegetación, aguas), contaminación, la calidad y selección de productos, la patología vegetal, la nutrición mineral de las plantas, etc. Esta herramienta es la única que permite obtener mediciones de los principales parámetros biofísicos (índice de área foliar, contenido de clorofila en hojas, crecimiento, superficies afectadas por problemas etc.) y agronómicos (nutricionales, ataque de enfermedades y parásitos, en hojas, áreas con malezas de un cultivo, situación hídrica de las plantas) determinantes de la producción. Ello

significa poder diagnosticar el o los problemas de un cultivo, decidir el tratamiento a imponer para corregirlo, estimar el costo que ello implica y estimar rendimientos a obtener.

Por otra parte, es posible, actualmente, digitalizar fácilmente fotografías aéreas y luego aplicar a esas imágenes los análisis computacionales pertinentes. Más importante aún, cada día son mejores y más baratas las cámaras digitales multiespectrales que reducen los errores de los films clásicos. Además, la nueva generación de satélites multiespectrales, de resolución de 1 m, tienen el potencial para poder desarrollar sistemas expertos para monitorear y manejar cultivos con alta precisión.

Sistemas de información geográficos (SIG)

Son sistemas que se basan en la capacidad de manejar imágenes y bases de datos asociadas con computadoras. Estos sistemas nacieron como herramientas orientados sólo a la producción cartográfica-geográfica, pero han pasado a constituir una herramienta de aplicación mucho más amplia. En este aspecto, destaca su uso en el apoyo a la gestión de empresas que operan con unidades, o sistemas, de amplia cobertura geográfica (Chilectra, Endesa, Gasco, empresas pesqueras y forestales, distribuidoras de insumos o productos, etc.).

Los equipos computacionales, scanners, mesas digitalizadoras, plotters y programas SIG se están usando cada día más en el área agrícola. Además, los agrónomos están mejor capacitados en su uso.

Teledetección

La teledetección, combinada con los SIG, ofrece amplias perspectivas de uso en la problemática agronómica, no sólo como proveedora de imágenes satelitales, sino también como sistema de ubicación geográfica de maquinaria, animales, especies vegetales, etc. Ello es básico para sistemas de manejo y control de maquinaria o animales, pues permite obtener información de amplias zonas geográficas con alta frecuencia o permanente, según el caso.

Todos los países están enviando satélites al espacio o instalando antenas para captar imágenes, y otra información de los satélites, actualmente, en el espacio. Chile no es ajeno a ello, y en el futuro podremos disponer fácilmente de esa información. Así, la Dirección de Aeronáutica Civil tiene planes para empezar a recibir señales satelitales en muy corto plazo.



Sensores y biosensores

Muchos de los problemas agronómicos requieren de índices y mediciones de compuestos o elementos químicos en el suelo, las aguas y los vegetales o animales. Esto se hace, en la actualidad, por la vía de análisis de laboratorio, lo que significa personal, equipos y tiempos de respuesta más bien altos. Ello podría reemplazarse, en una buena medida, con sensores específicos, tipo electrodos, kits de tests inmunológicos o sensores, que combinan reacciones bioquímicas con sistemas electrónicos de rápida respuesta y con productos nanotecnológicos. Los avances en otros campos tales como las maquinarias, la teledetección, las computadoras, etc. requieren de este tipo de información en tiempos muy cortos. Además, son necesarios para constituir circuitos de retroalimentación, que permitan ajustar el riego o aplicaciones de agroquímicos, a la dinámica de los agro ecosistemas. Por ello todo avance en el desarrollo de estos sensores será de gran utilidad futura.

Herramientas de apoyo a la gestión

En este campo, que se considera de alta prioridad en EE.UU, se está pensando en herramientas de gestión, vía sistemas computacionales, que hagan más fácil la toma de decisiones, la planificación, los registros de datos, el control, el manejo de inventarios, el pago de remuneraciones, los modelos de simulación de cultivos o de empresas ganaderas, etc.

Nuevas maquinarias

Las nuevas máquinas de mayor interés, son aquellas más automatizadas, con sistemas controlados con computadoras, que permiten medir (producción y características del suelo), autogeoreferenciarse (equipadas con GPS), ajustar fácilmente la dosis de productos a la variación espacial, etc. En Inglaterra, hay equipos que permiten aplicar dosis variables de fertilizantes, y el Silsoe Research Institute está desarrollando máquinas para automatizar la confección de mapas de malezas.

COMO ABORDAR EL FUTURO

Éste es un tema que apasiona a los administradores de empresas ya que, si se hace correctamente, asegura la permanencia de la empresa en el largo plazo. El problema básico es que el futuro es hasta el momento, impredecible. Algunas de las soluciones planteadas, a este tema, son la planificación estratégica, la cual requiere imaginar escenarios futuros, y por ello hacer un análisis de éste, junto a

análisis de riesgo, la reingeniería, el mejoramiento continuo y otras. Ello es posible, y los argumentos para hacerlas y usarlas, razonables, pero su debilidad es que, no está bien asegurada la probabilidad de éxito de estas soluciones.

No obstante lo anterior, parece bien establecido que se requiere mayor y mejor información de las demandas, organizaciones flexibles, personal capacitado y lograr financiamiento adecuado. Estos aspectos se discuten en más detalle a continuación.

Mayor y mejor información

En general, mientras más y mejor información maneje una institución, o empresa, tendrá mejores probabilidades de éxito. La información puede ser científica, tecnológica, económica, social o política.

Las maneras tradicionales de informarnos, vía bibliotecas, revistas, expertos, cursos de perfeccionamiento, congresos y otras, no parecen suficientes en el momento actual. La velocidad con que aparece nueva información es tal, que muchos de estos sistemas tradicionales parecen lentos y, por otra parte, la cantidad de información es tan voluminosa que mantenerse al día consume cada día más tiempo. Es casi seguro que las nuevas vías de obtener información y seleccionarla sea Internet, intercambios de información vía correo electrónico u otros medios electrónicos, hará alejarse de los medios más clásicos.

Es común escuchar que la investigación se hace sin atender la demanda, y que los investigadores hacen lo que quieren. Esto supone que los investigadores no están informados de lo que el mercado desea. Ello no ha sido así en Chile, aunque hay excepciones puntuales. En INIA, por ejemplo, la percepción de la demanda ha estado centralizada en investigadores líderes, que tienen la capacidad de estar al tanto de las demandas del sector productivo, de los avances tecnológicos y científicos recientes. Se podría llamar a este sistema consulta a expertos; ha tenido éxito, opera, y lo más probable, es que continuará operando. Por otra parte, la mayoría de los productos tecnológicos más exitosos han sido hechos por personas visionarias y no por consultas masivas o estudios de mercado.

Sin embargo es siempre posible mejorar la percepción de la demanda, y todo indica que las organizaciones de investigación deberán acceder a nuevos y más eficientes sistemas de sondeo de la demanda. Nuevamente, Internet ofrece esa posibilidad, y está disponible en Chile, en todas las organizaciones de investigación.

Personal entrenado y capacitación

Esto no es nada nuevo, pero es necesario reiterarlo, pues una de las tentaciones más grandes, de algunos administradores de la investigación, es reducir este ítem presupuestario.

Por otra parte, las nuevas áreas temáticas y las nuevas herramientas necesitan de personal altamente calificado, tanto al nivel profesional como técnico. La capacitación de personal calificado es una inversión que se debe hacer si se desea tener una institución de alta calidad. Este aspecto es ya tradicional, pero ha sido insuficiente: por no hacer operar los sistemas de reciclaje concebidos, tales como los sabáticos, dar escasa cabida al entrenamiento de personal técnico y administrativo, focalizándose sólo en el estamento profesional.

Organización más participativa y flexible

Los desafíos del futuro no sólo son técnicos, sino también institucionales. En este aspecto, se requiere de innovación institucional. Según opiniones de algunos autores, las disciplinas de las ciencias sociales y relacionadas no han demostrado una gran capacidad en el diseño de instituciones, que faciliten una colaboración más efectiva entre ingenieros agrónomos y otros científicos. Ruttan, 1996, estima que los mejoradores de plantas han sido mucho más efectivos en este aspecto.

La mayoría de los análisis efectuados sobre la historia de las sociedades, y de la investigación, indican que hay una constante: el cambio. Nada permanece estático; vivimos en un mundo dinámico. Las demandas, disciplinas, herramientas están en flujo continuo. La única manera de abordar este hecho es con una organización más participativa y flexible. La conclusión de los expertos en estos temas, es que ello se logra con una organización lo más plana posible (no más de cuatro niveles jerárquicos); con personal altamente calificado, que tiene la formación suficiente para cambiar de campo de actividad sin sufrir traumas; y con mecanismos para llevar a la práctica las iniciativas innovadoras de todo el personal. Además, parece lógico pensar que se debe eliminar todas aquellas trabas administrativas innecesarias (ejem: procedimientos interminables para aprobar una idea o proyecto), que frenan el impulso creador del personal.

Financiamiento

Las nuevas capacidades exigidas al personal, las nuevas herramientas y la mayor complejidad de los temas a investigar significan elevar costos. Además, la necesidad de dar un estímulo a los investigadores innovadores, y solucionadores de problemas,

también significa poder disponer de mayores recursos. Por ello, estamos ante una situación de mayores demandas de financiamiento.

El financiamiento de la investigación agropecuaria nacional está constituido por aportes fiscales directos, fondos regionales, fondos concursables estatales, nacionales o extranjeros, o aportes de privados.

El aporte estatal

En EE.UU., el Gobierno invierte, anualmente, 1.800 millones de dólares en investigación para la agricultura (Antle y Wagenet, 1995). En Chile, el aporte estatal directo a la investigación agropecuaria alcanza a unos 20 millones de dólares anuales. Expresado en forma relativa a la población, Chile sólo invierte, per cápita, sólo un 12 % de lo que invierte EE.UU.

En INIA, principal organismo de Gobierno dedicado a la investigación para la agricultura, el aporte directo, en 1998, fue en torno a un 39 % de su presupuesto, el resto proviene de fondos concursables (15%), contratos de investigación con el sector privado (4%), entradas propias por venta de servicios, activos o productos (42%). La situación en EE.UU., en 1992, era de un 50 % de aporte público directo, 31 % de agencias federales y 19 % de otras fuentes (Fisher y Zuiches, 1994). Por lo tanto, se podría decir que, en Chile, la investigación agropecuaria está más privatizada que en EE.UU.; por los planes de aumentar los aportes del Gobierno a la investigación, es posible que nos mantengamos, por algún tiempo, en las cifras proporcionales actuales.

Aunque en EE.UU. se ha decidido asignar los recursos, para investigación del sector federal por un sistema competitivo de "revisión por pares", ello no es así en la actualidad, ya que sólo el 6 % de los fondos se asignan por ese sistema (Fisher y Zuiches, 1996). En Chile la asignación de recursos por fondos concursables, en INIA, es del orden de un 15 %. No cabe duda que ésta es la forma en que se asignará recursos en el futuro cercano, mientras no se disponga de un sistema mejor.

Nuevas fuentes de financiamiento

En EE.UU., el reconocimiento de la necesidad de mantener una investigación, en producción agropecuaria activa, ha conducido a desarrollar organizaciones que colectan parte de los fondos de las ventas que hacen las asociaciones de productores, quienes reciben, en cambio, los resultados de las investigaciones y las entregan a sus miembros.



OTRAS CONSIDERACIONES

Equipos interdisciplinarios de investigadores

La formación y manejo de equipos interdisciplinarios de investigadores es una necesidad para la solución de problemas complejos, sin embargo, la formación y coordinación de equipos multidisciplinarios y su manejo no es fácil. Las simpatías personales y otros aspectos dificultan la marcha de estos equipos.

Tendencia de la demanda

Una tendencia muy clara en las demandas, que se hace a los investigadores nacionales desde hace más de 20 años, es participar en nuevas tareas (transferencia de tecnología, consultorías, evaluaciones del personal, asesorías, producción, etc.). Ello atenta contra la dedicación que requiere el investigador para realizar una investigación de calidad. No parece posible, ni conveniente, evitar que esto ocurra en un 100 %, pero sí es aconsejable limitar este tiempo, quitado a la investigación, al mínimo. Esta situación parece nacer de la idea que el desarrollo del país o las necesidades económicas o de mercadeo institucional, son más valiosas que los resultados de la investigación y de la idea que un profesional, altamente capacitado para investigación, debe ser también un buen asesor o consultor en producción. Esto es un profundo error, ya que esas actividades no requieren de personal tan calificado y escaso, por otro lado, pueden ser realizadas por numerosas instituciones o empresas. Además, las inversiones totales que el país hace en esas actividades, son de una magnitud muy superior a la inversión en investigación, basta ver la cifras INDAP para desarrollo, o las que maneja el sector privado y universidades en transferencia de tecnología o mercadeo, y compararlas con las inversiones en Investigación, para apreciar que el desviar los escasos recursos de investigación no contribuirá, significativamente a esas actividades, pero sí reducirá en forma importante la producción de la investigación.

Restricciones administrativas

Las restricciones administrativas crecientes; costos crecientes de administración, normas, regionalización, y otras deben ser reducidas para no inhibir las iniciativas, no limitar la cooperación entre equipos de investigadores de los diferentes Centros de Investigación, o entre Departamentos de un mismo Centro. Algunas normas que dan atribuciones de veto a Directores, para no autorizar la participación de investigadores en equipos en otros grupos de investigadores, de otros departamentos o centros de investigación, por

ejemplo, son percibidas como una restricción que no contribuye a agilizar la formación de equipos multidisciplinarios.

Prioridad del tipo de investigación

Una tendencia muy preocupante en la investigación agropecuaria chilena es aquella que da una alta prioridad, o valor a la investigación hecha en laboratorios, en desmedro de la investigación de campo. Ello se ha intensificado en los últimos años por las expectativas que ha creado la biotecnología. Sin desconocer la necesidad del apoyo, y las importantes contribuciones que se puede obtener de las experiencias y análisis de laboratorio, para el investigador experimentado en el campo agropecuario, esta tendencia es lamentable. Los ensayos de campo son la principal herramienta para generar información agronómica confiable; se sabe que los resultados obtenidos al nivel de laboratorio no son repetibles en el campo, y no es posible hacer investigación de nivel ecológico en los laboratorios. Ello nace de la organización jerárquica de los sistemas naturales: átomos en moléculas, moléculas en polímeros, fosfolípidos y proteínas en membranas, membranas en organelos, éstos en células, éstas en organismos, éstos en poblaciones y éstas en ecosistemas. Cada nivel tiene propiedades que les son propias y que no quedan definidas por los otros niveles (Giordan, 1996). Se sabe que los controles, o cibernética al nivel de ecosistemas (nivel al que trabaja el ingeniero agrónomo), no se da por los fenómenos de nivel molecular, o de las células, sino a un nivel más cercano, el de las poblaciones de organismos o, a lo sumo, al nivel de los organismos. Aunque el nivel ecosistema no puede violar las leyes químicas, o termodinámicas de sus componentes, el control de los procesos y fenómenos a ese nivel, necesarios para el manejo de ellos, está muy alejado de los niveles moleculares, en varios órdenes de magnitud: 0,001 m para el tamaño de los coloides a 10 m para un cultivo, (Allen *et al.*, 1984; McGill y Myers, 1987). Los últimos autores advierten del peligro de la extrapolación de los conocimientos adquiridos a un nivel inferior, para hacer predicciones a un nivel superior y viceversa. Por otra parte, la experiencia indica que es necesario trabajar simultáneamente a dos niveles.

Lazos inter organizaciones

Es necesario construir lazos entre organizaciones de investigación pública y empresas privadas en temas de interés mutuo. En este sentido, parece lógico favorecer investigaciones que complementen capacidades, pero que no signifiquen competencia entre instituciones privadas y públicas. Esto porque hay una creciente dificultad para que la sociedad

perciba el beneficio social de las organizaciones públicas, sobre todo al atacar problemas junto a la empresa privada, la que está más cercana al consumidor y que, posee un sistema de mercadeo, y de propaganda, mejor que las organizaciones públicas para hacer resaltar sus aportes a la sociedad.

NUEVOS CAMPOS PARA LA INVESTIGACIÓN

Algunos de los nuevos campos para la investigación y capacidades del país son los siguientes:

La problemática ambiental

La problemática ambiental es uno de los grandes temas que interesa a la sociedad actual. Sin embargo, hay muy poca información científica confiable, sobre la cual apoyarse para la toma de decisiones. Así, la real magnitud del impacto ambiental, los criterios, índices, límites críticos, etc. son establecidos con poca base objetiva. Igual cosa sucede con las opciones de mitigación o atenuación de los impactos. En este sentido, las tecnologías aparentemente no agresivas con el medio ambiente (como el control biológico, plantas o animales transgénicos, cero labranza, etc.) requieren de mayor investigación para un mejor conocimiento de sus eventuales efectos secundarios nocivos.

La calidad y sanidad de los alimentos

Este tema no es nuevo, pero no ha sido atacado en toda su amplitud quedando mucho que hacer. No cabe dudas que, uno de los aspectos que hace más competitivo un producto es su calidad. En este tema, la agricultura chilena está atrasada y requiere de esfuerzos serios para cambiar. Nuestra agricultura de exportación debe mejorar su calidad. El gran efecto de este factor se puede apreciar en lo que ha sucedido con la producción de vinos, donde se ha cambiado desde producir a bajo costo a producir vinos de calidad. Por otra parte, la falta de calidad de nuestras carnes, y particularmente de los mataderos, impide que Chile pueda ofrecer este producto al mercado mundial.

El campo urbano

Si se considera que el grueso del dinero del país se encuentra en las zonas urbanas y que hay una gran demanda de información y tecnologías para las plantas de jardines y parques, parece apropiado pensar cómo los ingenieros agrónomos podrían contribuir a solucionar los problemas que enfrentan las dueñas de casa, y las municipalidades, en aspectos fitopatológicos, nutricionales, de plantas y otros. Con el proyecto de INIA, con la Municipalidad

de Las Condes, para usar el control biológico, sólo se está explorando un aspecto de la problemática, el que podría ampliarse enormemente. Muchos de los ingenieros agrónomos especialistas tienen la capacitación adecuada, e INIA y universidades cuentan con la infraestructura de apoyo para éllo.

La zona peri urbana

Ésta es la zona que está constituida de parcelas, de distintos tamaños, donde se produce un cambio de uso del suelo, o los propietarios buscan mejorar su calidad de vida, combinando actividades de producción y de recreo. Ello requiere de un análisis y búsqueda de soluciones para ese sector (Dascal y Villagrán, 1995). Se requiere de soluciones a situaciones que mezclan problemas de la ciudad con problemas agronómicos productivos.

LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

La transferencia de tecnología, además de ser la continuación lógica del uso de la información generada por la investigación, es altamente rentable. Los estudios hechos sobre la rentabilidad del proceso de transferencia de tecnología dan valores tanto, o más altos, que para la Investigación.

Por esta causa se debe revitalizar este tipo de actividad. Sin embargo, Chile invierte más en esta actividad que en investigación. Así, el INDAP, el SAG, la CONAF, empresas privadas, universidades y ONGs dedican grandes esfuerzos en esta tarea. Sin embargo, no cabe duda que el país requiere mejores sistemas de transferencia que los actuales.

El flujo de información científica y tecnológica, generado por la investigación, se puede esquematizar de la siguiente manera:



Para que la sociedad optimice el producto de la inversión en Investigación, parece obvio que es necesaria la existencia de un canal que haga fluir la información del investigador a los usuarios. Este



canal es el llamado transferencia de tecnología. Lamentablemente, éste se ha debilitado considerablemente en Chile y sería muy conveniente reorganizarlo.

CONCLUSIONES

1.- El sentimiento actual de algunos pensadores y de la opinión pública es de miedo y desconfianza hacia los aportes de la Ciencia y Tecnología.

2.- Dado las enormes ventajas que la Ciencia y Tecnología ofrecen a las sociedades que las protegen, no es concebible un futuro sin ellas. Por otra parte, no hay alternativas mejores para generar conocimientos y tecnologías.

3.- El dramático cambio del papel de la agricultura en las sociedades significa una reducida y decreciente importancia económica y social para esta actividad.

4.- Sin embargo, ese cambio no significa que sea posible, ni razonable, dejar de hacer agricultura, ya que no hay otra alternativa conocida de producir alimentos. La agricultura sigue siendo económica, social y geopolíticamente importante.

5.- El apoyo estatal a la investigación agropecuaria se puede ver disminuido, ya que la agricultura ha perdido importancia económica, social y política.

6.- En nuestro país los planes de Gobierno son incrementar el apoyo a la Ciencia y Tecnología.

7.- Han surgido nuevos temas, tales como la agricultura sustentable, la agricultura de precisión, la "quemigación", la calidad de los productos agropecuarios, los efectos en el medio ambiente, etc., que requieren de investigación.

8.- Se han desarrollado nuevas herramientas que mejoran o permiten nuevas maneras de hacer investigación: las biotecnologías, el análisis de imágenes, los sistemas de información geográficos, los biosensores, etc.

9.- La organización tradicional de las empresas e instituciones debe ser ajustada a los nuevos tiempos, ello significa más liderazgo que autoridad, mayor capacidad para ajustarse a los cambios, menor número de niveles jerárquicos, más participación del personal en la toma de decisiones, menos centralización.

10.- Por la mayor competencia y por las dificultades de financiamiento de la investigación agropecuaria, es necesario buscar nuevas fuentes para obtener financiamiento.

11.- Las instituciones de investigación agrícola desarrollaron capacidades adecuadas a la solución de los problemas tradicionales de la agricultura. Con la disminución de la importancia relativa de ese sector y por el enorme peso que ha tomado la ciudad, se debe pensar en otros campos en los cuales esta capacidad e infraestructura puedan ser usadas.

12.- La transferencia de tecnología se ha debilitado fuertemente en los últimos tiempos, situación que se debe cambiar e impulsar nuevamente esta actividad.

LITERATURA CITADA

- ALLEN, T. F. H., R.V. O'NEILL, and T.W. HOESKSTRA, 1984. Interlevel relations in ecological research and management: some working principles from hierarchy theory. USDA-FS, General Tech. Rep. RM-110
- ANTLE, J.M. and R.J. WAGENET. 1995. Why scientist should talk to economists? *Agron. Journal* 87 (6): 1033 - 1040.
- BYERLEE, D. 1997. Financing the National Agricultural Research Institutes: International Perspectives. Notes prepared for the Procisur workshop on Financing and Institutional Change in the National Agricultural Research Institutes, Dec 1-2, 1997, Asunción, Paraguay.
- COHEN, L.R and R.G. NOLL. 1994. Privatizing public research. *Scientific American* 271(3): 58-63.
- DASCAL, G. y J. VILLAGRAN. 1995. La perurbanización y la agricultura metropolitana: Aspectos claves del ordenamiento territorial en la periferia urbana de Santiago. *Revista de Geografía Norte Grande* 22: 35-39.
- FIGUEROA, E., G.DONOSO, G.LAGOS, R. ALVAREZ, y J. MUÑOZ. 1996. Sustentabilidad del sector exportador chileno. pp 47-86. En: Sunkel, O. (ed.) *Sustentabilidad ambiental del crecimiento económico chileno*. Universidad de Chile, Santiago. 380 p.
- FISHER, J.R and J.J ZUICHES. 1994. Challenges confronting Agricultural Research at Land Grant Universities. Council for Agricultural Science and Technology. Noviembre 1994. 5:1-12.
- FULLERTON, D. and STAVINS. 1998. How economists see the environment. *Nature* 395:433-434.
- FUKUYAMA, F. 1992. El fin de la historia y el último hombre. Planeta, Barcelona, España, 80 p.
- GIORDAN, A. 1996. Voici venue l'ére de la physionique. *La Recherche*. Février 1995. pp 81-86.
- HAAPALA, H. E. S. 1995. Position Dependent Control (PDC) of plant production. *Agricultural Science in Finland* 4(3): 239-350.
- McGILL, W.B. and R.J.K. MYERS. 1987. Controls on dynamics of soil and fertilizer nitrogen. pp 73-99 In: Mortvedt, J.J; Buxton, D.R and Mikelson, S.H. (eds.) *Soil Fertility and Organic Matter as Critical Components of Productions Systems*. Soil Science Society of America Special Publication Number 19. Madison, Wisconsin, USA. 166 p
- NOVOA, R. 1995. En busca de una explicación para la situación de la investigación agropecuaria actual. *Agricultura Técnica* 55 (2): 75-85
- NORTHROP, F.S.C. 1948. El encuentro de Oriente y Occidente. E.D.I.A.P.S.A. México. 654 p.
- ORTEGA, R., PEREZ, C., DIAZ, K. y CLARET, M. 1999. Agricultura de Precisión. Introducción al manejo sitio específico. Serie Quilamapu 129. 146 p.
- POLKINGHORNE, J. 1996. Beyond Science. Cambridge University Press. 131 p.
- ROGOFF, M. H. and S.L. RAWLINS, 1987. Food security: a technological alternative. *BioScience* 37: 800 - 807.
- RUTTAN, V. W. 1996. Research to achieve sustainable growth in agricultural production into the 21 century. *Can. Jour. Plant Pathol.* 17 (2): 123-132
- SANTIBAÑEZ, F., E. ACEVEDO, M. PERALTA, A. DE LA FUENTE, J. ARIAS, H. MANTEROLA, R. CHATEAUNEUF, W. HERMOSILLA, C. DE LA MAZA, y M. RODRÍGUEZ. 1996. Escenarios de crecimiento del sector agrario y posibles cambios de uso del suelo. pp 215 - 241. En: Sunkel, O. (de.) *Sustentabilidad ambiental del crecimiento económico chileno*. Universidad de Chile, Santiago. 380 p.
- SUNKEL, O. 1996. Los desafíos de la sustentabilidad del desarrollo nacional. pp 13- 24. En: Sunkel, O. (Ed.) *Sustentabilidad ambiental del crecimiento económico chileno*. Universidad de Chile, Santiago. 380 p.
- TEITELBOIM, C, 1966. *El Mercurio*, 26 Agosto 1996.
- TURRENT, F. A .1994 Agricultura sustentable: producción de plantas alimenticias. En *Primer Congreso Mundial de Profesionales de la Agricultura*. Septiembre 1994. Santiago, Chile. 17 p.



**EVOLUCIÓN DE CITRAL Y LIMONENO EN EL ACEITE ESENCIAL DE LIMÓN
(*Citrus limon* (L.) Burm.) EN VARIEDADES EUREKA Y GÉNOVA¹**

**CITRAL AND LIMONENE EVOLUTION IN LEMON (*Citrus limon* (L.) Burm.)
ESSENTIAL OIL**

JOSÉ A. OLAETA, PEDRO UNDURRAGA y ALEJANDRA LARENAS

Facultad de Agronomía Universidad Católica de Valparaíso.

E-mail: jolaeta@ucv.cl.

RESUMEN

Se estudió la evolución de los compuestos citral y limoneno en el aceite esencial de limón (*Citrus limon* (L.) Burm.) en las variedades Eureka y Génova. Se efectuaron 10 muestreos a intervalos de una semana desde marzo a junio de 1999, eligiendo cuatro frutos al azar, en cada evaluación, por cada variedad.

El aceite esencial obtenido se extrajo utilizando el método de prensado en frío del serrín del flavedo, el que se congeló para luego ser inyectado en un cromatógrafo de gases HP 5890 serie II equipado con un detector FID.

Se determinó que las variedades Eureka y Génova no presentaron diferencias en los porcentajes de citral y limoneno obtenidos en el aceite esencial de los frutos, aumentando sus niveles a medida que aumentó el grado de madurez de los frutos. Se determinó también que el limoneno es el compuesto más importante en el aceite esencial de estas variedades, alcanzando valores promedios aproximados de 33 % y el citral alcanzó valores de 1,6%.

Palabras clave: Limón, Limoneno, Citral, Eureka, Génova.

ABSTRACT

Citral and limonene were studied in lemon essential oils, extracted from cultivars Eureka and Genova. Weekly samples were taken between March and June 1999, taking 4 fruits at random each time per cultivar. Essential oil was extracted by cold pressing fruit walls. Oil samples were kept frozen until analysis with gas chromatography. The cultivars tested did not differ in the contents of citral and limonene. Both compounds increased with fruit development. Limonene was the most common compound in the oil, with average levels of about 33%. Citral averaged 1.6% at the end of the fruit development period.

Key Words: Lemons, Limonene, Citral, Eureka, Genova.

¹ Proyecto financiado por FONDEF AI-04.

INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales de cítricos, localizados en sacos oleosos del flavedo, son utilizados en la industria de alimentos como bebidas, confitería, aromas, saborizantes, helados y gomas entre otros. (Sepúlveda y Sáenz, 1984; Huet, 1991).

El contenido de aceite esencial de limón depende, entre otros factores, de la variedad, condiciones de cultivo, incidencias climatológicas, tamaño del fruto, grado de madurez, época de cosecha. (Sepúlveda y Sáenz, 1984; Braddock y Cadwallader, 1992; Usai *et al.*, 1996) y su valoración de calidad se basa, preferentemente, en su aroma característico y en la intensidad de su color (Reyes y Yamada, 1985), la cual es determinada en gran medida por las concentraciones de limoneno y citral presentes en el aceite (Cabra, 1990; Kimball, 1991, Chamblee, *et al.*, 1991).

Chile, produce limones en una condición climática fría y húmeda (Razeto 1987; Razeto 2000; Razeto 2001), lo que puede afectar la composición del aceite esencial y por lo tanto su calidad para ser utilizado en la industria de alimentos.

En la presente investigación se determinó la evolución de los componentes citral y limoneno en limón variedades Eureka y Génova.

MATERIALES Y MÉTODO

Frutos de limón (*Citrus limon* (L). Burm.) de las variedades Eureka y Génova, cultivados en la localidad de Mallarauco, Provincia de Melipilla, Región Metropolitana, con una fecha de cuaja similar, fueron marcados en el mes de diciembre y luego cosechados cada 7 días aproximadamente, desde el 30 de marzo y hasta el 2 de junio de 1999, completándose un total de 10 mediciones, determinándose la evolución del porcentaje de citral y limoneno presentes en el aceite esencial.

Para cada variedad, se marcaron cuatro árboles que constituyeron las repeticiones, y de cada árbol se marcaron 90 frutos de diámetro similar (aprox. 2,5 cm diámetro). En cada cosecha se recolectó un fruto por árbol, por variedad, el que fue llevado al laboratorio donde se le separó el flavedo con un rallador metálico. La ralladura (serrín) se colocó en un pocillo de cerámica y se le adicionaron 15 mL de diclorometano y con un vástago se maceró la mezcla, para luego colocar en viales de 30 mL el líquido más una pequeña cantidad de ralladura, se taparon los viales y se dejaron a -18°C por tres horas, para que se congelara toda el agua y ceras, quedando sólo el aceite disuelto en el solvente orgánico. Se tomaron 3 microlitros de la muestra y se inyectaron en un cromatógrafo de gases marca HP 5890 serie II equipado con un detector FID. Utilizando una columna capilar Ultra 1 (crosslinked methyl silicone gum) de 25mx 0,32mm x 0,52µm de grosor del film, a una temperatura de 150°C, utilizando Nitrógeno como gas transportador.

Los cromatogramas obtenidos en cada variedad, fueron comparados con valores obtenidos con patrones puros de limoneno y citral, para luego determinar sus niveles.

El modelo estadístico utilizado fue completo al azar con arreglo factorial de 2x10 (2 variedades y 10 fechas de cosecha), con cuatro repeticiones, la unidad experimental correspondió a un limón:

$$Y_{ij} = \mu + V_i + F_j + V_i F_j + \text{Error}$$

$$i = 1, 2 \quad j = 1, \dots, 10$$

De existir diferencias significativas se compararon las medias, utilizando el test de Tukey al 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En ambas variedades el nivel de limoneno y citral aumentaron su porcentaje a medida que avanzó la madurez de los frutos, no encontrando diferencias significativas entre ellas. (Tablas 1 y 2). Se observa, en ambos cuadros, que el 15 de abril para la variedad Génova y el 28 de abril para la variedad Eureka, un valor numérico más elevado de los niveles de limoneno y citral, similar al nivel logrado al final del periodo de desarrollo del fruto. Esto coincidió, en ambas variedades, con el nivel de madurez denominado "plateado" (datos observados y no reportados en este estudio). Esta situación es similar a lo reportado por Yajaira, *et al.*, (1994); Sepúlveda y Sáenz (1984), y Kimball (1991), que encontraron que el mayor porcentaje de aceite en el fruto se obtiene con limones plateados, esto debido, probablemente, a que en ese estado de desarrollo, el fruto ha completado los procesos de síntesis de aceite esencial y se encuentra con un mayor turgor, antes de iniciar su proceso de senescencia. Posteriormente, al final del periodo de cosecha (28 de mayo y 2 de junio), los niveles de limoneno y citral se incrementaron.

Tabla 1. Porcentaje de Limoneno en el aceite esencial de limón variedades Eureka y Génova.
Table 1. Limonene content in the essential oil of lemon cvs. Eureka and Genova.

	Génova	Eureka
30 Marzo	12,28 a	13,81 a
6 Abril	26,14 bcd	24,45 bc
15 Abril	27,69 bcd	27,88 bc
21 Abril	22,96 bc	24,12 bc
28 Abril	21,28 b	21,28 bcd
05 Mayo	21,93 b	27,88 bc
12 Mayo	24,57 bc	25,92 bc
19 Mayo	24,34 bc	25,31 bc
28 Mayo	28,79 cd	29,65 cd
02 Junio	32,35 cd	32,21 d

Letras iguales en una misma columna no muestran diferencias significativas según Tukey < 0,05.



Tabla 2. Porcentaje de Citral en el aceite esencial de limón variedades Eureka y Génova.

Table 2. Citral content in the essential oil of lemon cvs. Eureka and Genova.

	Génova		Eureka	
30 Marzo	0,57	a	0,52	a
6 Abril	1,04	bc	0,98	bc
15 Abril	1,20	bc	1,00	bc
21 Abril	0,90	ab	1,05	bc
28 Abril	0,84	ab	1,28	cd
05 Mayo	0,95	ab	0,78	ab
12 Mayo	1,00	b	0,94	abc
19 Mayo	0,96	ab	0,99	bc
28 Mayo	0,96	ab	1,15	bc
02 Junio	1,41	c	1,65	d

Letras iguales no muestran diferencias significativas según Tukey < 0,05.

El mayor componente del aceite esencial, en ambas variedades, correspondió al limoneno, sin embargo, los niveles alcanzados en este ensayo fueron menores a aquellos reportados en la literatura. En citral en cambio, los valores obtenidos correspondieron a los rangos, mínimos reportados por la literatura (Sepúlveda y Sáenz 1984 y Melendreras *et al.*, 1985; Kimball, 1991; Chamblee, *et al.*, 1991; Cotroneo *et al.*, 1984, Dellacassa *et al.*, 1995; Ojeda de Rodríguez *et al.*, 1998; Dugo, 1994). Esto debido, probablemente, a que en Chile, el fruto se desarrolla a una temperatura ambiente menor, por su ubicación septentrional.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados se puede concluir que, las variedades Génova y Eureka, no presentan diferencias en los porcentajes de citral y limoneno en su aceite esencial, aumentando sus niveles a medida que aumenta el grado de madurez de los frutos. Se determinó también que el limoneno es el compuesto más importante en el aceite esencial de estas variedades, alcanzando valores promedios aproximados de 33 % con relación al volumen.

LITERATURA CITADA

BRADDOCK, R. J. and CADWALLADER, K. R. 1992. Citrus by-products manufacture for food use. *Food Technology* 46(2):105-110.

CABRA, E. 1990. Los aceites esenciales. Panorama internacional y del mercado Colombiano. *Rev. Alimentos* 15(2):29-36.

CHAMBLEE, T., CLARK, B., BREWSTER, G., RADFORD, T. and IACOBUCCI, G. 1991. Quantitative analyses of the volatile

constituents of lemon peel oil. Effects of silica gel chromatography on the composition of its hydrocarbon and oxygenated Fractions. *J. Agric. Food Chem.* 39(1):162-169.

COTRONEO, A., A. VERZERA, G. LAMONICA, G. DUGO and G. LICANDRO. 1984. On the genuineness of citrus essential oils produced from Sicilian lemons using "Pelatrice" and "Sumatrice" extractors during the entire 1983/1984 season. *Flavor and Fragrance Journal* 1(2)69-86.

DELLACASSA, E., ROSSINI, C., LORENZO, D. and MOYNA, P. 1995. Uruguayan essential oils. Part III. Composition of the volatile fraction of lemon essential oil. *J. Ess. Oil Res.* 7: 25-37.

DUGO, G. 1994. The composition of the volatile fraction of the Italian citrus essential oils. *Perfum. Flavor.* 19 : 2951.

HUET, R. 1991. Les huiles essentielles d'agrumes. *Fruits* 46 (6) : 671683.

KIMBALL, D. 1991. Citrus processing: quality control and technology. New York, U.S.A., Chapman & Hall. 473 p.

MELENDRERAS, F., LAENCINA, J., FLORES, J. y GUZMAN, G. 1985. Aceites esenciales de frutos de variedades de limonero (*Citrus limón* (L.) Burm.). *Rev. Agroquímica y Tecnol. de Alimentos* 25(1):133-143.

OJEDA DE RODRÍGUEZ, G., MORALES DE GODOY, V., GONZÁLEZ DE COLMENARES, N., CABRERA SALAS and SULBARAN DE FERRER B. 1998. Composition of venezuelan lemon essential oil *Citrus limon* (L.) Burm.f.. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 1998, 15: 343-349.

RAZETO, B. 1987. Desórdenes fisiológicos en cítricos. *Revista Aconex* 17: 13-17

RAZETO, B. 2000. La peteca del limón y su relación con el clima. *Revista Aconex* 66:23-24.

RAZETO, B. 2001. Lemon spot (Peteca) and its weather relationships. *Revista Aconex* 70: 31-32.

REYES, Y. y YAMADA, C. 1985. Rendimiento y características del aceite esencial de dos variedades de naranja (*Citrus sinensis* (L) Osbeck): Chilena y Valencia en distintos estados de madurez. Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 98 p.

SEPÚLVEDA, E. y SÁENZ, C. 1984. Contenido y características del aceite esencial de limón (*Citrus limón*). *Rev. Chilena de Nutrición* 12(1):47-50.

YAJAIRA, M., BLANCO, C. and STASHENKO, E. 1994. Limonene concentration in lemon (*Citrus volkameriana*) peel oil as a function of ripeness. *Journal of High Resolution Chromatography* 17:643-646.

USAI, M., PICCI, V. and ARRAS, G. 1996. Influence of cultivar on the composition of lemon peel oil. *Journal of Essential Oil Research.* 8(2):149- 58.

Agradecimientos Se agradece el aporte financiero de FONDEF y del Sr. Germán Errázuriz Arnolds

EFFECTOS DEL CALIBRE Y MADUREZ DE LIMONES cv. FINO 49, SOBRE EL DESARROLLO DE PETECA EN ALMACENAJE REFRIGERADO¹

“EFFECT OF FRUIT SIZE AND MATURITY STAGE ON THE INCIDENCE OF PETECA IN LEMON FRUIT UNDER COLD STORAGE”

PEDRO UNDURRAGA, JOSÉ A. OLAETA, CARMEN G. LUTTGES
y ROSSANA SUÁREZ

Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Valparaíso.

E-mail: pundurra@ucv.cl

RESUMEN

La peteca es un desorden fisiológico que se caracteriza por manchas necrosadas y hendidas en la corteza del limón y se manifiesta principalmente en postcosecha. No se sabe realmente cuáles son sus causas, pero se cree que estaría relacionado con desbalances a nivel del calcio y a bajas temperaturas junto a una elevada humedad del aire durante el período de maduración. Se sabe que los tejidos afectados presentan cristales de oxalato de calcio en abundancia, pero no hay conocimiento de las causas que predeterminarían su formación.

El objetivo del ensayo consistió en evaluar el calibre y el estado de madurez al momento de la cosecha sobre la incidencia de peteca, y evaluar algunos factores que podrían estar relacionados con este desorden, tales como oxalatos de calcio y porcentaje de calcio en la corteza.

Se utilizaron limones cv. Fino 49, con dos estados de madurez, amarillos y plateados, y con tres tamaños, grande, mediano y pequeño. Se les analizó las variables peteca, porcentaje de calcio en corteza en dos fechas de evaluación. La primera medición se realizó el día 0, y luego de mantener los limones almacenados en cámara refrigerada a $7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 40 días, se les realizó una segunda evaluación. Además de estas mediciones se cuantificó la concentración de oxalatos de calcio presentes en los tejidos de limones con y sin peteca luego de 40 días de almacenaje refrigerado, y se complementó con un análisis histológico a los respectivos tejidos.

Al analizar la intensidad del daño causado por peteca, los limones amarillos fueron significativamente más susceptibles de manifestar el daño, dentro de cuales, limones más pequeños fueron los más afectados. En el tejido con peteca se encontró gran cantidad de cristales de oxalato de calcio. El calcio también estaría participando en la aparición de peteca, ya que limones con daño presentaron mayor contenido de calcio en la corteza.

Palabras clave: Limón, peteca, Fino 49, Almacenaje refrigerado.

ABSTRACT

Peteca is a physiological disorder consisting of depressions and necrotic spots on the surface of the fruit, normally occurring during post-harvest. The cause of this disorder is not known, but there is evidence that it is related to calcium imbalances, and the combination of low temperature and high humidity during fruit maturation. Affected tissues show abundant calcium oxalate crystals, but there is no information on the factors that lead to the disorder.

The effect of fruit size and maturity stage at harvest on the incidence of *peteca*, and the factors that could be related to this disorder, such as the presence of calcium oxalates and calcium content in the fruit rind were studied.

Fruit from cultivar Fino 49 was used, with two maturity stages, yellow and silver, and three sizes, small, medium and large. The incidence of the disorder and calcium content were measured at harvest and after 40 days of storage at $7\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Calcium oxalates in tissues of affected and sound lemons were measured at the end of storage, which was complemented with histological analysis of the respective tissues.

Yellow fruit, particularly the smallest ones, showed a higher incidence of the disorder. The affected tissue had large quantities of calcium oxalate crystals. Calcium content in the fruit rind seems to be related to the disorder, since fruit with the symptoms had higher calcium levels.

Key Words: Lemons, *Peteca*, Lemon spot, Fino 49, Cold storage.

¹ Proyecto Financiado por FONDEF AI-04



INTRODUCCIÓN

La peteca es un desorden fisiológico que afecta a limones, caracterizándose por el desarrollo de lesiones necrosadas y hendidas, que comprometen el albedo y flavedo, afectando la presentación de la fruta (Latorre, 1992; Khalidy et al., 1969). Este desorden se manifiesta especialmente después de la cosecha o en frutos almacenados y su incidencia y severidad se vinculan con las condiciones de manejo y de ambiente del huerto, (Artes et al., 1993; Razeto 1987, 2001) siendo una causal importante de pérdida de calidad en el fruto.

La presencia de peteca se ha relacionado con desbalances nutricionales de calcio y potasio en la epidermis (Latorre, 1992). El desorden comienza en el albedo, donde las células se encuentran secas y contraídas, pudiendo ser éstas de un color blanco o ligeramente incoloras. Posteriormente el daño se extiende al flavedo, donde las glándulas de aceite se oscurecen antes que las células epidermales vecinas, formando una depresión producto del recogimiento de la superficie de la corteza del limón (Khalidy et al., 1969; Eckert y Eaks, 1989).

Limones con peteca se han relacionado con presencia de cristales oxalato de calcio, los cuales se han encontrado en abundancia en su corteza (Khalidy et al., 1969; Ilarslan et al., 1997; Libert y Franceschi, 1987). Éstos se formarían de manera natural dentro de la planta para metabolizar compuestos nocivos como ácido oxálico en altas concentraciones, lo que ocurriría a expensas del calcio del fruto, provocando ruptura de paredes celulares e influyendo en la manifestación de este problema (Palma et al., 1998). En efecto, los mismos autores utilizando microscopía electrónica de barrido, reportan que células colapsadas por peteca

tienen completamente desintegrada la pared celular, existiendo en su interior una gran proliferación de cristales con forma de drusas y rafidos probablemente de oxalato de Ca.

En la presente investigación, se estudió el efecto del calibre y la madurez sobre la incidencia de peteca en frutos almacenados y la relación entre la presencia de cristales oxalato de calcio y la incidencia de peteca en el fruto.

MATERIALES Y MÉTODO

Frutos de limón (Citrus limon L. Burm) del cultivar Fino 49 cultivados en la Estación Experimental La Palma – Quillota, Chile, fueron cosechados en julio del 2000 con dos estados de madurez: plateados y amarillos, y con tres calibres: Grande (95), mediano (140) y pequeño (200).

La fruta, separada por madurez y calibre, se limpió con agua y se inspeccionó. Para cada tratamiento se seleccionaron 20 frutos con calidad exportable, los que se colocaron en bandejas de plástico de 60 x 40 x 6 cm, previamente desinfectadas y luego almacenadas por 40 días en cámara de almacenaje refrigerado a 7 °C (±1°C) con 90% de humedad relativa.

Al inicio del almacenaje (día 0) y al final de éste (día 40), a los frutos se les determinó: presencia de peteca, de acuerdo a una escala arbitraria descrita en la Tabla 1, contenido de calcio total en la corteza, por digestión ácida (Bailey, 1985), donde la concentración del elemento se determinó por espectroscopía de absorción atómica. Al final del almacenaje (40 días), se determinó contenido de calcio en la corteza, tanto a frutos sanos, como a aquellos que desarrollaron peteca.

Tabla 1. Escala de daño por peteca en limones cv. Fino 49. Table 1. Peteca damage scale in lemons cv. Fino 49.

Table with 4 columns: Escala, N° Manchas, Superficie dañada por peteca, Nivel de daño. Rows show levels 0 to 3 with corresponding spot counts and surface areas.

Nivel de oxalato de calcio en la corteza, se determinó solamente a los 40 días de almacenaje, en limones con y sin desarrollo de peteca, y en los primeros, tanto en el tejido necrosado como en el sano. Se empleó la metodología descrita por Zindler-Frank (1976),

modificada por Ilarslan et al., (1997) y adaptada para limones. Para ello, trozos de corteza, albedo y flavedo, de 1cm² fueron secados a 60°C en estufa hasta peso constante. Se pesaron 0,03 g de muestra seca y se mantuvo en etanol 95% por 16 horas, se lavó con agua

destilada y se dejó en estufa durante 10 min. Luego se trató con NaOCl 2,5% por 8 horas, se lavó con agua y luego se secó en estufa a 60°C por 16 horas para la posterior extracción de los oxalatos de calcio (Frank 1976, citado por Iarlam *et al.*, 1977).

Complementando estos análisis, en frutos almacenados por 40 días, se realizaron cortes histológicos en tejidos de limones sanos y que desarrollaron peteca, tanto en tejidos sin y con necrosamiento. Los cortes se prepararon siguiendo las etapas tradicionales de la técnica de microscopía electrónica, determinando presencia o ausencia de cristales tipo rafidos, similares a los que forma el oxalato de calcio.

El diseño experimental correspondió a un modelo completamente al azar y las separaciones de media para la incidencia de peteca, se analizaron utilizando

el Test no-paramétrico de Kruskal Wallis, considerando un error del 5%. Se trabajó con tres factores: dos estados de madurez, tres calibres y dos fechas de evaluación, lo que dio origen a 12 tratamientos.

El porcentaje de calcio, y la cuantificación de oxalatos, es informado sólo en forma referencial, toda vez que no se pudo contar con el número suficientes de repeticiones para realizar un análisis estadístico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Presencia de peteca

Limones amarillos y plateados, al inicio del ensayo (día 0) no presentaron peteca, y solo la desarrollaron después de 40 días de almacenaje refrigerado, interactuando el calibre con el estado de madurez (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto del estado de madurez y del calibre sobre el porcentaje de peteca en limones cv. Fino 49 almacenados por 40 días a 7°C.

Table 2. Effect of maturity stage and size on peteca percentage in lemons cv. Fino 49 stored for 40 days at 7°C.

Estado madurez	Calibre	Sin daño	Con daño			Total daño
			Leve	Moderado	Severo	
Amarillos	Grande	60	20	0	20	40 a
	Mediano	50	10	5	35	50 b
	Pequeño	40	20	5	35	60 c
Plateados	Grande	95	0	0	5	5 d
	Mediano	80	5	0	15	20 e
	Pequeño	100	0	0	0	0 f

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, según el Test No-Paramétrico de Kruskal Wallis con un 95% de confianza.

Sin embargo, el daño y su intensidad, varió considerablemente entre ambos estados de madurez. Limones plateados fueron menos susceptibles a la incidencia de peteca, debido posiblemente a que éstos están más alejados de la senescencia, lo que les otorga mayor firmeza y rigidez a las paredes celulares, impidiendo que se produzca la ruptura de éstas y el consiguiente necrosamiento celular característico de la peteca (Bonelli, 1998).

Limones amarillos en tanto, tienen una mayor degradación de sustancias pécticas en las paredes celulares, lo que facilitaría la salida de calcio, al unirse al ácido oxálico formando cristales de oxalato de calcio.

Por consiguiente, se desorganizarían las paredes con mayor facilidad manifestándose mayor cantidad de peteca (Bangert, 1974 y 1979). Respecto al calibre, este mostró una situación diferente de acuerdo al estado de madurez. Así limones plateados pequeños no presentaron daños por peteca en tanto que los amarillos del mismo calibre fueron los que presentaron la mayor incidencia.

La Tabla 3 muestra que, limones amarillos evidencian en general un mayor porcentaje de calcio que limones plateados, disminuyendo este elemento a medida que aumenta el tamaño de la fruta, coincidiendo con las intensidades de daño por peteca mostrado en la Tabla 2.



Tabla 3. Determinación del porcentaje de calcio sobre el peso seco, en la corteza de limones de frutos sanos cv. Fino 49, a inicio y final del almacenaje refrigerado a 7°C.

Table 3. Determination of calcium percentage on dry weight in the rind of sound fruit of lemon cv. Fino 49, at the beginning and end of cold storage at 7°C.

Estado de madurez	Calibre	Días de Almacenaje	
		0	40
amarillos	Grande	0,64	0,60
	Mediano	0,68	0,88
	Pequeño	0,90	0,72
plateados	Grande	0,58	0,61
	Mediano	0,60	0,62
	Pequeño	0,70	0,68

Al analizar los niveles de calcio en el tejido sano de frutos amarillos que desarrollaron peteca, después de 40 días de almacenaje (Tabla 4), se aprecia que, limones de calibre pequeño muestran un mayor contenido de calcio que los de calibre grande, lo que concuerda con su mayor incidencia de peteca (Tabla 2). Esto podría indicar que la peteca efectivamente estaría relacionada con el contenido de calcio en la corteza de los frutos y que a mayores contenidos de calcio se formaría mayor contenido de cristales de oxalato de calcio y, por ende, habría mayor aparición de peteca.

Tabla 4. Determinación del porcentaje de calcio sobre el peso seco en limones con peteca de distintos calibres, después de 40 días de almacenaje refrigerado a 7°C.

Table 4. Determination of calcium percentage on dry weight in lemons of different sizes affected by peteca, after 40 days of cold storage at 7°C.

Amarillos grandes	0,70
Amarillos medianos	0,84
Amarillos pequeños	0,94

Se pudo observar también, que las manchas necrosadas producidas por peteca se presentaron principalmente desde la zona ecuatorial del fruto hacia el pedúnculo. Sólo en el caso de limones muy afectados, el daño se manifestó en toda la superficie de este, lo cual posiblemente estaría relacionado con la disponibilidad de nutrientes, principalmente calcio, lo que haría que en algunas zonas se manifieste primero el daño.

El contenido total de oxalatos de calcio (Tabla 5) en limones que manifestaron peteca fue el doble de los presentados por limones sanos, lo que estaría indicando que el oxalato de calcio efectivamente estaría relacionado con la manifestación de la peteca.

Tabla 5. Determinación del contenido de oxalato de calcio en flavedo de limón amarillo cv. Fino 49.
Table 5. Determination of calcium oxalate in the flavedo of yellow lemon cv. Fino 49.

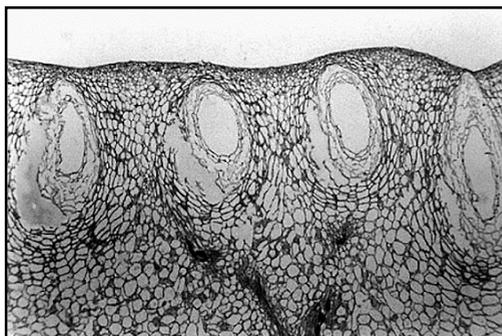
Tipo de tejido	g de oxalato de Ca / 100 g MS
limón sano	16.24
limón con peteca tejido sin daño	30.23
limón con peteca tejido necrosado	33.55

Cortes histológicos.

La Figura 1 muestra que en limones sanos la corteza con sus células y glándulas de aceite están intactas, las cuales se encontraban cercanas al epicarpio, rodeadas de tejido con paredes celulósicas y de vasos xilemáticos muy finos y anillados. En el mesocarpio, se observan células normales, sin presencia de cristales, a excepción de unos en posición subepidérmica donde se aprecia la presencia de algunos cristales de tipo romboidal.

Figura 1. Corte histológico de tejido de la corteza de limón amarillo sano (2,5 X).

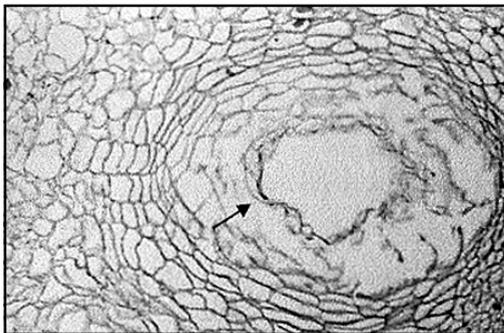
Figure 1. Histological section of tissue of the rind of sound yellow lemon (2,5 X).



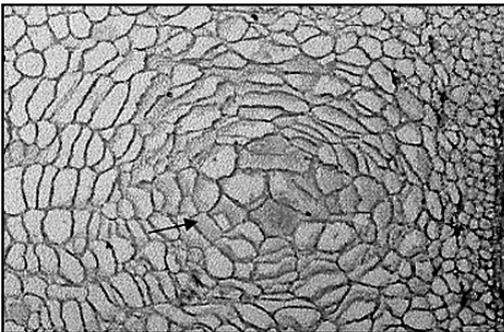
En limones que manifestaron daño por peteca, en el corte de tejido sin necrosamiento (Figuras 2 a y b), se observa una lignificación en el estrato parenquimático externo, en el epicarpio y en los dos o tres estratos

que le siguen. En el resto de las células del mesófilo las paredes celulósicas se conservan intactas. De igual manera se observa que, las glándulas de aceite están rodeadas por células comprimidas y tangenciales con paredes celulósicas levemente lignificadas, las que deberían permitir el funcionamiento regular de la misma.

Figura 2. Corte histológico de limón con manifestación de peteca en tejido sin necrosamiento celular en la corteza (4X). (Las flechas indican glándulas de aceite).
Figure 2. Histological section of lemon showing peteca in tissue without cell necrosis in the rind (4 X). (Arrows indicate oil glands)



a

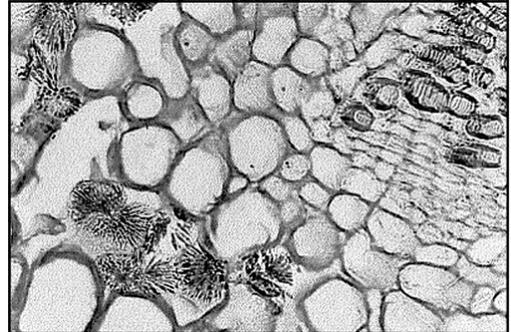


b

Aparece también cerca del xilema, una abundante cantidad de cristales del tipo rafidios monohidratados en el tejido parenquimático (Figura 3), los que presentan la misma forma de los cristales de oxalato de calcio.

Figura 3. Cristales tipo rafidios monohidratados en tejido parenquimático sin necrosamiento de limón con desarrollo de peteca (20X).

Figure 3. Monohydrated raphide-type crystals in parenchymal tissue without necrosis in lemon affected with peteca (20 X).



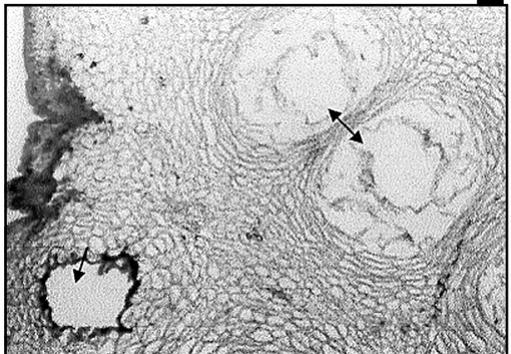
En el tejido necrosado (Figuras 4, a y b), las células epidérmicas y subepidérmicas se observan totalmente lignificadas. A su vez, se puede ver que las glándulas de aceite próximas a la epidermis presentan sus células, que limitan hacia el lumen, con una estructura fuertemente lignificada, lo que hace que probablemente pierdan luego su función. Por otro lado, las glándulas de aceite más internas del mesocarpio, tienen las células comprimidas tangencialmente, con sus paredes lignificadas, pero aún conservando la estructura celular.

Figura 4. Corte histológico de limón con desarrollo de peteca en tejido necrosado.

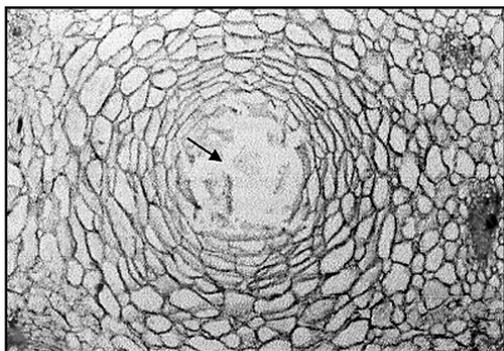
- a. Células de la epidermis lignificadas y glándulas de aceite dañadas (2,5 X).
- b. Glándula de aceite, mesocarpio interno(4 X). (Las flechas indican glándulas de aceite).

Figure 4. Histological section of lemon with peteca development in necrotic tissue.

- a. Lignified epidermal cells and damaged oil glands (2,5 X).
- b. Oil gland, inner mesocarp (4 X). (Arrows indicate oil glands).



a

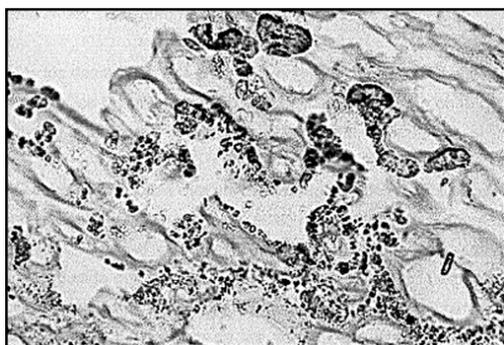


b

El tejido parenquimático se muestra alterado al perder sus paredes celulares, hay presencia de cristales del tipo rafidios monohidratados, posiblemente de oxalato de calcio, formando masas compactas que impiden definir la unidad básica del mismo (Figura 5).

Figura 5. Masas de cristales tipo rafidios monohidratados en tejido parenquimático necrosado de limón con peteca (10X).

Figure 5. Monohydrated raphide-type crystal mass in necrotic parenchymal tissue with peteca (10 X).



CONCLUSIONES

Se puede concluir que existe una influencia del calibre y la madurez en el desarrollo de peteca y que en limones con peteca hay un gran desarrollo de cristales de oxalato de calcio. Se concluye además que frutos amarillos de limón cv. Fino 49 con mayor contenido de calcio en células del epicarpio, parecen ser más sensibles al desorden.

LITERATURA CITADA

ARTES, F., ESCRICHE, A. and ARIN, J. 1993. Treating "Primafori" lemons in cold storage with intermittent

warming and carbon dioxide. Hort Science 28 (8) 819-821.

BANGERTH, F. 1974. The function of calcium in the cell and in the subcellular units of apple fruit. Acta Horticulturae 45: 43-52.

BANGERTH, F. 1979. Calcium-related physiological disorders of plants. Ann. Rev. Phytopathol. 17: 97-122.

BAILEY, J. 1985. The Analysis of Agricultural Material. Ministry of Agriculture Fisheries and Food. London. Third Edition. Reference book 427p.

BONELLI, C. 1998. Efecto de aplicaciones de calcio en postcosecha de limones cv. Génova, cosechados en invierno con dos estados de madurez, sobre la aparición de peteca. Tesis Ing Agr., Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 73p.

ECKERT, J. and EAKS, R. 1989. Postharvest disorders and diseases of citrus fruit pp. 179-250 In: Reuther, W., Batchelor, L., and Webber, H., ed. The Citrus Industry. University of California Riverside

ILARSLAN, H., PALMER, G., IMSANDE, J. and HORNER, T. 1997. Quantitative determination of calcium oxalate and oxalate in developing seeds of soya. American Journal of Botany, 84 (8): 1042-1046.

KHALIDY, R., JAMALI, A. and BOLKAN, H. 1969. Causes of the peteca disease of lemons as occurring in Lebanon. Proceedings First International Citrus Symposium 3: 1253-1260.

LATORRE, B. 1992. Enfermedades de las plantas cultivadas. Santiago, Universidad Católica de Chile. 626 p.

LIBERT, B. and FRANCESCHI, V. R., 1987. Oxalate in crops plants J.Agric. Food Quem. 35, 926-938

PALMA B., UNDURRAGA M. P. L. y OLAETA J. A., 1998. Caracterización Histológica como afección no parasitaria en frutos de limoneros. VII Congreso Latinoamericano de Botánica. Ciudad de México. 18 - 24 de Octubre.

RAZETO, B. 1987. Desórdenes fisiológicos en cítricos. Revista Aconex. 17: 13-17.

RAZETO, B. 2001. Lemon spot (Peteca) and its weather relationships. Revista Aconex 70: 31-32.

ZINDLER-FRANK, E. 1976. Oxalate biosynthesis in relation to photosynthetic pathway and plant productivity—a survey. Zeitschrift für Pflanzenphysiologie 80: 1-13.