SIMIENTE

VOLUMEN 82 (1-4) ENERO-DICIEMBRE 2012

SOCIEDAD AGRONÓMICA DE CHILE

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

SIMIENTE se publica trimestralmente por la Sociedad Agronómica de Chile (SACH).
Los trabajos a presentar deben enviarse a:
Editor:
Mac Iver 120, Oficina 36, Santiago-Chile
Casilla 4109, Santiago-Chile
Fono: (56-2) 2638 48 81
Correo electrónico: sociedad.agronomica.chile@gmail.com
La preparación de los artículos debe ceñirse a las "Normas de publicación" que aparecen en las páginas II y III.

Referencia bibliográfica SIMIENTE
Se autoriza la reproducción total o parcial de los trabajos publicados 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 Agronómica de Chile. La mención de productos o marcas comerciales no implica su recomendación por la SACH.

Sociedad Agronómica de Chile
Fundada el 28 de agosto de 1910
Mac Iver 124), Oficina 36, Santiago-Chile
Casilla 4109, Santiago-Chile
Fono: (56-2) 2638 48 81
Correo electrónico: sociedad.agronomica.chile@gmail.com

Diseño y Diagramación:
Denisse Espinoza Aravena.

Consejo Directivo 2012
Presidente: Ljubica Galletti G., Ing. Agrónomo
Vicepresidenta: Christel Oberpaur W., Ing. Agrónomo, M. Sc.
Tesorero: Dr. Marcos Mora G. Ing. Agrónomo
Secretaria: Carmen Gloria De Val I., Ing. Agrónomo, M. Sc.

Consejeros:
Rina Acuña P. Ing. Agrónomo
Horst Berger S. Ing. Agrónomo
Pedro Calandra B. Bibliotecario Documentalista
Javier Núñez E. Ing. Agrónomo
María Luisa Tapia F. Ing. Agrónomo, M. Sc.
Ximena López C. Ing. Agrónomo
Rodrigo Savé B. Ing. Agrónomo

ISSN: 0037-5403

SIMIENTE

Representante Legal
Ljubica Galletti G.
Ing. Agr.
Presidenta SACH

Directora
María Luisa Tapia F.
Ing. Agr. M. Sc.

Editor(a)
María Luisa Tapia F.
Ing. Agr. M. Sc.

Editores asociados

Postcosecha y Agroindustria
Ljubica Galletti G.
Ing. Agr.
Horst Berger S.
Ing. Agr.

Economía Agraria y Desarrollo Rural
Marcos Mora G.
Ing. Agr. Dr.

Entomología
Roberto H. González R.
Ing. Agr. M. Sc. Ph. D.

Fitopatología
Nicola Fiore
Ing. Agr. Dr.

Fruticultura
Tomás Fichet L.
Ing. Agr. Dr.
Carmen Gloria De Val I.
Ing. Agr. M. Sc.

Horticultura y Cultivos
María Luisa Tapia F.
Ing. Agr. M. Sc.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

SIMIENTE es el órgano oficial de difusión científica de la Sociedad Agronómica de Chile en el que se da a conocer los resultados de investigaciones científicas en el ámbito agropecuario, con el objeto de proporcionar información sobre el desarrollo científico-tecnológico del sector.

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

Los trabajos propuestos para publicación deben enviarse en forma electrónica vía correo electrónico o en CD y con cuatro copias, escritas a espacio y medio, letra Arial 12, en papel tamaño carta al Editor de la revista SIMIENTE, Mac-Iver 120, oficina 36. Santiago. Chile.

Una vez aceptado el trabajo, el (los) autor (es) deberán incorporar las sugerencias de los revisores y remitir CD o correo electrónico, escrito con los procesadores de texto Word, a 1½; 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.

Se recibirán trabajos para publicar en las siguientes secciones:

TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, los cuales deben incluir los siguientes capítulos:

- **I. Resumen,** que debe contener una condensación 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 identifica torios. Puede incluirse nombres comunes y científicos de especies, sustancias, tecnologías, etc.
- **IV. Introducción,** revisión bibliográfica concisa, donde se indicará 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 los materiales y Métodos usados en la investigación; si las técnicas o procedimientos han sido publicados anteriormente, mencionar sólo sus fuentes bibliográficas e incluir detalles que representan modificaciones sustanciales del procedimiento original.
- **VI. Resultados.** Se presentarán, en lo posible, en Tablas y/o Figuras, que deberán ser reemplazadas, 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 del trabajo lo permita, 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 ejemplos en Normas de Estilo).

NOTAS TÉCNICAS. La estructura no está sujeta a lo estableado 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. Debe 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 índices de Revistas. Deben incluir Literatura Citada.

Además, SIMIENTE publicará los trabajos que se presenten en los Simposios o como trabajos libres de los Congresos de la SACH, u otras agrupaciones asociadas a la misma. Los Simposios y los 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 DE ESTILO

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

Autor (es). Se indicará nombre y apellido paterno completos e inicial del apellido materno. Con pie de página se debe indicar la o las instituciones a las cuales pertenecen, incluyendo las direcciones postal v electrónica completas.

Encabezamientos de las secciones. Los encabezamientos de primera, segundo, tercer o cuarto orden deben ser fácilmente distinguibles y no numerados.

Tablas. Deben escribirse a un espacio. El título de cada Cuadro y Figura, 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, como el pie de página, deben ser auto explicativos. Use superíndices numéricos para identificar los pies de página de las tablas. Use letras minúsculas para indicar diferencias significativas o separaciones de medias. Indique asimismo el nivel de probabilidad.

Figuras. Indique correlativamente todas las figuras (gráficos, figuras y fotografías). Las leyendas deben ser claras y concisas. El título de cada figura, en español e inglés, debe indicar su contenido de tal forma, que no se requiera explicaciones adicionales en el texto. Por razones de espacio, el Comité Editor se reserva el derecho de incluir o no las fotografías. Los dibujos gráficos deben ser originales, hechos sobre papel blanco. Además de las figuras en pape! se solicita enviar figuras en versión electrónica, formato TIFF o JPG de las siguientes resoluciones: figuras en blanco v negro mínimo 600 dpi, las líneas no deben ser mas finas que 0.25 pts, los rellenos deben tener una densidad de por lo menos 10 % y las fotografías electrónicas deben tener resoluciones mínimas de 300 dpi. Resoluciones menores afectan la calidad de la impresión. Las fotografías no electrónicas deben ser claras, brillantes y montadas sobre una cartulina.

Figuras o fotografías en colores se podrán publicar con cargo al autor. En blanco y negro se publicarán sin costo.

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

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

Nombres comerciales y marcas. Estos nombres, de corta permanencia, deben ser evitados en el texto o referidos entre paréntesis o como llamada de pie de página. Use siempre el nombre técnico del ingrediente activo, fórmula química, pureza y / solvente. Los nombres registrados deben ser seguidos por R 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 abreviaturas aceptadas. En caso de utilizarse siglas poco comunes, deberán indicarse completas la primera ve/ que se citan, seguidas de la sigla entre paréntesis. Todas las abreviaturas y siglas se usan sin punto.

Apéndices. Material informativo suplementario debe ser agregado como Apéndice y colocado antes de la Literatura Citada.

Literatura Citada.

Las referencias a libros, artículos, informes técnicos o trabajos de congresos o talleres deben ser listados en orden alfabético, al final del trabajo. Artículos no publicados, opiniones expertas no se incluyen en listado alfabético pero se pueden mencionar en el texto como comunicaciones personales indicando el nombre de autor. Es responsabilidad del autor obtener los permisos necesarios para citar trabajos no publicados

Ejemplos de citas:

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) Las referencias no publicadas o comunicaciones personales deben insertarse en el texto, indicando dicha condición en llamada de pie de página.

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

Artículo en Revista: WTTHERS. L.A. 1993. *In vitro* storage and plant genetic conservation (Germplasm). Span. Pío-; 26(2): 72-74.

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

Capítulo de Libro: WARSON, LA. 1970. The utilization of wild species in the breeding oí cultivafed crops resistant lo plant pathogens. Págs., 441-457. In Frankel, O.H (ed.). Genetic resource in plants. Blackwell Scien tifie Publ. California. 360 p.

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

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

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

Pruebas

Al autor principal se le enviarán las pruebas de imprenta por correo electrónico. Se espera respuesta con o sin correcciones dentro de las siguientes 96 horas. Sólo se podrán hacer correcciones menores y enviarlas en un correo electrónico adjunto. No modificar archivo enviado. Si fuera necesario correcciones más extensas enviarlas claramente identificadas en el archivo.

TABLA DE CONTENIDOS

TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

Estimación de la Concentración y poder de mercado en la industria del azúcar en Chile. **1**
Ricardo Marchant S.

Efectos de la fumigación con fosfuro de hidrógeno sobre la germinación de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cv. Scarlett. **11**
Herbert Díaz O.; Antonieta Moya A. y Christel Oberpaur W.

Efecto de la carga frutal sobre el crecimiento vegetativo en ciruelo japonés (*Prunus salicina* LINDL.) var. friar. **25**
Cristian Escobar; Gabino Reginato y Víctor García de Cortázar.

Efecto de las temperaturas en la relación azúcar/acidez en uvas de mesa cv. Crimson seedless, en dos localidades distintas del valle del Limarí. **39**
L. Antonio Lizana; V. Rodríguez; Luís Luchsinger y Marcelo Orellana.

Efecto de gases no convencionales sobre la calidad de germinados de soya (*Glycine max* L.) bajo atmósfera modificada activa. **47**
Víctor Hugo Escalona; Linda Sánchez; Andrea Hinojosa y María Luisa Tapia

NOTA TÉCNICA

Directrices internacionales en protección fitosanitaria **61**
Rina Acuña P.

ESTIMACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN Y PODER DE MERCADO EN LA INDUSTRIA DEL AZÚCAR EN CHILE

Concentration and market power estimation in the sugar industry of Chile

Ricardo Marchant S.
Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile.
Departamento de Economía Agraria

RESÚMEN

En este trabajo se analiza el comportamiento de la industria nacional del azúcar en el periodo 1975-2010, con el propósito de estimar el nivel de concentración y el poder de mercado de una industria en transformación, ya que a partir de 2014 no se aplicará el sistema de banda de precio. Se estimó un sistema de ecuaciones mediante el procedimientos SUR cuyos resultados permitieron estimar el nivel de concentración en λ=0,5, nivel característico de un oligopolio y el nivel de poder de mercado en 58%, nivel relativamente alto, comparado con otras mediciones a nivel internacional, hechas en el sector alimentos. Se concluye que la industria del azúcar se ha desarrollado en un marco poco competitivo, hecho que debe cambiar al dejar de operar el sistema de banda de precio a partir de 2014 y que el nivel de poder de mercado representa un incentivo a nuevos entrantes a esta industria, principalmente provenientes del *retail.*

INTRODUCCIÓN

La industria del azúcar en Chile, se inicia en 1953, con la creación de la Empresa Azucarera Nacional, IANSA, por iniciativa gubernamental, materializada a través de la Corporación Nacional de Fomento, CORFO, Domínguez M. (1970). La condición de empresa estatal, se mantiene hasta 1981, año en el cual se privatiza.

Aun así, la operación de la empresa queda condicionada a la aplicación de un sistema de banda de precio, instrumento diseñado para estabilizar el costo de importación de este producto, incorporado en la política agraria, como una forma de controlar el nivel de inflación en la economía. La vigencia de esta regulación de política pública, contribuyó a la operación de la empresa, entre 1981 y 2014, año éste último en que se termina con el sistema.

En el marco de una economía abierta al comercio exterior, que asigna sus recursos mediante el sistema de precios y el principio de ventajas comparativas, se cuestionó la vigencia del sistema de banda de precio, por cuanto su aplicación vulneró los compromisos que Chile suscribió en el marco de la Organización Mundial de Comercio (OMC), en cuanto a los niveles máximos de protección a la industria nacional por la vía de su equivalente arancelario, y porque representó un traspaso neto de ingresos para la empresa y una pérdida de bienestar (menores excedentes) de los consumidores, Bolívar M. (2005) Es por ello que a partir de 2014, deja de aplicarse este sistema, por resolución de la OMC .

Dado el contexto en el cual se desarrolla la industria, con una apertura al comercio exterior, más profunda, pierde importancia relativa respecto al consumo, la producción nacional de azúcar y la ganan otros agentes, que desarrollan

actividades de importación y comercialización de azúcar, a través de marcas propias. Este esquema configura un mercado cuya estructura corresponde a un oligopolio, abierto al comercio internacional.

Ante el escenario de cambio estructural en la participación de las empresas de la industria, es de interés estimar el poder de mercado en el contexto de un oligopolio con empresa dominante, por cuanto este indicador mostrará el nivel de incentivo que pueden tener futuros entrantes a este mercado, por una parte y el nivel de pérdida de bienestar que presentan los consumidores, por otra.

MARCO TEÓRICO

El poder de mercado en el contexto de un oligopolio, es la capacidad que tienen las empresas participantes, de vender su producto a un precio superior a su costo marginal de producción. (Carlton y Perloff, 2000). Este margen se puede lograr por un mayor precio de venta, *ceteris paribus*, y/o por un menor costo marginal de producción cp. En consecuencia su existencia puede reflejar mejores condiciones de eficiencia en la empresa.

La estimación del poder de mercado se inicia con el trabajo pionero de Bresnhan, (1982) quien introduce un índice de rotación de la función de oferta inversa para el caso de una empresa monopólica. Este indicador muestra, en forma indirecta el grado de concentración de una industria y al vincularse con el nivel de producción puesto en el mercado, refleja el impacto de ésta sobre el nivel de precio. Este impacto sólo está definido para el caso de la competencia imperfecta.

Posteriormente Perloff J.,*et al* (2007), hacen una completa revisión de los métodos de estimación del poder de mercado, destacándose aquellos métodos que introducen la reacción conjetural entre las empresas participantes en una industria, y aquellas estimaciones que relacionan el poder de mercado, con proceso dinámicos de decisiones estratégicas.

Igualmente, López R., et al, (2002), relacionan el poder de mercado con la eficiencia productiva, introduciendo un cambio de perspectiva en la valoración social de los oligopolios, pues la existencia de poder de mercado no implica menor eficiencia. En este sentido, en la discusión sobre el eventual perjuicio de una industria concentrada, el acento se ha puesto en el injusto de origen de la estructura de oligopolio, (recurrencia a acciones de competencia desleal) ya que la existencia de poder de mercado no implica necesariamente ejercer dicho poder, como lo plantea Valdés P (2010).

En el siguiente gráfico, se muestra el modelo que corresponde a la industria azucarera nacional, en el cual el consumo nacional (C), es abastecido con la producción nacional Q*, que corresponde a la solución de la empresa monopolista y con las importaciones de azúcar, M, que corresponde a la diferencia entre C y Q*, realizadas por comercializadores mayoristas y supermercados. En este caso, el precio mayorista, cointegrado con el precio internacional, mediante el sistema de Banda de Precio, impide que la empresa nacional (IANSA), capture todo el poder de monopolio, expresado en la diferencia entre P* y el costo marginal. En consecuencia el poder de oligopolio se reduce, ya que sólo refleja la diferencia entre el costo marginal y el precio internacional (PM – CMg)

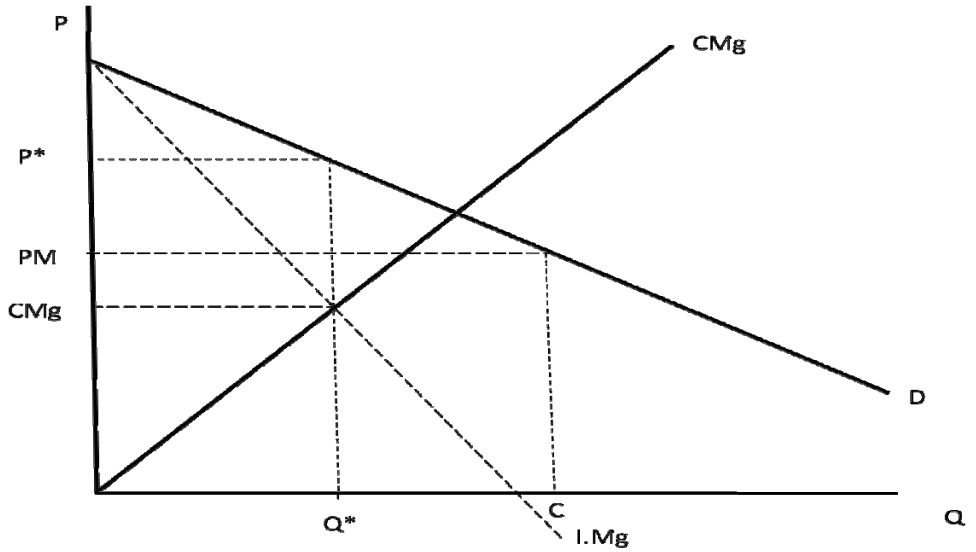


Figura 1: Modelo de la industria chilena del azúcar. Oligopolio abierto al comercio internacional.

En lo esencial, los métodos de estimación introducen una variable adicional a la función de oferta inversa de la empresa (o la industria), ya que en un mercado competitivo, ésta se estructura como $P = CMg$, en cambio en un mercado no competitivo, la función se expresa como, $P = CMg + Q$, donde Q, se relaciona inversamente con el precio, ya que refleja la capacidad de una empresa de alterar el precio de equilibrio del mercado, mediante variaciones en la cantidad producida.

MODELO ECONOMÉTRICO

Se considera la situación de una empresa representativa del mercado del azúcar, que maximiza su función de beneficio, especificada cómo:

$$\pi = PaA - \Pr R - F \qquad (1)$$

Donde:

Py = Precio mayorista del azúcar;Y = Cantidad de azúcar transada;Px = Precio mayorista de la remolacha y X = Cantidad de remolacha procesada.

La empresa maximiza el beneficio respecto de la cantidad producida (A), hecho que se formaliza con la obtención de la primera derivada de la función, (respecto de A), igualada a cero, tal que:

$$\frac{\partial \pi}{\partial A} = \frac{\partial PaA}{\partial A} + \frac{Pa\partial A}{\partial A} - \Pr \frac{\partial R}{\partial A} = 0 \qquad (2)$$

Al simplificar esta expresión e introducir el factor indirecto de concentración, λ, de Bresnhan (1982), se llega a:

$$\lambda \frac{\partial PaA}{\partial A} + Pa - \Pr \frac{\partial R}{\partial A} = 0 \qquad (3)$$

Despejando el precio del azúcar (Pa), se llega a la función de oferta inversa(dado que el precio depende de la cantidad), que en este caso queda en función del costo marginal, representado por el comportamiento del precio de la remolacha (Pr) y de la cantidad producida de azúcar (A).

$$Pa = \Pr \frac{\partial R}{\partial A} - \lambda \frac{\partial Pa}{\partial A} A \qquad (4)$$

El poder de poder de mercado está capturado por el término que acompaña a la cantidad de azúcar. Este término se puede expresar como $\frac{\lambda}{\frac{\partial A}{\partial Pa}}$, modificando el denominador de tal forma de llegar a la expresión de la elasticidad

demanda-precio en el mercado del azúcar, se llega a la expresión $\frac{\lambda}{\varepsilon_{dpa}}$. Para aislar el coeficiente indirecto de concentración, se debe incorporar una función de demanda de azúcar, cuya pendiente, $\frac{\partial A}{\partial Pa}$, al ser multiplicada por la pendiente que acompaña a la variable A en la ecuación (4), permite aislar a este coeficiente. La función de demanda por azúcar queda especificada como: $A = \frac{\partial A}{\partial Pa} Pa - \frac{\partial A}{\partial I} I$. **(5)** En consecuencia se estima un sistema de ecuaciones de oferta y demanda especificadas como:

$$Pa = \beta_0 + \beta_1 \mathrm{Pr} + \beta_2 A + e_i \qquad \textbf{(6)}$$

$$A = \beta_3 + \beta_4 Pa + \beta_5 I + e_j \qquad \textbf{(7)}$$

La estimación se realizó mediante el procedimiento SUR, aplicado a las variables expresadas en logaritmos. Este procedimiento corresponde a la aplicación de Mínimos Cuadrados Generalizados a un sistema de ecuaciones aparentemente no relacionadas. Dichas ecuaciones se vinculan por a covarianza en los términos de error de cada ecuación. Se establecen dos supuestos para la estimación: (a) No existe autocorrelación en las ecuaciones y (b) Existe correlación entre los errores de las ecuaciones que componen el sistema. Si se define una matriz **Ω**, que contiene las varianza del error de cada ecuación y las covarianzas de los errores entre ecuaciones, entonces el vector de coeficientes estimados será: $\beta_{SUR} = (\mathbf{X'\Omega^{-1}X})^{-1}(\mathbf{X'\Omega^{-1}Y})$

DATOS

Se recurrió al registro de datos de ODEPA, Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, del Ministerio de Agricultura y a registros del Banco Central de Chile, en particular a los datos de Cuentas Nacionales, obtener los datos para una muestra de 36 años.

Pa = Precio mayorista del azúcar 1975-2010. Promedio real anual. Pesos por tonelada
A = Cantidad de azúcar transada total anual. Comprende la producción nacional más las importaciones de azúcar refinada (Consumo Aparente: CA) 1975-2010. En toneladas
Pr = Precio mayorista de la remolacha. 1975 - 2010. Pesos por toneladas
R= Cantidad de remolacha procesada. 1975-2010. En toneladas
IN_ Ingreso per-cápita 1975-2010. Banco Central. En pesos por habitante por año

DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

En el cuadro 1, se presentan las características estadísticas de los datos utilizados.

Cuadro 1: Descripción estadística de las variables utilizadas

Indicador	Precio del Azúcar ($/ton)	Consumo Aparente de azúcar (CA) (Ton)	Producción de remolacha (Qqm)	Precio de la remolacha ($/ton)	Ingreso per-cápita ($/persona/año)
Media	505.397	517.573	21.878.863	44.432	3.421.140
Máximo	931.694	768.380	37.441.290	70.213	5.763.693
Mínimo	370.553	262.540	4.501.790	24.556	1.756.118
Desviación estándar	134.174	140.770	8.003.630	11.705	1.280.649
Coeficiente de Variación (%)	26,5	27,2	36,5	26,3	37,4

Fuente: Elaborada por el autor.

Se puede destacar el relativamente alto coeficiente de variabilidad, que refleja el riesgo asociado a los precios y a las cantidades. Esta variabilidad en precios afecta al nivel de ingreso de las empresas que operan en la industria, y también representan un buen escenario para los mecanismos de transacción a futuro, que se basan en proceso especulativos. En relación a la variabilidad en la producción, se puede plantear que impacta decididamente en el nivel de costo medio de producción, al alterar la ocupación de la capacidad instalada de las empresas productoras y/o comercializadoras de este producto.

RESULTADOS

1. Comportamiento de la industria del azúcar 1975-2010

En el período analizado, en nivel de autoabastecimiento de azúcar declina, en forma tendencial, a partir de 1985. En el consumo aparente, aumenta la importancia relativa de las importaciones, las que son realizadas por la industria de supermercados (*retail*) y grandes agentes que operan en el mercado mayorista. Aun cuando existía la operación de la Banda de Precios, las importaciones ingresaban sin este mecanismo, mediante la diferenciación técnica del producto. Se llega a un nivel mínimo de 20% de autoabastecimiento, cifra que se incrementa al 40% hacia 2010.

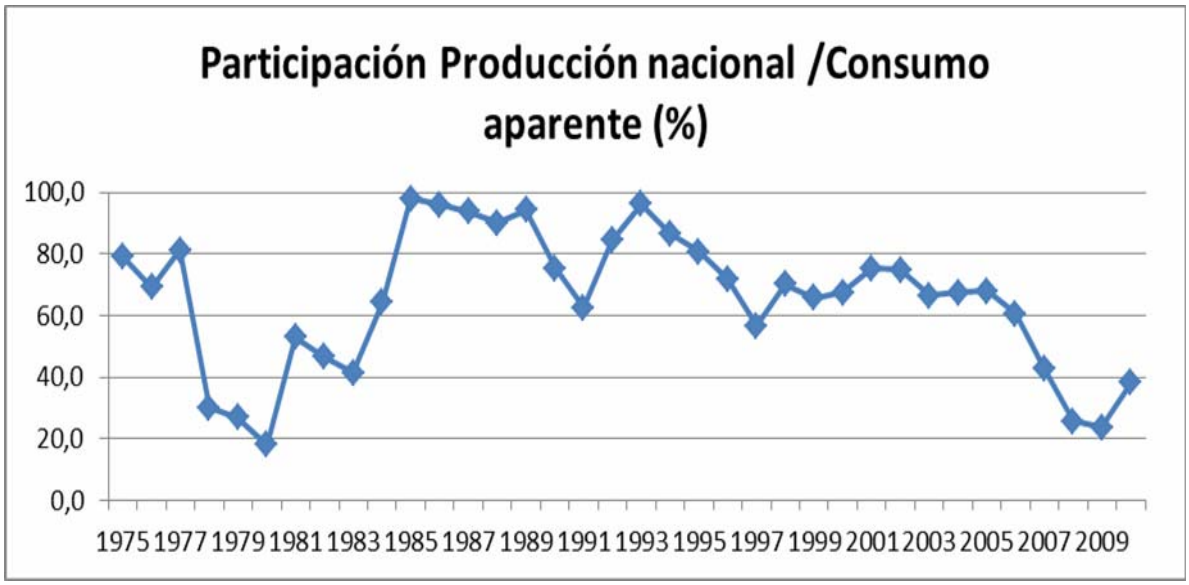


Figura 2: Chile: nivel de autoabastecimiento de azúcar 1975-2010

En el caso de la producción, se observa la caída significativa a partir del año 1999. Esto es el reflejo de la reducción de la capacidad productiva de IANSA, la cual reduce de 5 a 3 plantas en operación. Igualmente las importaciones de azúcar ejercen una presión competitiva sobre la empresa, la que responde con un menor nivel de producción. Igualmente la reducción permanente del piso de la Banda de precio, tuvo el efecto de reducir la producción nacional.

En el contexto de una economía abierta al comercio exterior, la empresa nacional compite incrementando su nivel de eficiencia industrial, como se observa en la figura 3. El producto medio industrial, es decir la cantidad de azúcar que se extrae por cada unidad de remolacha

(*Beta vulgaris* L), se incrementa tendencialmente en el período. Esto tiene un efecto directo en la disminución de los costos medios de producción y en el incremento en el nivel de competitividad frente al producto importado.

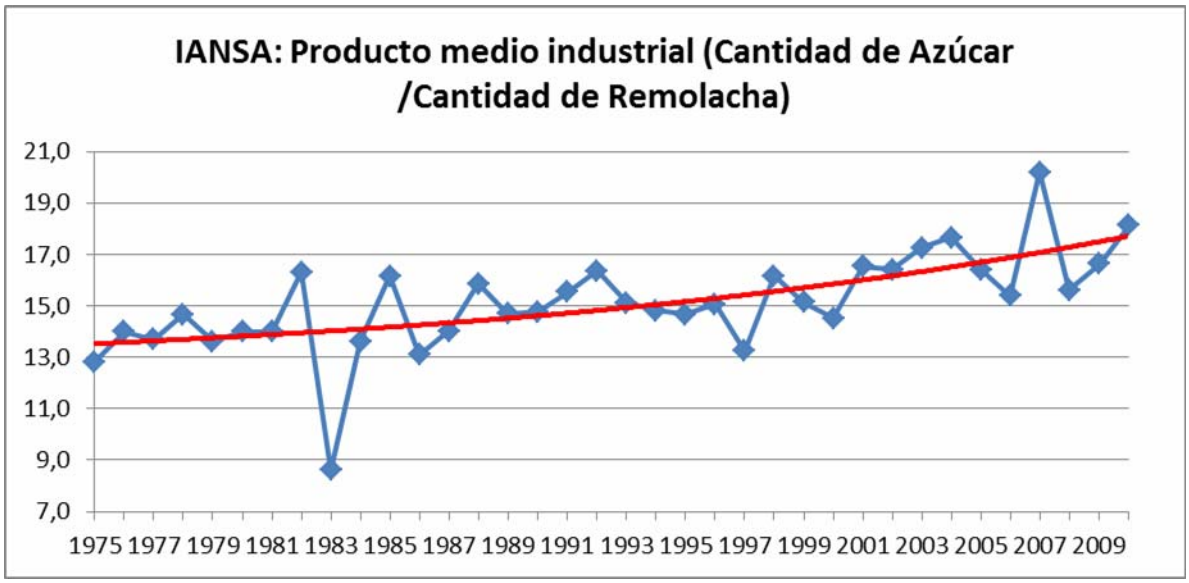


Figura 3: Chile: comportamiento del producto medio en la industria del azúcar. 1975-2010

2. Estimación del poder de oligopolio

El modelo en la forma de sistema de ecuaciones, se estimó mediante el procedimiento SUR. Como las variables se han especificado en logaritmos, los coeficientes estimados muestran la elasticidad respectiva. El procedimiento de estimación en la forma de sistema de ecuaciones, permite atenuar el sesgo de simultaneidad que presentan los coeficientes asociados al precio del azúcar y a la cantidad transada.

En el cuadro 2, se observa que todos los coeficientes estimados son significativos, vistos en el ϱ-valor, ya que todos son menores a 5% (0,05), a excepción del coeficiente asociado al precio de la remolacha, que estadísticamente es igual a cero. Por otra parte, el estadígrafo de Durbin-Watson, cae en la zona de indefinición, hecho esperable ya que el método de estimación SUR, es una aplicación de Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG), que corrige este problema.

Cuadro 2: Estimación SUR del sistema de ecuaciones

System		: SYS01AMICO		
Estimation Method		: Seemingly Unrelated Regression		
Date		: 01/22/16		
Time		: 16:17		
Sample		: 1975 2010		
Included observations		: 36		
Total system (unbalanced) observations		: 71		
Linear estimation after one-step weighting matrix				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	13.92508	3.445004	4.042107	0.0001
C(2)	0.132064	0.135331	0.975859	0.3329
C(3)	-0.580585	0.158916	-3.653399	0.0005
C(4)	0.400727	0.128276	3.123944	0.0027
C(5)	1.05E-05	3.50E-06	3.001715	0.0038
C(6)	8.107343	1.628769	4.977591	0.0000
C(7)	-0.303225	0.085075	-3.564204	0.0007
C(8)	0.599955	0.053184	11.28084	0.0000
Determinant residual covariance		0.000187		
Equation: LPA = C(1) + C(2)*LPR + C(3)*LCA + C(4)*LPAR1 + C(5)*T3				
Observations: 35				
R-squared	0.434543	Mean dependent var	13.08642	
Adjusted R-squared	0.359149	S.D. dependent var	0.206891	
S.E. of regression	0.165623	Sum squared resid	0.822928	
Durbin-Watson stat	1.364913			
Equation: LCA = C(6) + C(7)*LPA + C(8)*LIN				
Observations: 36				
R-squared	0.844363	Mean dependent var	13.11894	
Adjusted R-squared	0.834930	S.D. dependent var	0.283889	
S.E. of regression	0.115341	Sum squared resid	0.439013	
Durbin-Watson stat	1.716493			

Fuente: Elaborado por el autor. Salida Eviews 7.0

2.1 Función de demanda convencional

La función de demanda, normalmente especificada, se incorpora al modelo, como una forma de aislar el coeficiente indirecto de concentración (λ). En la estimación se aprecia que todas la variables que la componen son significativas, al 5% lo que implica rechazar la hipótesis nula de que los coeficientes son iguales a cero. El coeficiente de determinación ajustado alcanzó a 0,53, con lo cual se puede afirmar que la variabilidad en la cantidad transada de azúcar (CA), se explica en 53% por la variabilidad del modelo estimado. La elasticidad demanda-precio resultó -0,30. Inelástica, lo que implica de variaciones de precios no cambiarán significativamente la cantidad demandada. Igualmente la elasticidad demanda-ingreso, resultó inelástica al ingreso, al estimarse en 0,59. Esto implica que es un bien normal, aun cuando reacciona menos que proporcionalmente frente a variaciones en el ingreso de los consumidores.

2.2 Función de oferta inversa

La función de oferta se estimó en forma dinámica, mediante un modelo autorregresivo, ya que se incorpora la variable endógena (Lpa) rezagada en un período (Lpar1). El coeficiente -0,58, muestra el efecto que tiene sobre el precio, un incremento de 1% en la cantidad transada de azúcar (LCA), esto es el poder de oligopolio.

2.3. Indicador de concentración y poder de mercado

Dado los resultados presentados en los cuadro 2, se puede estimar el coeficiente indirecto de concentración como λ = (-0,58)*(-0,3) = 0,17. Consideremos que un nivel igual a 1, corresponde a un mercado monopólico; y que un nivel igual a cero, corresponde a un mercado de competencia perfecta. Este nivel confirma la estructura de oligopolio en la industria del azúcar.

El poder de mercado, capturado por el coeficiente C(3), es 0,58. Este resultado implica que en la industria del azúcar por cada tonelada vendida, el margen Precio – Costo Marginal obtenido es de 58%, respecto del precio de venta. Por otra parte, la elasticidad demanda-precio se estima en -0,3, esto corresponde a una demanda inelástica, en relación al precio de mercado.

Un elemento que se debe considerar en este resultado, es el relativo aislamiento de la industria nacional, respecto a las fluctuaciones del precio internacional, proporcionado por la banda de precios. Este mecanismo estabilizó el costo de importación, impidiendo una rápida internalización del precio exterior, en el precio mayorista. En consecuencia el poder de mercado estimado, es una cifra relativamente estable en el período analizado.

DISCUSIÓN

Como referencia se tiene la estimación de poder de mercado en la industria azucarera de EEUU, reportado por Genesove (1998), que estimó en 63,1%, estudiando el periodo 1890 -1914. Aun cuando se trata de períodos históricos y mercado diferentes, esta cifra sirve como referencia, para comparar el resultado encontrado.

La cifra de poder de mercado para el caso de la industria del azúcar, considerando las particularidades de cada industria, se compara con otras estimaciones realizadas en diversas agroindustrias. Tal es el caso del cereal para consumo Nevo A. (2001), que estudia el poder de mercado en varias marcas de cereales encontrando una media de 33%. En el caso de alimentos procesados López (1984), citado por Bresnahan (1989), reporta que para el caso de los alimentos procesados se estimó en 50,4%; para el caso de la industria del tabaco Appelbaum (1982), citado por Bresnahan (1989). En el caso de carne bovina se han realizado varias estimaciones, entre ellas Schoeter J.R., (1988), con 5%; Quagrainie et al, (2003), con 2,1% y para el caso de la carne de cerdo, 1,4%.En este caso se encuentra una correlación positiva entre el nivel de precio y el poder de mercado. Rude *et al* (2011), también para el caso de la carne bovina encuentra un nivel de 1,8%;- En el caso de las importaciones de banana en Turkia, Hatirli et al, (2003), la estiman en 19%, y para el caso de los quesos, Sckokai et al (2013), la estiman en 13,6%. El relativo alto poder de mercado de la industria nacional, puede representar un incentivo para la entrada de otras empresas en el negocio del azúcar. Esta entrada debe superar las barreras de estrada que existen en esta industria, como son las economías de escala de la empresa nacional y las ventajas de la presencia de marca y distribución logística de los supermercados.

CONCLUSIONES

En el contexto de la industria del azúcar, regulada por una banda de precios, para el costo de importación, el poder de mercado alcanzó a 58% en el período 1975-2010, con nivel de concentración que permite definir la estructura de mercado como oligopolio.

El relativo alto poder de mercado en la industria nacional de azúcar, representa un incentivo a la entrada de nuevos participantes en la industria, quienes deben superar las barreras de entrada representantas por las economías de escala de la empresa nacional y por las ventajas de marca y logística de los supermercados.

LITERATURA CITADA

Bolivar M, 2005, El libro blanco del azúcar: una historia de proteccionismo. RIL Editores. 231p.

Bresnahan T. 1982, The oligopoly solution concept is identified .Economics Letter 10(1982) p. 87-92. Ed. North Holland Publising Company.

Brasnahan T., 1989, Empirical studies of industries with market power. Handbook of Industrial Organization, Chapter 17, Vol.2 R. Schmalensee and Willing R. Editors. Ed. Elsevier North Holland. . p.1011-1055.

Carlton D.; Perloff J, 2000 Modern industrial organization. Third Edition. Ed. Addison-Wesley 780 p.

Domínguez M., 1970, El desarrollo de la industria azucarera nacional en Chile: evaluación, perspectivas y políticas. Tesis Ingeniero Comercial. Universidad de Chile. 351 p.

Genesove D, Mullin W., 1998, Testing static oligopoly models: conduct and cost in the sugar industry 1890-1914. Journal of Economics.

Hatirli S., Jones E., Aktas A., 2003, Measuring the market power of the banana imports market in Turky. Turk J. Agric. For 27 (2003) p. 367 – 377.

López R., Azzam A., Lirón-España, 2002, Market power and /or efficience: a estructural approach. Review of Industrial Organization Vol 20 ( ) 115-126.

Nevo A., 2001, ;Measuring market power in the ready to eat cereal industry. Econométrica Vol 69 (2), 307-342. March 2001.

Perloff J., Karp L., Golan A., 2007, Estimating market power and strategies. Ed. Cambridge, 340 pag.

Quagrainie K,;Unterschultz J., Veeman M., and Jeffrey S.,(2003), Testing for processor market power in the market for cattle and hog in Canadá. Canadian Journal of Agricultural Economics 51(2003), p.397 – 411.

Rude J., Harrison D.,and Calberg J., 2011, Market power in Canadian beef packing. Canadian Journal of Agricultural Economics 59 (2011) p.321-336.

Schoeter J.R., 1988, Estimating the degree of market power in the beef packing industry. In: Review of economics and statistics. Vol 70 (1), 158-162, February.

Sckokai P., Soregaroli C., and Moro D., 2013, Estimating market power by retailers in the dynamic framework: the Italian PDO cheese market. J. Agr. Econ. 64(1) 2103. p. 33-53.

Valdes P. Domingo, 2010, Libre competencia y Monopolio. Editorial Jurídica de Chile. 751 p.

EFECTOS DE LA FUMIGACIÓN CON FOSFURO DE HIDRÓGENO SOBRE LA GERMINACIÓN DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) cv. Scarlett

Effects of hydrogen phosphide fumigation on barley (Hordeum vulgare L.) cv. Scarlett seed germination

Herbert Díaz O.;[1] *Antonieta Moya A*[2] *y Christel Oberpaur W.*[2*]

[1] Ingeniería y Seguridad en Poscosecha EIRL

[2] Universidad Santo Tomás, Escuela de Agronomía, Ejército 146, Santiago. *coberpaur@santotomas.cl

RESUMEN

En Chile el 81% de la producción de cebada se destina a la industria cervecera, donde la capacidad germinativa es primordial. Para proteger del ataque de plagas en los centros de almacenamiento habitualmente fumigan las semillas con distintos productos químicos, siendo uno de los más usados el fosfuro de hidrógeno (PH_3) o fosfina. Sin embargo se teme que este fumigante afecte la germinación de las semillas. Para determinar el efecto de la fumigación con PH_3 sobre la germinación de semillas de cebada destinadas a la elaboración de malta, se efectuó un ensayo en Malterías Unidas S.A., Talagante, Región Metropolitana, durante enero y febrero 2010. Se realizaron 10 tratamientos con estructura factorial 5x2, el primer factor corresponde a las dosis (1, 3, 5 y 7 $g \cdot m^{-3}$) más un control, y el segundo al tiempo de exposición (72 y 120 h), con un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue un recipiente de 8 L con 5,6 kg de semilla. Los resultados demostraron que no existe efecto de la dosis y el tiempo de exposición sobre la viabilidad y germinación de semillas de cebada. Sin embargo, de acuerdo a la geminación mínima exigida por la empresa, 3 $g \cdot m^{-3}$ de fosfina con exposición de 72 h al fumigante sería la dosis adecuada para fumigar la cebada sin afectar su germinación. Al aumentar el tiempo de exposición a 120 h la dosis debiera reducirse a 1 $g \cdot m^{-3}$.

Palabras clave: fosfina, viabilidad, malta

ABSTRACT

In Chile, 81% of barley production is intended for the brewing industry, where the germination capacity is paramount. To protect from attack by pests in storage centers, usually seeds are fumigated with different chemicals, where one of the most commonly used is hydrogen phosphide (PH_3) or phosphine. However, it is feared that this fumigant can affect seed germination. To determine the effect of fumigation with PH_3 on the germination of barley seeds intended for the production of malt, a trial was held during January and February 2010 at the facilities of Malterías Unidas SA, Talagante, Metropolitan Region. Ten treatments with factorial structure 5x2 were performed, the first factor corresponds to doses (1, 3, 5 and 7 $g \cdot m^{-3}$) plus a control, and the second, to exposure times (72 and 120 h), in a complete randomized block design with three replications. The considered experimental unit was an 8 L container of with 5.6 kg of seed. The results showed that there is no effect of dose and exposure time on the viability and germination of barley seeds. However, according to the minimum germination required by the company, the phosphine dose 3 $g \cdot m^{-3}$ with 72 h exposure to the fumigant would be the appropriate dose to fumigate without affecting barley germination. If the exposure time is increased to 120 h, dose

should be reduced to 1 g ·m^{-3}.

Keywords: Phosphane, viability, malt.

INTRODUCCIÓN

La superficie sembrada con cebada cervecera en nuestro país durante la temporada 2006/07 fue de 20.710 ha. Del total de la producción nacional, se destina anualmente un 81% a la producción de malta (cebada malteada), un 14% a alimentación animal, un 4% a semilla y 1% a alimentación humana. La cebada importada y parte de la producción nacional, en Chile son utilizadas específicamente para elaborar malta, extracto de malta, maltas especiales, harinas y otros derivados de la malta, todos productos destinados de preferencia a la exportación y consumo interno. Las importaciones de cebada provienen principalmente de Argentina y con un menor volumen e importancia desde Canadá y Australia (ODEPA 2007).

Es posible conservar a los cereales una vez secos durante largos períodos de tiempo, con una humedad interior del grano de 13 a 15% y a una temperatura ambiental adecuada que no desencadene un alza de su tasa de respiración (Verissímo 1999). Los granos almacenados se consideran como una masa porosa, constituida por los mismos granos y el aire intersticial. Constituyen un material biológico vivo, que usa el oxígeno del aire de los intersticios y deja libre el gas carbónico, por ello, tienden a deteriorarse por un proceso natural (FAO 1993).

Es creencia general que el calentamiento en granos almacenados se debe a la respiración de los granos, pero frecuentemente los insectos y hongos presentes pueden respirar con mayor intensidad. Los insectos además de consumir directamente las reservas alimenticias de los granos, contribuyen con su calor y respiración a la proliferación de hongos; se estima que 70 gorgojos en 1 kg de trigo a 25°C, pueden elevar la temperatura 1°C en 5 días (Castillo 1980). Los insectos que pueden presentarse en cebada son *Sitophilus* sp., *Rizopertha dominica, Tribolium* sp., entre los más importantes. *Sitophilus* sp., pertenece a la familia Curculionidae, comprende especies cosmopolitas importantes para cereales y subproductos (Apablaza 2000).

Los fumigantes juegan un rol importante en el control de plagas de los granos almacenados, donde la fosfina y el bromuro de metilo son los más utilizados a nivel mundial. El fosfuro de hidrógeno (PH_3) con sinonimia de fosfina o fosfamina, se obtiene a partir de la hidrólisis de fosfuro de aluminio o fosfuro de magnesio, donde también se desprende de la reacción, dióxido de carbono y amoniaco una vez aplicado (Degesch de Chile citado por Díaz 2002).

Elaboración de malta

La elaboración de bebidas alcohólicas a partir de sustratos amiláceos, como los cereales, requieren de la actividad amilolítica de las enzimas generadas durante la germinación (García, Quintero y López-Munguía 2004). En la industria cervecera, la cebada es sometida a un tratamiento en que su almidón es transformado en azúcar de malta o maltosa, ingrediente básico para la elaboración de cerveza (Veríssimo 1999). En cuanto al proceso de producción de malta Woods, McCallum y Robson (1999) señalan que consiste en el remojo de la cebada en agua con el objetivo de que germine en aproximadamente 2 días. Se espera que el nivel de germinación sea cercano al 100% para evitar la presencia de almidón no modificado. Cuando la cebada ha emitido el coleoptilo hasta ¾ del tamaño del grano, se obtiene lo que se conoce como malta joven o verde, la cual se somete a una operación de secado con corrientes de aire caliente (horneado) con el objetivo de detener la germinación y provocar reacciones de oscurecimiento que

conllevan a la formación de sustancias oscuras y de sabores característicos, importantes para las cualidades de la cerveza (García, Quintero y López-Munguía 2004).

Calidad maltera de la cebada

La calidad maltera de la cebada incluye diversos aspectos, los granos deben ser gruesos y uniformes, redondeados y de color amarillo, sin presencia de dormancia, deben poseer una adecuada capacidad de absorción de agua, una germinación rápida y uniforme, y un máximo de rendimiento en malta (Faiguenbaum 2003). Woods, McCallum y Robson (1999) consideran que el atributo de calidad más importante de la cebada para elaborar cerveza es su capacidad germinativa. Según FAO (1995) las cervecerías necesitan granos con una germinación mínima de un 95%. Según Faiguenbaum (2003) la capacidad germinativa no debe ser inferior al 98% de su peso. Sin presencia de granos pregerminados, deben estar sanos, libres de patógenos, de buen olor y color, y no azumagados; sin presencia de puntas de color café o negro. Con humedad de grano igual o inferior a 13%, un contenido de proteínas, expresado en materia seca, no inferior a 9,8% ni superior a 11%, entre otros. Fleurat-Lessart, Wilkin y Ndiaye (1998) indican respecto a la calidad de la cebada destinada a malta, que durante el almacenamiento, las interacciones entre las variables abióticas y bióticas en la mayor parte de los granos pueden llevar a deterioro de la calidad.

Germinación de granos

La capacidad de las semillas para germinar y producir una planta normal, es el principal atributo a considerar para evaluar su calidad y potencial; sin embargo repercuten en su valor comercial, otros aspectos relacionados con su calidad, manejo y comercialización. Entre ellos se encuentran la pureza física y varietal, el vigor y el contenido de humedad (Moreno 1984).

Las semillas de un gran número de especies permanecen en un estado de dormancia que se debe romper para que puedan germinar (Aguirre y Peske 1992), para cebada dicho período puede durar hasta 45 días (Molina 1989). Una semilla ha germinado cuando se ha desarrollado visiblemente la plúmula que en la mayoría de los granos alcanza una longitud aproximada de ¾ de la semilla (García, Quintero y López-Munguía 2004). Según Klimovitz (2002) la primera señal física de la germinación es la aparición del ápice de la raíz, que rompe la cascarilla en la base del grano. Luego, emergen las raicilla, la plúmula penetra en la testa y crece hacia la punta distal del grano, debajo del pericarpio y la cascarilla. El crecimiento de la plúmula es comúnmente usado como una guía general del proceso de malteo.

Factores que afectan la pérdida de germinación

Son varios los factores que determinan el comportamiento de los granos almacenados, donde los principales son humedad, temperatura ambiente, temperatura del grano, presencia de insectos y microorganismos, nivel de impurezas y grano partido, forma y tiempo de almacenamiento (Castillo 1980).

En relación a la temperatura, Castillo (1980) menciona que el nivel de actividad metabólica de los granos aumenta con la temperatura y, al combinarse con humedad elevada, activa el desarrollo de hongos e insectos. En una masa de granos, un aumento de la temperatura de 1 o 2°C por un periodo de 1 o 2 semanas es indicio casi seguro de la iniciación de deterioro que es necesario investigar para determinar la solución más apropiada, que puede ser mediante aireación, trasiego, fumigación, o en casos difíciles, retorno a la secadora para enfriamiento o secado. Hall citado por Soares y Usberti (2007) determinó que al estar dañada la cubierta de la semilla, la respiración de estas aumenta, generándose una pérdida de su germinación. Este hecho también es mencionado por Howe citado por los mismos autores, quien añadió que aún cuando los daños

causados por la destrucción del embrión de las semillas por parte *Sitophilus* sp. no son aparentes, hay una pérdida de la viabilidad de las semillas que causa una reducción de la germinación.

Fumigación de granos

En la fumigación de los granos almacenados se usa un insecticida fumigante, es decir, que poco después de ser aplicado se transforma en gas letal para los insectos en ambientes confinados, bajo determinadas condiciones de temperatura y presión. El objetivo es matar todas las etapas del insecto: huevo, larva, ninfa y adulto, que en la mayor parte de los casos ya están establecidos dentro del mismo grano (FAO 1993).

Un fumigante es una sustancia química que a temperatura y presión determinada, puede existir en estado gaseoso en concentraciones suficientes para resultar letal para un organismo perjudicial (Cruz y Diop 1990). La difusión del fumigante se hace rápidamente a través de la masa de granos porque, al ser un gas, éste se difunde bajo la forma de moléculas aisladas; por eso, debe usarse en ambientes herméticos (FAO 1993).

La cantidad de fumigante aplicado, generalmente se expresa en peso de la sustancia química por el volumen de espacio tratado (FAO citado por Díaz 2002). La dosis, en general, se determina por la plaga que se desee controlar, en este sentido 1 $g \cdot m^{-3}$ está dado para molinos, ya que son espacios vacíos. La dosis de 3 $g \cdot m^{-3}$ es usada generalmente para controlar casi todas las plagas de los productos almacenados, con excepción de *Rizhopertha dominica* y ácaros, para las que se utilizan 5 $g \cdot m^{-3}$. Una dosis de 7 $g \cdot m^{-3}$ es considerada como excesiva. Otros factores que pueden influir en la dosis son el material u objeto a fumigar, la dosis máxima que soporta el recinto, sin daño de corrosión; tiempo de fumigación disponible, barreras al fumigante, y la hermeticidad de la estructura. Cuando se trabaja con fosfina la temperatura no tiene ninguna influencia sobre la dosis. El tiempo de exposición está dado por la temperatura ambiente, es decir, en días fríos se debe aumentar el tiempo de exposición[2].

Los residuos de los productos químicos pueden tener un efecto perjudicial sobre la cebada y otros granos en cuanto a su germinación, al rendimiento de las levaduras y al sabor de la cerveza. En consecuencia deben utilizarse agroquímicos aprobados y estos deben aplicarse estrictamente en conformidad con las recomendaciones de aplicación del fabricante y las instrucciones que aparecen en la etiqueta (Malting and Brewing Industry Barley Technical Committee 2009).

El fosfuro de hidrógeno se produce por la hidrólisis de fosfuros metálicos al entrar en contacto con la humedad atmosférica y la temperatura ambiente; el producto activo se compone de un fosfuro metálico (ya sea fosfuro de aluminio o de magnesio) y de carbamato amónico. Generalmente su presentación es en tabletas de 3 g que desprenden 1 g de PH_3 (Cruz y Diop 1990). El fosfuro de hidrógeno puede ser empleado para la fumigación de casi todos los productos alimenticios y forrajes en seco. Según Detia Degesch citado por Villena (2002) es posible fumigar granos como trigo, centeno, cebada, arroz, sorgo, maíz, entre otros; harinas, legumbres como porotos, habas y lentejas; tabaco, raíces y harina de tapioca; nueces, almendras, frutas secas, uvas de pasas, granos de cacao, entre otros.

Según ANASAC (2007), las principales ventajas que tiene el uso de fosfina son que no deja residuos tóxicos en el producto tratado, no altera la calidad ni el sabor los productos fumigados, no afecta la germinación si se trata de grano que debe utilizarse para la siembra.

La fosfina al igual que todos los agroquímicos tiene algunas desventajas, los tratamientos para control de insectos y ácaros son muy largos, es una sustancia corrosiva en metales como cobre, oro, plata. Puede inflamarse espontáneamente cuando la concentración supera el 1,79% (Díaz 2002). Su eficacia depende de la temperatura y humedad ambiental (FOS System 2010). Se corre el riesgo de la propia inflamación de la pastilla ya que a concentraciones altas de gas deviene su auto-inflamación (FOS System 2010).

Según Monro (1980) la fosfamina en tratamientos insecticidas no influye, en condiciones normales, en la germinación de las semillas. Sin embargo Sittisuang y Nakakita (1985) indican que la sensibilidad de las semillas a la fumigación con fosfina se debe a su capacidad de absorción del fumigante, a mayor temperatura y humedad de las semillas estas absorberán más químico y por lo tanto menor será su capacidad germinativa.

Soares y Usberti (2007) en un ensayo que realizaron en el Centro Experimental del Instituto Agronómico de Campinas, Brasil, analizaron los efectos físicos y fisiológicos en semillas de trigo, con aplicación trimestral de 1, 2, 4 y 8 $g \cdot m^{-3}$ de fosfina, en 120 h de exposición durante un periodo de 12 meses de almacenamiento. Pudieron observar que no hubieron interacciones significativas entre dosis de fosfina y cultivares de trigo durante todo el tratamiento, sin embargo, a medida que aumentó el período de almacenamiento, el porcentaje de germinación y vigor de las semillas disminuyó, siendo a los 9 meses de 75% en el tratamiento con 2 $g \cdot m^{-3}$, en el cultivar más afectado.

Krishnasamy y Seshu (1990) al evaluar el efecto de fumigación con fosfina a diferentes dosis y tiempos de exposición, sobre la germinación y vigor de plántulas de arroz, indican que la dosis recomendada de fosfina para fumigación de 3 $g \cdot m^{-3}$ y un tiempo de exposición de 6 días, no afecta la germinación o el vigor de semilla de arroz.

Sittisuang y Nakakita (1985), mencionan que la toxicidad de la fosfina es selectiva, dicha selectividad se debe probablemente a la diferencia en las actividades metabólicas de los sustratos. La toxicidad de la fosfina aparece en el sistema respiratorio de los insectos, y la inhibición es más activa cuando su consumo de oxígeno es alto. Esto indica que a mayor tasa respiratoria del sustrato o del insecto que lo ataque, mayor será la inhibición de la germinación de las semillas. Singh, Kapur y Mahajan (2003) señalan que el efecto de la fumigación con fosfina, combinado con humedad, temperatura y distintos período de almacenamiento, sobre la germinación de semillas y vigor en poroto y garbanzo, fue significativo. Se observó una disminución de la germinación y vigor en respuesta a la fumigación en las semillas con un alto contenido de humedad y temperatura.

Existen en la industria de producción de cebada malteada, dudas razonables acerca de si la fumigación con fosfuro de hidrógeno (PH_3) a distintas dosis y tiempo de exposición afecta negativamente la capacidad germinativa de la cebada. Por ello el objetivo de esta investigación es determinar el efecto de la dosis y el tiempo de fumigación con PH_3 sobre la capacidad germinativa de semillas de cebada destinadas a la elaboración de malta.

MATERIALES Y MÉTODO

El estudio se llevó a cabo en Malterías Unidas S.A., Comuna de Talagante, Región Metropolitana, durante los meses de enero y febrero de 2010. La etapa de fumigación con fosfuro de hidrógeno se realizó en un espacio cerrado, a temperatura y humedad ambiente. Los análisis de viabilidad y germinación de granos, se

efectuaron en el laboratorio de la empresa a 20ºC y 90% de humedad relativa, de acuerdo a los parámetros establecidos en el manual de ALAFACE (1999).

Para el ensayo se ocuparon 190 kg de semilla de cebada cv. Scarlett de dos hileras, procedente de Argentina. Los granos de cebada fueron obtenidos al azar de un lote de 3500 t de semillas almacenadas en la empresa. Las características de estas semillas fueron 13% de humedad interior del grano, 11% de proteína, 98% de viabilidad según análisis de viabilidad de semillas Vitascope. Los valores mencionados corresponden a las características de entrada de la cebada a la planta en abril de 2009.

Para la fumigación se utilizó fosfuro de aluminio (Gastoxin), en tabletas de 3 g que liberan 1g de fosfina en contacto con la humedad ambiente. Contiene además algunos materiales inertes como el carbamato de amonio que en contacto con el aire libera amoníaco y dióxido de carbono. Otros ingredientes inertes tienen la función de agregantes y de estabilizadores que modulan la velocidad de generación de gas fosfina. Las tabletas, en total 6, fueron molidas y luego dosificadas con balanza de precisión Hispana, 0,05 g, según cada tratamiento.

Para los tratamientos de fumigación se utilizaron 15 recipientes plásticos con capacidad para 8 L, polietileno para taparlos y cinta adhesiva para sellarlos.

Diseño experimental

El diseño fue en bloques completos al azar, con 3 repeticiones y 10 tratamientos, la unidad experimental fue un recipiente de 8 L en el cual se colocaron 5,6 kg de semilla de cebada, calculado según densidad de las semillas. Debido a la restringida disponibilidad de instalaciones y equipos, cada bloque corresponde a una instancia de fumigación. Los tratamientos del primer bloque se iniciaron el 27 enero de 2010, los del segundo bloque el 3 febrero de 2010, y los del tercer bloque el 12 febrero de 2010.

Tratamientos

Los tratamientos aplicados presentan estructura factorial de 5x2, donde el primer factor correspondió a 5 dosis de fosfina: 0 $g \cdot m^{-3}$, 1 $g \cdot m^{-3}$, 3 $g \cdot m^{-3}$, 5 $g \cdot m^{-3}$ y 7 $g \cdot m^{-3}$; y el segundo factor al tiempo de exposición al fumigante: 72 y 120 h. Los testigos, se sellaron y dejaron por las horas correspondientes a cada uno de los tiempos de exposición, ventilándolos al igual que los tratamientos con aplicación del fumigante.

Manejo del ensayo

Para la obtención del material vegetal, desde una de las bodegas de almacenaje se tomó una muestra al azar de 190 kg de un total de 3500 t cuya densidad es de 0,7 $t \bullet m^{-3}$ el 27 de enero de 2010, homogenizando la muestra en un recipiente de 200 L. Luego se llenaron 15 recipientes con 5,6 kg de cebada cada uno, dejando 1 cm libre entre los granos y el borde del receptáculo. El lugar físico presentaba condiciones ambientales de temperatura y humedad, similares a las encontradas en un silo con cebada.

En laboratorio, bajo una campana de extracción de aire, se realizó, con un mortero, la molienda de las pastillas de Gastoxin. En sobres, rotulados con la dosis correspondiente, se depositó en cada uno la cantidad de fumigante indicado. En cada recipiente, y sobre la cebada, se colocó el sobre correspondiente a cada tratamiento. Posteriormente se selló cada recipiente con plástico de polietileno y cinta adhesiva para lograr hermeticidad. Luego de tres días se abrieron los recipientes de los tratamientos expuestos al fumigante por 72 h, para ventilarlos por aproximadamente 2 h. Al 5^{to} día se abrieron los recipientes pertenecientes a los tratamientos expuestos al fumigante por 120 h, para ser

ventilados por el mismo tiempo.

Las temperaturas medias (estación Pudahuel de la Dirección Meteorológica de Chile) para cada repetición fueron las siguientes: 23,5°C para el período de la primera, 21,5°C para los períodos de la segunda y la tercera repetición.

Una vez ventilados los tratamientos, se tomaron submuestras de 1 kg por recipiente. Se llevaron al laboratorio de la empresa en el que se realizó el análisis fisiológico mediante el método de coloración (Vitascope), y análisis de germinación con el método de germinación en placas Petri.

El método para el análisis rápido de viabilidad (Vitascope) es un análisis rápido que se utiliza para cebada recepcionada, busca establecer si el germen está vivo, mediante una reacción química, en la que las oxidoreductasas (y sus componentes correspondientes) de los granos vivos reducen el 2,3,5-trifenil-tetrazoliocloruro, 1%, a formazán (color rojizo). De las muestras extraídas de cada recipiente ya fumigado se tomaron 50 granos al azar, que fueron cortados longitudinalmente. Una de las mitades de cada grano fue colocada en el recipiente especial (con la parte cortada hacia afuera). Luego se llevó al equipo de baño maría que se encontraba a 45°C de manera constante, durante 10 minutos. Pasado ese tiempo se contaron los granos rojizos, los que determinaron el porcentaje de granos vivos de dicho tratamiento.

La determinación de la capacidad germinativa de los granos en placas Petri es un análisis utilizado en la empresa para cebada almacenada y dura 5 a 7 días. De cada unidad experimental se escogieron al azar 100 granos de cebada, que fueron colocados en una placa Petri sobre una capa de papel filtro, Schleicher & Schuell Ref. 598 (140 $g \cdot m^{-2}$), se aplicaron 5 mL de agua destilada, se cubrieron con otra capa de papel filtro y se humedeció nuevamente con 5 mL de agua destilada. Las placas fueron mantenidas a 20°C y 90% HR, estableciendo al cabo de 7 días el porcentaje de germinación de cada tratamiento.

Descripción de variables y parámetros

Los parámetros que se utilizaron en cada una de las pruebas están descritos en el manual de ALAFACE (1999).

Viabilidad de cebada malteada, expresada en porcentaje. Un valor normal de una buena cebada, secada adecuadamente, es de al menos un 95%. Considerando como granos viables aquellos que tienen el germen totalmente coloreado (fuerte o débilmente), así como aquellos que tengan 2/3 de la superficie del germen coloreado, o que estén coloreados, pero que presenten alguna que otra mancha clara en el germen. Granos incapaces de germinar son aquellos que poseen menos de 2/3 de coloración, así como los que estén débilmente anaranjados y amarillos, al igual que aquellos que no estén coloreados.

Germinación de cebada malteada, corresponde al porcentaje de granos que al momento del análisis, bajo condiciones normales de malteo, germinan. Una buena germinación es un indicio del estado de vitalidad de la cebada y por lo tanto también para el éxito del malteo. La energía germinativa se expresa en porcentaje sin decimales, y fue establecida en base a 100 granos. Para efectos de este ensayo se contaron los granos no germinados a los 7 días, donde un grano se considera germinado cuando las raíces y/o la plúmula se hayan desarrollado visiblemente. En un mínimo de 5 días, se espera para cebada cervecera de calidad media una germinación de la menos 95% (rango mínimo para ingreso a planta) y para cebada cervecera fina al menos 98%. Para efectos de este estudio se consideró una energía germinativa mínima aceptable de 95%.

Análisis de información

Los datos se transformaron mediante Bliss (arc-sen √%/100), previo al análisis de varianza. Cuándo existieron diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Para procesar los datos se utilizó el software Minitab, programa que ejecuta funciones estadísticas básicas y avanzadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Interacción entre factores

Dada la estructura factorial de los tratamientos, se realizó un análisis de posibles interacciones para determinar si existe efecto de la dosis y el tiempo de exposición sobre las variables analizadas, los resultados de esa prueba se muestran en el Cuadro 1.

Dado que no hubo interacción de la dosis ni del tiempo de exposición sobre la germinación y viabilidad, los resultados y el análisis estadísticos se realizaron de manera independiente para cada una de las variables.

Viabilidad de cebada malteada

El Cuadro 2 muestra la viabilidad promedio de cada tratamiento, donde si bien no existieron diferencias significativas entre ellos, se debe diferenciar al testigo expuesto a 72 h, ya que presentó 100% de granos vivos como valor absoluto en las 3 repeticiones.

La fumigación con fosfina en las distintas dosis y los tiempos de exposición no afecta la viabilidad de la cebada. En base a los parámetros establecidos por la empresa respecto a la viabilidad de una cebada, los resultados obtenidos son comercialmente aceptables por la industria elaboradora de malta.

Woods, McCallum y Robson (1999), señalan que los dos parámetros más críticos que definen el estado de la germinación de la cebada durante almacenaje son su capacidad germinativa o viabilidad, que es el porcentaje de granos vivos y la energía germinativa, porcentaje de los granos que en la actualidad van a germinar en la presencia de agua y oxígeno. La capacidad germinativa es normalmente muy alta al momento de la cosecha (cercana al 100%), pero durante el almacenamiento prolongado disminuye considerablemente. Según Armitage y Woods citado por Woods, McCallum y Robson (1999), desciende aún más ante un aumento de la temperatura, en almacenaje el grano caliente es susceptible a los insectos, incluso a bajos contenidos de humedad. Por esta razón es que generalmente la cebada es almacenada en condiciones más secas que la mayoría de los cereales.

Germinación de cebada malteada

Los resultados del análisis de germinación de cebada malteada de cada tratamiento se muestran en el Cuadro 3.

Es relevante para este estudio, mencionar que, si bien el análisis estadístico no encontró diferencias significativas en la germinación de cebada, los resultados obtenidos están por debajo de los parámetros mínimos de aceptación por las empresas elaboradoras de malta. Sin embargo, los tratamientos testigos, también presentaron germinación bajo los estándares de calidad de la industria, atribuible a las temperaturas ambientes donde fueron almacenados en bodega las semillas, que tal vez provocaron un aumento en la respiración y una disminución en la capacidad germinativa de los granos, por el consumo de las reservas del mismo. Rauscher citado por Monro (1980) menciona que la velocidad de reacción de la fosfina depende inicialmente de la humedad del aire y de la temperatura ambiente. Para que el desprendimiento de fosfina sea completo cada tableta de 3 g necesita unos 3 g de agua

(generalmente en forma de vapor de agua en las condiciones normales de aplicación). A 25°C, 3 g de vapor de agua en el punto de saturación ocupan 130 L de aire saturado. A una humedad relativa de 50% y temperatura de 25°C se necesitará al menos dos días para que una tableta se descomponga. En este sentido las temperaturas ideales para realizar la fumigación con fosfina son a partir de los 5°C, la humedad óptima es alrededor del 60%.

Relación entre viabilidad y germinación

Si bien existe una relación entre la viabilidad y la germinación, es necesario efectuar esta comparación para poder apreciar con mayor claridad las diferencias entre ambas, ya que evidentemente la viabilidad con tinción con tetrazolio arroja valores mayores que un análisis de germinación y sucederá así cada vez que ambos parámetros sean comparados.

De acuerdo a la experiencia que se tiene en Malterías Unidas S.A. sobre los análisis de vitascope y de germinación en placas petri existe una serie de factores que afectan los resultados del análisis de viabilidad, tales como; temperatura, luz, humedad, subjetividad del operador, que pueden ser estimados en un 2%, y que en este ensayo no estuvieron exentos.

El Cuadro 4 muestra las diferencias porcentuales entre el análisis de viabilidad y germinación, con el cual se puede apreciar que existe una evidente sobreestimación del primer análisis sobre el segundo. El promedio que muestra el Cuadro indica que el análisis de viabilidad entregará un valor mayor que el de los granos que efectivamente germinarán. Peske (2006) indica que valores del test de tetrazolio (Análisis de viabilidad) son más altos que el análisis de germinación, debido a los efectos de la dormancia y de la sanidad de las semillas. Según lo descrito en el manual de ALAFACE (1999), la prueba de vitascope tiene un margen de error cercano al 20% debido a la subjetividad del análisis. En cambio en el análisis de germinación en placas petri el margen de error es solo de 13%, indicando que esta prueba es certera en los resultados que arroja.

Si bien estadísticamente no se encontraron diferencias significativas, los resultados obtenidos son relevantes para la industria ya que ellos asocian los bajos porcentajes de germinación a la fitotoxicidad de la fosfina. De acuerdo al Cuadro 4 con dosis superiores a 1 $g \cdot m^{-3}$ de fosfina y tiempo de exposición de 120 h al fumigante, la germinación de los granos de cebada presenta valores muy por debajo de los estándares mínimos requeridos por la industria. Es posible afirmar que al superar 5 $g \cdot m^{-3}$ por 72 h y 3 $g \cdot m^{-3}$ por 120 h se disminuye en forma importante la germinación en comparación a la viabilidad inicial de las semillas. Por otra parte se muestra también que con dosis de 3 $g \cdot m^{-3}$ y tiempo de exposición de 72 h la germinación se ve menos afectada, desde el punto de vista comercial.

Es probable que al aumentar el tiempo de exposición de 72 a 120 h con dosis sobre 3 $g \cdot m^{-3}$ (inclusive) la capacidad germinativa de los granos disminuya seriamente a nivel comercial.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en esta investigación, es posible concluir que la fumigación con fosfina en las distintas dosis no afecta la viabilidad ni la germinación de la cebada. El tiempo de exposición no afectó la viabilidad ni la germinación de cebada. Sin embargo, de acuerdo a los criterios de las empresas elaboradoras de malta, 3 $g \cdot m^{-3}$ de fosfina con exposición de 72 h al fumigante sería la dosis adecuada para fumigar la cebada sin afectar su germinación. Al aumentar el tiempo de exposición a 120 h la dosis debiera reducirse a 1 $g \cdot m^{-3}$.

6. LITERATURA CITADA

AGUIRRE Roberto y PESKE T. Silmar. *Manual para el beneficio de semillas.* [En línea]. 2ª Ed. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1992. 248 pp. [Fecha de consulta: 11 marzo de 2010]. Disponible en: <http://books.google.cl/books?id=ImiIbpnsKr0C&printsec=frontcover&source=gbs_navlinks_s#v=onepage&q=&f=fals> ISBN-84-89206-75-9.

ALAFACE. 1999. Método de análisis cerveceros, Tomo I, Recopilación de métodos técnicos cerveceros de la comisión de Análisis de Europa Central (MEBAK). Caracas, Venezuela. Asociación Latinoamericana de Fabricantes de Cerveza (ALAFACE). pp. 139-140, 143-145.

ANASAC. Tratamientos curativos de insectos, en granos. *Boletín Técnico del Área Pest Control de ANASAC.* [En línea]. Santiago, Chile. Julio 2007. N°16 [Fecha de consulta: 12 agosto de 2009]. Disponible en: <http://www.anasac.cl/ContenedorTmp/Infoplaga_16/mirada.html>.

APABLAZA H. Jaime. 2000. Introducción a la entomología general y agrícola. Textos universitarios Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. 3ª Ed. Imprenta Salesianos S.A. 339 p.

CASTILLO N. Álvaro. *Acondicionamiento de granos: secamiento, almacenamiento y costos.* [En línea]. Bogotá, Colombia. Programa Nacional de Capacitación Agropecuaria. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. OEA-IICA. 1980. 159 p. [Fecha de consulta: 11 marzo de 2010]. Disponible en: <http://books.google.cl/books?id=uGcqAAAAYAAJ&printsec=frontcover&source=gbs_navlinks_s#v=onepage&q=&f=false>

CRUZ J.F., y DIOP A. Avance en la ingeniería agrícola: técnicas de almacenamiento. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO.* [En línea]. Roma, Italia. 1990. 124 p. [Fecha de consulta: 12 marzo de 2010]. Disponible en: <http://books.google.cl/books?id=4xPM3w9SlxkC&printsec=frontcover&source=gbs_navlinks_s#v=onepage&q=&f=false> ISBN 92-5-302767-3.

DÍAZ O. Herbert. 2002. Fumigación con fosfina. En: Curso de tratamientos cuarentenarios (7º, 5 al 12 de agosto de 2002, Santiago, Chile). Universidad Santo Tomás, Escuela de Agronomía. Capítulo 5º. pp. 4, 5, 8, 10, 11.

FAIGUENBAUM M. Hugo. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Santiago, Chile. Editorial Ograma S.A. 760 p.

FLEURAT-LESSART F, WILKIN D.R. y NDIAYE A. 1998. Predicting quality changes in stored grain ecosystems: feasibility of integrated quality management by an Expert System. En: International Symposium *Stored malting barley: management of quality using an expert system.* QualiGrain: Building up a Decision Support System for Management and Control of Quality of Malting Barley. 2001. Paris, Francia. [En línea]. Editorial Paris. Institut National de la Recherche Agronomique. pp. 11-27. [Fecha de consulta: 3 marzo de 2010]. Disponible en:

<http://www.worldcat.org/title/stored-malting-barley-management-of-quality-using-an-expert-system-international-symposium-reims-france-may-28-29-2001-l-orge-de-brasserie-maitrise-de-la-qualite-a-laide-dun-systeme-expert/oclc/254895519/viewport>

FOS SYSTEM. *Métodos de tratamiento de cereales.* [En línea]. Buenos Aires, Argentina. 2010. [Fecha de consulta: 26 abril 2010]. Disponible en: http://www.fossystem.com.ar/met_tratam_cer.htm

GARCÍA G. Mariano, QUINTERO R. Rodolfo y LÓPEZ-MUNGUÍA Agustín. *Biotecnología alimentaria.* [En línea]. 5ª Ed. México D.F. Limusa Noriega Editores 2004. 636 p. [Fecha de consulta: 12 marzo 2010]. Disponible en: <http://books.google.cl/books?id=2ctdvBnTa18C&printsec=frontcover&source=gbs_navlinks_s#v=onepage&q=&f=false> ISBN 968-18-4522-6>

KLIMOVITZ Ray. 2002. El cervecero en la práctica. Manual para la industria cervecera. 3ª Ed. Estados Unidos. Master Brewers Association of the Americas. 830 p. ISBN 0-9718255-0-5.

MALTING AND BREWING INDUSTRY BARLEY TECHNICAL COMMITTEE. *Agricultural Chemical Guidelines for Malting and Brewing.* [En línea]. Australia. MBIBTC. Febrero 2009. [Fecha de consulta: 3 marzo de 2010]. Disponible en: <http://www.barleyaustralia.com.au/LinkClick.aspx?fileticket=vdd2sNn4AXY%3D&tabid=58>

MOLINA C. José. 1989. La cebada. Morfología genética. Agronomía y usos industriales. Ministerio de agricultura pesca y alimentación. Servicio de extensión agraria. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. 252 p

MONRO H.A.U. *Manual de fumigación contra insectos.* [En línea]. 2ª Ed. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1980. 404 p. [Fecha de consulta: 12 marzo de 2010]. Disponible en: <http://books.google.cl/books?id=vzC7_rM5e7cC&printsec=frontcover&source=gbs_navlinks_s#v=onepage&q=&f=false>___ISBN 92-5-300855-5

MORENO M. Ernesto. *Análisis físico y biológico de semillas agrícolas.* [En línea]. México D.F. Instituto de biología. Universidad Nacional autónoma de México. 1984. 383 p. [Fecha de consulta: 12 marzo de 2010]. Disponible en: <http://books.google.cl/books?id=FTpGWUIoo4UC&printsec=frontcover&source=gbs_v2_summary_r&cad=0#v=onepage&q=&f=false> ISBN 968-837-304-4.

ODEPA. *Situación y perspectivas de mercado de la cebada cervecera.* [En línea]. Santiago, Chile. Jeannette Danty Larraín Y Antonio Ochagavía Iñiguez. 2007. [Fecha de consulta: 12 agosto de 2009]. Disponible en: <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr;jsessionid=F4DAA3B7CA084813480258B618439B2E?idcla=2&idcat=2&idclase=99&idn=1991>

PESKE T. Silmar. Consultas SEED News. Seed News La Revista internacional de semillas coordinado por área de semillas de la Universidad Federal de Pelotas Brasil. [En línea]. Brasil. 2006. [Fecha de consulta: 14 marzo de 2010]. Disponible en: <http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed102/consultas102_esp.shtml>

SITTISUANG Prassot. y NAKAKITA Hiroshi. The effect of phosphine and methyl bromide on germination of rice and corn seeds. *J. Pesticide Sci.* [En línea]. Japón. Stored-product entomology laboratory, National Food Research Institude. 1985. (10) pp. 461-468. [Fecha de consulta: 01

marzo de 2010]. Disponible en: <http://rms1.agsearch.agropedia.affrc.go.jp/contents/JASI/pdf/society/32-0901.pdf>

SOARES Laércio. R. Jr. y USBERTI Roberto. Qualidade física e fisiológica de sementes de trigo expurgadas com fosfina durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes.* [En línea]. Brasil. 2007. vol. 29, n°1, pp. 45-51. [Fecha de consulta: 3 marzo de 2010]. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v29n1/07.pdf>

VERÍSSIMO C. Luis. 1999. Cereales. En: Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería. Barcelona, España. OCEANO, Grupo editorial. pp. 319-323.

VILLENA Maturana Leslie Carol. 2002. Evaluación de la difusión del Fosfuro de hidrógeno en fumigación de manzana deshidratada en su empaque de exportación. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Santiago, Chile, Universidad Santo Tomás, Escuela de Agronomía. 73 p.

CUADRO 1. Determinación de la interacción entre los factores sobre germinación y viabilidad de semillas de cebada fumigadas con fosfina, p valor.

Factor	Viabilidad	Germinación
Dosis	ns (1,25)	n/s (0,86)
Tiempo exposición	ns (1,17)	n/s (1,47)
Dosis*Tiempo de exposición	ns (2,55)	n/s (1,26)

P-valor de los factores fueron extraídos del Análisis de varianza.
ns: no significativo (n/s)

CUADRO 2. Viabilidad (%) de cebada fumigada con fosfuro de hidrógeno.

Dosis ($g \cdot m^{-3}$) de fosfina	Tiempo exposición (h) al fumigante			
	72		120	
0	100 ± 0	Aa	97 ± 1,14	Ba
1	97 ± 4,75	Ab	95 ± 0,88	Aa
3	97 ± 1,14	Ab	98 ± 0	Aa
5	98 ± 3,42	Ab	98 ± 3,42	Aa
7	96 ± 1,75	Ab	98 ± 3,42	Aa
CV	0,058		0,042	

Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas en las filas.
Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas en las columnas ($p \leq 0,05$)
CV: Coeficiente de variación
± Error estándar de cada tratamiento

CUADRO 3. Germinación (%) de cebada fumigada con fosfuro de hidrógeno.

Dosis ($g \cdot m^{-3}$) de fosfina	Tiempo exposición (h) al fumigante			
	72		120	
0	92 ± 0,97	Aa	94 ± 2,82	Aa
1	94 ± 1,71	Aa	93 ± 2,05	Aa
3	95 ± 1,63	Aa	89 ± 2,72	Aa
5	92 ± 0,36	Aa	88 ± 0,30	Aa
7	91 ± 3,25	Aa	91 ± 4,43	Aa
CV	0,033		0,052	

Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas en las filas.
Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas en las columnas ($P \leq 0,05$)
CV: Coeficiente de variación
± Error estándar de cada tratamiento

CUADRO 4. Relación entre viabilidad y germinación de cebada fumigada con fosfina por distintos tiempos de exposición.

Dosis ($g \cdot m^{-3}$)	Tiempo de exposición					
	72 h			120 h		
	Viabilidad (%)	Germinación (%)	Diferencia	Viabilidad (%)	Germinación (%)	Diferencia
0	100	92*	8	97	94*	3
1	97	94*	3	95	93*	2
3	97	95	2	98	89*	9
5	98	92*	6	98	88*	10
7	96	91*	5	98	91*	7
Promedio			4,8			6,2

(*) Indica que comercialmente estos porcentajes no son de utilidad para la industria cervecera, ya que el valor mínimo aceptado debe ser superior al 95% de granos germinados.

EFECTO DE LA CARGA FRUTAL SOBRE EL CRECIMIENTO VEGETATIVO EN CIRUELO JAPONÉS (*Prunus salicina* LINDL.) VAR. FRIAR

Effect of crop load on canopy growth of 'friar' japanese plums

Cristián Escobar[1]; Gabino Reginato[1] y Víctor García de Cortázar[1]

[1] Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Dpto. Producción Agrícola, Casilla 1004, Santiago, Chile.

E-mail: cravaria@yahoo.com; greginat@uchile.cl; vgarcia@uchile.cl. *Autor para correspondencia.

RESUMEN

Existe un desconocimiento de las relaciones entre el crecimiento vegetativo y reproductivo del ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.), lo que impide optimizar la práctica del raleo, para asegurar la máxima rentabilidad del huerto. El objetivo de este estudio fue conocer el efecto de la carga frutal, dentro de los niveles de producción normalmente usados en producción de fruta de exportación, sobre el crecimiento vegetativo. Se realizaron tres ensayos (E1, E2 y E3). En E1, dos grupos, de 16 árboles cada uno, fueron separados en función de su tamaño, y se les dejó niveles de carga frutal variable. En E2 y E3 se seleccionaron 16 árboles por ensayo, dejándoles niveles crecientes de carga frutal. El crecimiento vegetativo fue evaluado como desarrollo del área foliar de la copa (AF_T), incremento del área de sección transversal del tronco (Δ ASTT) e interceptación de radiación solar (PAR_f) al término de la temporada de crecimiento. Por medio de análisis de regresión, se determinó que la carga frutal no influyó sobre el desarrollo de AF_T y PAR_f , aunque al comparar las diferencias en Δ ASTT en E1, se observó una tendencia a la disminución de ésta al aumentar la carga frutal, sólo en árboles de menor tamaño (R^2 = 0,47; p ≤ 0,05). Se concluyó que el crecimiento vegetativo no fue afectado por la carga frutal, sin embargo, una diferente condición de tamaño de los árboles podría influenciar la respuesta del crecimiento vegetativo a un mismo rango de carga frutal.

INTRODUCCIÓN

El ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.), con cerca de 8.500 ha, representa una importante fracción de los huertos frutales de hoja caduca en Chile. En esta especie, el aumento de las exigencias en la calidad de la fruta y los menores retornos a nivel de productor plantean el desafío de aumentar la rentabilidad de los huertos, ya sea elevando la producción o aumentando el precio del producto. Sin embargo, el desconocimiento de las relaciones entre el crecimiento vegetativo y reproductivo en el ciruelo japonés impide que el sistema productivo pueda ser optimizado, en el sentido de buscar la relación precio (tamaño de fruto) – producción que genere el mayor ingreso del huerto.

La producción de huertos frutales de hoja caduca es consecuencia de la interacción de dos factores: la producción total de materia seca (MS) y la partición de ésta hacia los frutos y madera (Forshey, 1991; Forshey y Elfving, 1989); por lo que la única alternativa posible para mejorarla es maximizar el primer factor y/o incrementar la magnitud de biomasa hacia los frutos (Wünsche y Lakso, 2000). Mientras la producción de MS depende, fundamentalmente, de la interceptación de radiación solar fotosintéticamente activa (PAR_f; 400-700 nm) y de la eficiencia por la cual la energía lumínica interceptada es convertida en biomasa (ε_c; Monteith, 1977), la distribución de ésta hacia los

frutos será función del crecimiento potencial de éstos y de su capacidad para competir por asimilados con el crecimiento vegetativo. Por otro lado, una inadecuada penetración de luz y sombreamiento interno puede alterar la partición de carbohidratos hacia los frutos, limitando la producción por reducción del número, tamaño y calidad de la fruta (Rom, 1991).

Mencionados los factores involucrados en la formación de biomasa durante la temporada, se puede inferir que tanto PAR_f como ε_c están estrechamente relacionados con el crecimiento vegetativo, debido a la influencia directa que este último tiene sobre la interceptación de radiación solar, la cual determina, finalmente, el potencial fotosintético de la planta. Sin embargo, el crecimiento de éste se verá afectado de manera negativa por el crecimiento reproductivo, lo que supondría una limitación de la cantidad de carbohidratos para sustentar el crecimiento de los órganos desarrollados en la planta.

La supresión del crecimiento vegetativo por la fruta está bien documentada y puede ser medida principalmente como crecimiento de brotes (número, longitud, diámetro, etc.), desarrollo del área foliar, crecimiento de raíces e incremento de la sección transversal del tronco.

Wünsche y Palmer (1997) investigaron la respuesta del crecimiento vegetativo de manzanos 'Braeburn' a diferentes niveles de carga frutal, encontrando que los árboles sin fruta, comparados con los árboles altamente cargados, tuvieron una longitud y diámetro de brote significativamente mayor. De la misma manera, Grossman y DeJong (1995a), trabajando con dos variedades de duraznero, una de maduración temprana y otra de maduración tardía, y estableciendo dos tratamientos - árboles con y sin fruta - encontraron que al final de la estación de crecimiento, y para ambas variedades, la longitud total de los brotes, la acumulación de materia seca en brotes y hojas y el incremento radial del tronco fue significativamente menor en los árboles con fruta que en los completamente raleados. Por otro lado, cuando se toma el área foliar total como medida de crecimiento vegetativo, los resultados se tornan contradictorios; mientras Palmer (1992), Wibbe *et al.* (1993) y Palmer *et al.* (1997) no encontraron efecto de la carga frutal sobre el área foliar total de la copa, otros autores (Fujii y Kennedy, 1985; Wünsche *et al.*, 2000; Reyes *et al*., 2006) sí reportaron diferencias significativas en el desarrollo foliar entre árboles con y sin fruta de manzano. Similares efectos de la carga frutal sobre el área foliar han sido encontrados en duraznero (Grossman y DeJong, 1995a; Inglese *et al*., 2002), a pesar de que Lázaro *et al*. (2006) no encontraron una relación consistente entre ambas variables.

Intentar crear un balance entre los órganos fuertemente demandantes (ej. frutos) y los oferentes de asimilados (ej. hojas) es uno de los objetivos primordiales para obtener altas producciones y retornos económicos en huertos frutales. El aumento o disminución del vigor de los árboles, a través de la regulación de la carga frutal, se transforma, por lo tanto, en una herramienta de manejo importante para lograr dicho equilibrio, el cual permitiría optimizar la adquisición de carbono y hacer más eficiente la distribución de éste hacia los frutos.

Tomando en cuenta que la fruta puede ejercer un fuerte efecto depresivo sobre el crecimiento vegetativo, lo cual produciría una disminución del potencial productivo de la planta, definido éste por el área total de hojas, lo cual está relacionada directamente con la PAR_f, es importante encontrar un balance que mantenga un crecimiento vegetativo deseable sin disminuir la cosecha. Por lo tanto, y de acuerdo a lo analizado, se plantea la hipótesis de que la carga frutal usada en la producción de fruta de

exportación influye en el desarrollo vegetativo de ciruelos 'Friar', evaluado éste como desarrollo del área foliar de la copa, incremento del área de sección transversal del tronco e interceptación de radiación solar al término de la temporada de crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el estudio, se realizaron tres ensayos. Los ensayos E1 y E2 se realizaron en la Comuna de Malloa, Región del Libertador Bernardo O'Higgins (34º 35' Latitud sur; 70º 38' Longitud oeste), durante las temporadas 2005-2006 y 2006-2007, respectivamente. Se trabajó con ciruelos (*Prunus salicina* Lindl.) 'Friar' de 5 y 7 años de edad, respectivamente, conducidos en "túnel", injertados sobre patrón Mirabolano, plantados a 5,0 x 3,0 m y en dirección este-oeste. El Ensayo 3 (E3) se llevó a cabo en la Comuna de Chépica, Región del Libertador Bernardo O'Higgins (34º 42' Latitud sur; 71º 16' Longitud oeste), durante la temporada 2006-2007. Se trabajó con árboles de 9 años de edad, conducidos en "túnel", injertados sobre patrón Marianna 2624, plantados a 2,8 x 4,0 m, en dirección norte-sur.

Ensayo 1

Carga frutal. Se seleccionaron 32 árboles, los cuales se separaron en dos categorías de tamaño, según el diámetro del tronco a 0,20 m de altura desde el suelo, sobre la unión variedad/portainjerto. Los árboles de cada grupo fueron raleados manualmente (18 de octubre de 2005) dejando un amplio rango de carga frutal, de entre 2,5 y 6,5 frutos/cm^2 de ASTT.

Área foliar total. Se caracterizó la evolución del área foliar total para ambos grupos de árboles, desde inicio de brotación (aproximadamente el 3 de septiembre de 2005) hasta el cese del crecimiento de cada tipo de brote. Para las estimaciones de área foliar se muestreó una vez por semana, y desde árboles vecinos de similar vigor, 20 dardos, 20 ramillas entre 5 y 20 cm, 20 ramillas entre 20 y 50 cm y 20 chupones, representativos. A cada muestra se le determinó su área foliar, sumando las áreas de todas las hojas expandidas de cada tipo de brote, utilizando un medidor automático (modelo CL-203 CA (CID Inc, Camas, WA, EE.UU.). El área foliar total de la copa (AF_T) se estimó multiplicando el número de dardos, ramillas y chupones por planta, por su correspondiente área foliar promedio. El número y tipo de brotes por árbol se determinó al final de la temporada, después de caída las hojas.

Interceptación de radiación solar. A partir del 4 de octubre de 2005, y cada 30 días aproximadamente, se midió la fracción de radiación no interceptada por el árbol (PAR_{ni}), a 0,20 m de altura sobre el suelo con un ceptómetro lineal, modelo Accupar LP-80 (Decagon Devices, Pullman, WA, EE.UU.), que incorpora 80 sensores. Bajo cada árbol, se establecieron 5 "transectos" de 5 m de largo, perpendiculares a la hilera, desde la mitad de una entrehilera hasta la mitad de la siguiente, cubriendo toda el área del árbol. Se realizaron tres evaluaciones por día: mediodía solar, 2 horas antes o después del mediodía solar y 4 horas antes o después de éste. Cada 15 minutos se realizó una medición de radiación incidente (PAR_0; 400-700 nm) en un sector no sombreado del huerto. Se asumió que la radiación interceptada en la mañana y en la tarde fue simétrica. La última medición se realizó el 21 de enero, cuando la copa ya no evidenció más crecimiento. La fracción de radiación interceptada (PAR_f) por el árbol fue calculada como 1 - PAR_{ni}/ $PAR_{0.}$

Incremento del área de sección transversal del tronco (Δ ASTT). Éste se calculó como el incremento producido entre inicios de brotación y caída de hojas.

Ensayos 2 y 3

Carga frutal. En cada uno de los dos ensayos se seleccionaron 16 árboles de tamaño homogéneo. Los árboles fueron raleados manualmente el 3 de octubre en Malloa y el 24 de octubre en Chépica, dejándose niveles crecientes de carga frutal, establecido con el criterio de frutos/cm de rama, entre un fruto cada 20 cm y un fruto cada 5 cm de rama.

Área foliar e interceptación de radiación solar. A la cosecha, realizada el 19 de enero de 2007, para ambos ensayos, se determinó el área foliar de dardos, ramillas, entre 5 y 20 cm, entre 20 y 50 cm, y mayores a 50 cm, y de chupones representativos. Cada tipo de brote fue muestreado desde árboles vecinos de similar vigor. A caída de hojas, y con el objetivo de estimar el AF_T, se determinó el número y tipo de brotes por árbol. En cosecha, se midió el PAR_f por árbol. La metodología utilizada en cada tipo de evaluación fue la misma ocupada en E1.

Incremento del área de sección transversal del tronco (Δ ASTT). Se midió el ASTT a inicios de temporada (raleo) y a caída de hojas.

Análisis estadístico

Para cada ensayo se utilizó un diseño completamente al azar, con 2 tratamientos y 16 repeticiones para E1. Para comparar entre grupos de árboles se utilizó análisis de varianza y covarianza, usando como covariable la carga frutal. Los resultados de los ensayos E2 y E3 se describieron mediante análisis de correlación y regresión, usándose como variable independiente la carga frutal y variables dependientes el AF_T, PAR_f y Δ ASTT. El análisis de covarianza sólo se realizó luego de comprobar los supuestos sugeridos por Marini *et al.* (2002). Para el análisis estadístico se usó el programa InfoStat/P 1.1 (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).

RESULTADOS

Ensayo 1

Tamaño del árbol y caracterización de la cubierta vegetal. El tamaño del árbol, evaluado como área de sección transversal del tronco (ASTT) o como fracción de radiación interceptada (PAR_f), medida 140 días después de brotación (ddb), fue significativamente diferente entre los dos grupos (Cuadro 1). Sin embargo, al utilizar el ASTT como medida del tamaño del árbol, los árboles de mayor tamaño fueron un 50% más grande que los árboles chicos, diferencia que se redujo a un 26% al usar el PAR_f.

Cuadro 1. Tamaño de árbol, en términos de ASTT y fracción de radiación solar interceptada (PAR_f), para los diferentes ensayos.

Table 1. Tree size, expressed as trunk cross sectional area and fraction of intercepted *PAR*, for different trials.

Ensayo	Tamaño del árbol			
	Área de sección transversal del tronco (ASTT)			PAR_f
	ASTT (i)	ASTT (f)	Δ ASTT	
	---------cm²----------			
E1, chicos	82,9 a [z]	97,9 a	15,0 a	0,41 a
E1, grandes	137,8 b	149,2 b	12,5 a	0,52 b
E2	256,5	269,1	9,4	0,75
E3	162,8	170,4	8,8	0,72

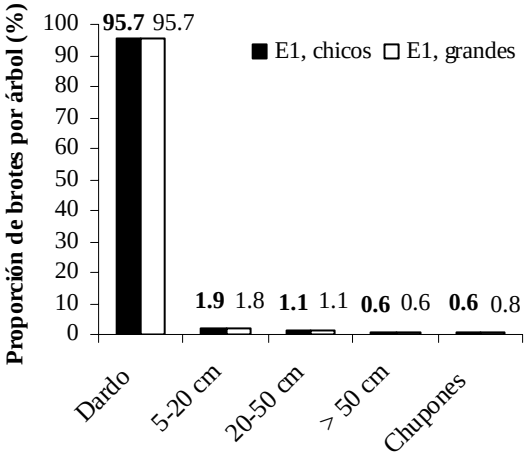
[z] Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre grupos, (P≤0,05).

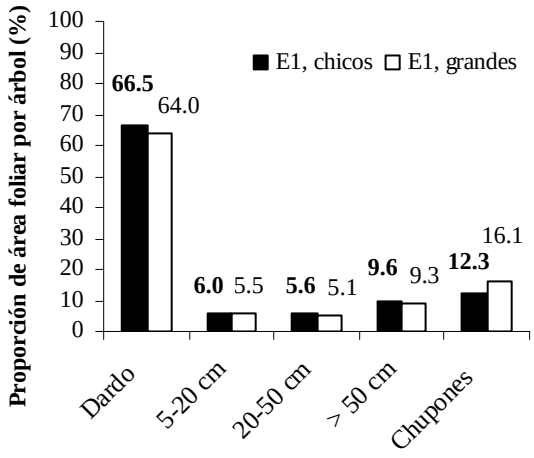
Al término de la estación de crecimiento, los árboles chicos presentaron un menor índice de área foliar por árbol (1,14) que los árboles grandes, que obtuvieron 1,77. La misma tendencia se describe para cada una de las diferentes clases de brotes (Cuadro 2). Pese a lo anterior, la proporción de cada tipo de brote en relación al total fue prácticamente la misma, para ambos grupos de árboles (Figura 1). En cuanto al aporte que cada tipo de brote hizo al área foliar total de la planta, se observa que un 66,5 y 64,0% del total fue aportado por los dardos en árboles chicos y grandes, respectivamente. Los chupones, con un 12,3% en árboles pequeños y un 16,1% en los grandes, hicieron el segundo mayor aporte (Figura 1).

Cuadro 2. Índice de área foliar (IAF) total y para cada tipo de brote, para los diferentes ensayos.
Table 2. Leaf area index of different shoot types and the total for different trials.

Ensayo	IAF					
	Dardos	**Ramillas 5-20 cm**	**Ramillas 20-50 cm**	**Ramillas > 50cm**	**Chupones**	**Total**
E1, chicos	0,76 a [z]	0,07 a	0,06 a	0,11 a	0,14 a	1,14 a
E1, grandes	1,13 b	0,10 b	0,09 b	0,16 b	0,29 b	1,77 b
E2	1,44	0,07	0,11	0,29	0,16	2,06
E3	0,95	0,09	0,20	0,45	0,74	2,43

[z] Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos, (P≤0,05).





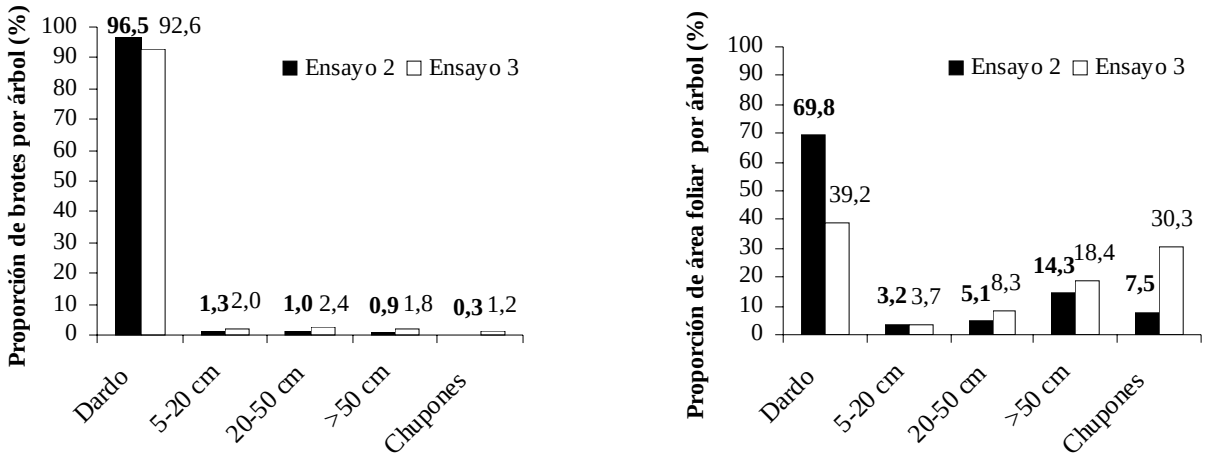


Figura 1. Proporción de cada tipo de brote en el árbol y distribución del área foliar para cada tipo de brote, en los diferentes ensayos.

Figure 1. Fraction of each shoot type in the tree, in terms of number or leaf area, for different trials.

Crecimiento vegetativo. La evolución del área foliar total de la copa de árboles chicos y grandes durante la temporada mostró un patrón sigmoideo, con un crecimiento exponencial hasta aproximadamente los 40 ddb, momento en el cual la tasa de crecimiento decayó, para finalmente cesar a partir de los 80 ddb (Figura 2). Hubo diferencias estadísticas significativas en el área foliar de los dos grupos durante toda la temporada de crecimiento ($P \leq 0,05$).

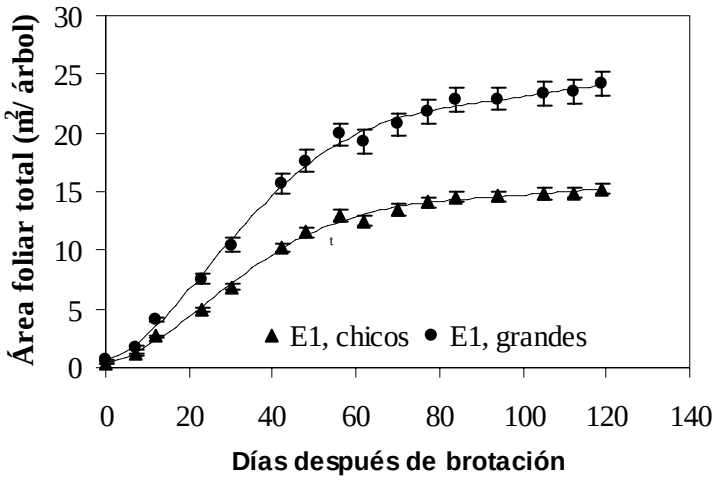


Figura 2. Crecimiento de área foliar total, para árboles chicos y grandes del Ensayo 1. Barras verticales representan error estándar.

Figure 2. Leaf area development for trees with different size on Trial 1. Vertical bars represent standard error.

Con respecto a la interceptación de *PAR* a través del tiempo, la fracción interceptada 30 ddb fue similar para ambos grupos de árboles (32% aproximadamente). Sin embargo, conforme al desarrollo de la copa, ésta aumentó hasta un 44 y 51% 105 ddb, en árboles chicos y grandes, respectivamente (Figura 3). Se observaron diferencias significativas en PAR_f entre los dos grupos de árboles, a partir de 80 ddb.

Por otra parte, cuando el crecimiento vegetativo se evaluó como Δ ASTT no hubo diferencias significativas entre los grupos, pese a que los árboles chicos tuvieron un incremento mayor en un 20%, en relación al de los árboles grandes (Cuadro 1).

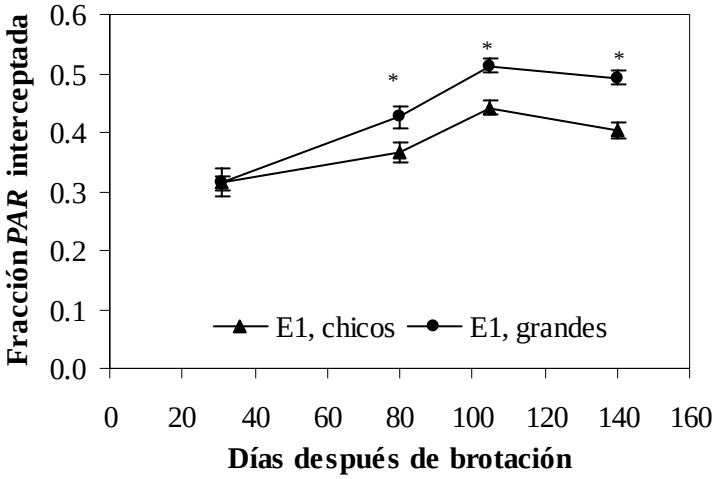


Figura 3. Fracción de *PAR* interceptada durante la temporada para árboles chicos y grandes del Ensayo 1. Barras verticales representan error estándar. * indica diferencia significativa ($p \leq 0,05$); n = 8.
Figure 3. Fraction of intercepted *PAR* along the season for large and small trees of Trial 1. Vertical bars represent standard error. * Indicates significant difference ($p \leq 0.05$); n = 8.

Efecto de la carga frutal sobre el crecimiento vegetativo. No se encontró efecto de la carga frutal sobre el área foliar total desarrollada, ni sobre la fracción de radiación interceptada 140 ddb, para ninguno de los dos grupos de árboles (Cuadro 3). Por otro lado, el efecto de la carga frutal sobre el incremento del área de sección transversal de tronco (Δ ASTT), entre brotación y caída de hojas, fue notablemente diferente entre los dos grupos de árboles. Mientras que en árboles grandes no hubo correlación, en los chicos se encontró una relación inversa entre ambas variables, con un $R^2 = 0,47$ ($P \leq 0,05$; Cuadro 3).

Cuadro 3. Crecimiento vegetativo, medido como área foliar total (AF_T; m^2), fracción de radiación interceptada (PAR_f) e incremento del área de sección del tronco (Δ ASTT; cm^2) en función de la carga frutal (frutos/cm^2 ASTT) para los diferentes ensayos.

Table 3. Vegetative growth, expressed as total leaf area (AFT; m^2), fraction of intercepted *PAR* (PAR_f) and trunk cross sectional area increment (Δ ASTT; cm^2), as a function of crop load (fruits/cm^2 ASTT) for different trials.

Ensayo	Variable dependiente	Ecuación de regresión	R^2
E1, chicos	AF_T	y = -0,77x + 20,10	0,11
	PAR_f	y = 0,004x + 0,43	0,02
	Δ ASTT	y = -11,9Ln(x) + 30,64	0,47*
E1, grandes	AF_T	y = 1,7444x + 19,53	0,19
	PAR_f	y = 0,0094x + 0,51	0,03
	Δ ASTT	y = 0,5166x + 10,45	0,02
E2	AF_T	y = -1,7832x + 34,30	0,13
	PAR_f	y = 0,0167x + 0,72	0,07
	Δ ASTT	y = -5,086Ln(x) + 12,53	0,12
E3	AF_T	y = -2,5765x + 32,81	0,36*
	PAR_f	y = 0,0131x + 0,69	0,06
	Δ ASTT	y = -0,6539x + 9,99	0,03

* Indica modelo significativo (P≤0,05).

Ensayos 2 y 3

Caracterización de los componentes vegetativos. Los árboles de E2 tuvieron una mayor ASTT que los árboles de E3, tanto al inicio como al final de la temporada. Sin embargo, el incremento en ASTT fue aproximadamente un 5% para ambos grupos (Cuadro 1).

Al término de la estación, los árboles de E2 se caracterizaron por obtener un mayor IAF para dardos, pero menores valores de IAF para ramillas y chupones que en E3. Además, E2, pese a obtener menores valores de IAF, interceptó mayores niveles de radiación *PAR* que E3 (cuadros 1 y 2).

Por otra parte, y pese a que la copa de los árboles de ambos ensayos estuvo compuesta mayoritariamente por dardos (mas del 90%), éstos solamente proporcionaron un 39,2% del total de área foliar en E3, seguido por los chupones, los cuales aportaron con un 30,3%, pese a que estos últimos representan sólo el 1,2% del total de brotes. En E2 los dardos aportaron el 70% del área foliar total, similar a lo descrito en E1 (Figura 1).

Efecto de la carga frutal sobre el crecimiento vegetativo. No hubo efecto de la carga frutal sobre el área foliar total y sobre el área foliar aportada por cada tipo de brote en E2 (cuadros 3 y 4). Sin embargo, existió una leve disminución de la superficie foliar de los dardos a medida que los niveles de carga frutal aumentaron, lo que es reflejado también a nivel de copa. A diferencia de E2, en E3 hubo una relación inversa entre la superficie total de hojas de

ramillas y chupones y la carga frutal, lo cual provoca una moderada disminución del AF_T, conforme la densidad de frutos aumenta (R^2 = 0,36; P ≤ 0,05) Asimismo, no se encontró efecto de la carga sobre PAR_f en cosecha y Δ ASTT (Cuadro 3).

Cuadro 4. Área foliar del árbol, por cada tipo de brote (m^2/árbol), en función de la carga frutal (frutos/cm^2 ASTT) para los ensayos 2 y 3.
Table 4. Leaf area by tree from different shoot type (m^2/tree), as a function of crop load (fruits/cm^2 ASTT) for trials 2 and 3.

Ensayo	Tipo de brote	Área foliar (y) en función de la carga frutal (x)	
		Ecuación	R^2
E2	Dardos	y = -2,2178x + 25,8	0,21
	Ramillas 5-20 cm	y = 0,0231x + 0,95	0,01
	Ramillas 20-50 cm	y = -0,3684x + 3,07	0,17
	Ramillas > 50 cm	y = 0,3422x + 3,77	0,12
	Chupones	y = -0,1921x + 2,70	0,04
E3	Dardos	y = -0,3874x + 11,5	0,03
	Ramillas 5-20 cm	y = -0,2202x + 1,48	0,33*
	Ramillas 20-50 cm	y = 0,2614x + 1,09	0,25
	Ramillas > 50 cm	y = -0,565x + 6,24	0,13
	Chupones	y = -1,0355x + 10,5	0,36*

* indica modelo significativo (P≤0,05).

DISCUSIÓN

Las diferencias en tamaño encontradas entre los árboles chicos y grandes en E1 dependieron del método usado para estimar el tamaño del árbol; cuando se utilizó el ASTT, los árboles de mayor tamaño fueron un 50% más grande que los árboles chicos, diferencia que se redujo a un 26% al usar el PAR_f. La utilización del área de sección transversal del tronco, como medida del tamaño del árbol, se basa en la estrecha relación existente entre el peso de la copa y el ASTT (Westwood y Roberts, 1970), sin embargo, su uso debe limitarse a los primeros años después de la plantación, antes de que el frutal sea fuertemente intervenido por podas. Al respecto, Reginato *et al.* (2007) mostraron que en durazneros de 12 años de edad, fuertemente intervenidos por poda, la fracción de radiación interceptada estimó de mejor manera el tamaño del árbol que el ASTT.

De acuerdo a la corta edad que caracteriza a los árboles seleccionados en este ensayo, y bajo el supuesto de que éstos no han sido fuertemente intervenidos por poda, las variables ASTT y *PARf* fueron mejores estimadores del tamaño del árbol. En efecto, el área foliar de la copa, en términos de índice de área foliar, se correlacionó lineal y positivamente con la fracción de radiación interceptada (R^2 = 0,66; datos no mostrados). Por otra parte, una heterogeneidad en la distribución de las hojas dentro de la copa, probablemente debido al escaso desarrollo de ésta a través de la temporada, estaría influenciando la obtención de una menor diferencia de tamaño entre árboles chicos y grandes al utilizar la fracción *PAR* interceptado como estimador.

En cuanto a la composición de la cubierta vegetal, más del 90% de los brotes desarrollados en la copa de los árboles fueron dardos, lo que se correspondió con el aporte que éstos hicieron en términos de área foliar (entre un 64 y 69% del área foliar total en E1 y E2). El menor aporte de área foliar hecho por los dardos al total del árbol en E3 (39,2%), respondió al hecho de que los chupones se desarrollaron en mayor número y área foliar que en E1 y E2.

Cuando se analizó la respuesta del crecimiento vegetativo a la carga frutal no se encontró un efecto significativo de ésta sobre el desarrollo de área foliar total, pese a que en E3 el modelo de regresión fue significativo, con un R^2 de 0,36. Al respecto, Lázaro *et al.* (2006) y Palmer *et al*. (1991), Palmer (1992), Wibbe *et al.* (1993) y Palmer *et al.* (1997), en manzano, no encontraron efecto de la carga frutal sobre el desarrollo foliar de la copa durante la estación de crecimiento, respaldando los resultados del presente ensayo. Pese a que Forshey y Elfving (1989) manifiestan que diferencias en la condición fisiológica entre árboles con similares cargas podrían influir en la relación entre crecimiento vegetativo y reproductivo, las discrepancias entre los resultados de los diferentes trabajos, incluyendo los del presente estudio, estarían asociadas a los diferentes rangos de carga frutal usados, los que incluyeron árboles sin fruta en algunos de ellos. De manera análoga con la relación encontrada para el área foliar, la proporción de *PAR* interceptada no fue afectada por la carga frutal, lo que es concordante a lo mostrado previamente por Wünsche *et al.* (1996) y Wünsche *et al.* (2000), con la buena relación existente entre el área foliar de la copa y los niveles de interceptación.

Aunque la carga frutal puede competir directamente con el crecimiento vegetativo, es importante distinguir que tal competencia puede estar limitada por una separación temporal en los patrones de desarrollo de los diferentes tipos de órganos (ej. frutos y hojas; frutos y tronco). Un ejemplo de esto son los resultados obtenidos por DeJong y Grossman (1994), al utilizar un modelo de crecimiento vegetativo y reproductivo en duraznero. Estos autores describieron que, durante los primeros días posfloración, la mayoría de los carbohidratos fueron destinados hacia los frutos, cambiando la partición hacia las hojas tan pronto éstas comenzaron a crecer, manteniéndose como sumideros principales aproximadamente por un mes, momento en que los frutos recuperan su dominancia en relación a los demás órganos. Por otra parte, ellos hacen referencia a que durante los primeros 150-200 días-grado después de floración (2 a 3 semanas), los frutos, hojas, tallos y ramas crecen en su tasa de crecimiento potencial, lo que significa que durante ese periodo no existen limitaciones por disponibilidad de recursos. Tomando en cuenta los resultados de Mariscal *et al.* (2002), al intentar aplicar el mismo modelo a ciruelo japonés "Royal Diamond" (var. de media estación similar a "Friar"), estos patrones de crecimiento podrían explicar la respuesta del crecimiento vegetativo a aumentos en la carga frutal en 'Friar'. Al respecto, la copa de los árboles de ciruelo japonés está conformada principalmente por dardos, con una tasa máxima de crecimiento absoluto, en términos de área foliar, aproximadamente 30 días después de brotación (ddb), alcanzando una asíntota alrededor de 48 ddb (21 de octubre; datos no mostrados). Analizando este patrón de desarrollo, se puede inferir que, prácticamente, la totalidad del crecimiento de dardos, en términos de área foliar, se determinó antes de la época de raleo, lo que condicionó el efecto de la carga frutal sobre la superficie total de hojas de la copa. Por otro lado, y pese a que la época de raleo en E2 fue más temprana (aproximadamente 3 semanas antes que en E1 y E3), tampoco fue suficiente para encontrar un efecto consistente sobre el desarrollo de los dardos. Sumado a lo anterior, y de acuerdo con Mariscal *et al.* (2002), el

crecimiento del área foliar de los dardos no estaría limitado por la falta de disponibilidad de recursos e, incluso, estarían creciendo a una tasa cercana a la potencial durante 2 a 3 semanas después de floración.

Diferente situación ocurre en E3. Mientras en E1 y E2 el aporte de los chupones al total de área foliar es menor al 20%, en E3 éste alcanza al 30,3%. Esta diferencia en la conformación de la copa determinaría la magnitud de la respuesta del AF_T a la carga frutal. Pese a que el efecto de la carga frutal no fue consistente, la disminución del número de chupones (indicado indirectamente por el área foliar desarrollada) sería una respuesta a la gran competencia por asimilados existente con el crecimiento del fruto, especialmente durante la etapa 3 del crecimiento reproductivo (Grossman y DeJong, 1995b; Basile *et al*., 2002). Al respecto, trabajos previos han descrito un menor número y peso seco de chupones en árboles con baja disponibilidad de carbohidratos (Gordon *et al.*, 2006; Gordon y DeJong, 2007). Adicionalmente, si bien, en este ensayo, no es posible asegurar un menor crecimiento en longitud de los brotes al aumentar la carga frutal, no resultaría infundado inferirlo debido a la sensibilidad de los meristemas de los chupones a la concentración de carbohidratos (Gordon y DeJong, 2007) y a que cercano a cosecha el área foliar de los chupones continúa creciendo con tasas cercanas a 5 cm^2/día (datos no mostrados).

Por otra parte, la distinta respuesta del área foliar y Δ ASTT a aumentos en los niveles de carga frutal en los árboles de menor tamaño en E1, puede ser explicada mediante el efecto diferencial que la fruta ejerce sobre el crecimiento de cada componente vegetativo de la planta. Maggs (1963), citado por Forshey y Elfving (1989), encontró que la carga frutal reduce el porcentaje de incremento estacional del peso seco de hojas y brotes sólo en una pequeña cantidad, comparado a árboles sin fruta, mientras que la reducción del crecimiento de ramas y tronco es mayor, pero menor que en raíces. Por lo tanto, y a pesar de que Grossman y DeJong (1995a) y Berman y DeJong (2003) encontraron que la tasa de crecimiento del diámetro del tronco en duraznero es constante a través de la temporada, la capacidad de éste para competir por los productos de las hojas es mucho menor que la de frutos y brotes, especialmente cuando el árbol no tiene suficientes recursos (carbohidratos) para sustentar el crecimientos de todos los órganos. De esta manera, al aumentar la carga frutal en los árboles de menor tamaño, posiblemente, gran parte de los fotoasimilados fueron distribuidos hacia los brotes y frutos, dejando una muy baja proporción de éstos para sustentar el crecimiento del tronco. Dicha situación se magnificó a altos niveles de carga frutal, debido a los bajos niveles de interceptación experimentados durante la temporada, lo que condicionó la capacidad fotosintética de los árboles. Por otra parte, los árboles grandes se beneficiaron de una mayor interceptación de radiación solar durante la estación de crecimiento, lo que resultó en una mayor disponibilidad de carbohidratos para el crecimiento vegetativo y reproductivo.

CONCLUSIONES

El crecimiento vegetativo no se vio afectado de manera significativa por los niveles de carga frutal impuestos en los tres ensayos. Tomando en cuenta que el rango de carga frutal pudo haber sido insuficiente para detectar mayores respuestas, los resultados responderían principalmente a la separación temporal entre el crecimiento de diferentes órganos, lo que permite limitar la competencia entre ellos a determinados momentos en la temporada de crecimiento (ej. dardos respecto de frutos y tronco respecto de frutos). Sin embargo, diferencias en el vigor de los árboles habrían

influenciado las relaciones entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, situación ejemplificada con la mayor disminución de Δ ASTT y área foliar total a aumentos en la carga frutal en árboles chicos y en E3, respectivamente. Mientras la primera situación, probablemente, respondió a una menor capacidad fotosintética, producto de un menor desarrollo de área foliar, la segunda se relacionaría con la mayor presencia de chupones en su copa, cuyo crecimiento competiría fuertemente con el del fruto en precosecha, condicionando el desarrollo final de la copa.

LITERATURA CITADA

Basile B., M.J. Mariscal, K.R. Day, R.S. Johnson and T.M. DeJong. 2002. Japanese plum (*Prunus salicina* L.) fruit growth: seasonal pattern of source/sink limitations. J. Amer. Pomol. Soc. 56(2):86-93.

Berman, M.E. and T.M. DeJong. 2003. Seasonal patterns of vegetative growth and competition with reproductive sinks in peach (*Prunus persica*). J. Hort. Sci. & Biotechnology 78(3): 303-309.

DeJong, T.M. and Y.L. Grossman. 1994. A supply and demand approach to modeling annual reproductive and vegetative growth of deciduous fruit trees. HortScience 29(12):1435-1442.

Forshey C.G. 1991. Measuring growth in complex system: how do growth regulators alter growth?. HortScience 26(8): 999-1001.

Forshey, C.G. and D. Elfving. 1989. The relationship between vegetative growth and fruiting in apple. Horticultural Reviews 11: 229-287.

Fujii, J. and R.A. Kennedy. 1985. Seasonal changes in the photosynthetic rate in apple trees. A comparison between fruiting and nonfruiting trees. Plant Physiology 78:519-524.

Gordon, D., A. Rosati, C. Damiano and T.M. DeJong. 2006. Seasonal effects of light exposure, temperature, trunk growth and plant carbohydrate status on the initiation and growth of epicormic shoots in *Prunus persica.* J. Hort. Sci. & Biotechnology 81(3): 421-428.

Gordon, D and T.M. DeJong. 2007. Current-year and subsequent-year effects of crop-load manipulation and epicormic-shoot removal on distribution of long, short and epicormic shoot growth in *Prunus persica*. Annals of Botany 99:323-332.

Grossman, Y.L. and T.M. DeJong. 1995a. Maximum vegetative growth potential an seasonal patterns of resource dynamics during peach growth. Annals of Botany 76:473-482.

Grossman, Y.L. and T.M. DeJong. 1995b. Maximum fruit growth potential and seasonal patterns of resource dynamics during peach growth. Annals of Botany 75:553-560.

Marini, R.P., J.A. Barden, J.A. Cline, R.L. Perry and T. Robinson. 2002. Effect of apple rootstock on average 'Gala' fruit weight at four locations after adjusting for crop load. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127(5):749-753.

Mariscal, M.J., B. Basile, K.R. Day and T.M. DeJong. 2002. Modeling the vegetative and reproductive growth of plums. Acta Hort. 584:35-41.

Monteith, J.L. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 288: 277-294.

Palmer, J.W. 1992. Effects of varying crop load on photosynthesis, dry matter production and partitioning of Crispin/M.27 apple trees. Tree Physiology 11:19-33.

Palmer, J.W., Y.L. Cai and Y. Edjamo. 1991. Effect of part-tree flower thinning on fruiting, vegetative growth and leaf photosynthesis in 'Cox's Orange Pippin' apple. J. Hort. Sci. 66(3): 319-325.

Palmer, J.W., R. Giuliani and H.M. Adams. 1997. Effect of crop load on fruiting and leaf photosynthesis of 'Braerburn'/M.26 apple trees. Tree Physiology 17:741-746.

Reginato, G., V.G. de Cortázar, T.L. Robinson and J. Varela. 2007. Crop load expressed in terms of intercepted photosynthetically-active radiation can be used as a covariate to compare peach tree performance. J. Hort. Sci. & Biotechnology 82(5):715-720.

Reyes, V.M., J. Girona and J. Marsal. 2006. Effect of late spring defruiting on net CO2 exchange and leaf area development in apple tree canopies. J. Hort. Sci. & Biotechnology 81(4):575-582.

Rom, C.R. 1991. Light thresholds for apple tree canopy growth and development. HortScience 26 (8): 989-992..

Westwood, M.N. and A.N. Roberts. 1970. The relationship between trunk cross sectional area and weight of apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95(1):28-30.

Wibbe, M.L., M.M. Blanke and F. Lenz. 1993. Effects of fruiting on carbon budgets of apple tree canopies. Trees 8:56-60.

Wünsche, J.N and J.W. Palmer. 1997. Effects of fruiting on seasonal leaf and whole-canopy carbon dioxide exchange of apple. Acta Hort. 451:295-301.

Wünsche, J.N. and A.N Lakso. 2000. Apple tree physiology-implications for orchard and tree management. The Compact Fruit Tree 33(3):82-88.

Wünsche, J.N., A. N. Lakso, T.L. Robinson, F. Lenz and S.S. Denning. 1996. The bases of productivity in apple production systems: The role of light interception by different shoot types. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(5):886-893.

Wünsche, J.N., J.W. Palmer and D.H. Greer. 2000. Effects of crop load on fruiting and gas-exchange characteristics of 'Braerburn'/M.26 apple trees at full canopy. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125(1):93-99.

Efecto de las temperaturas en la relación azúcar/acidez en uvas de mesa cv Crimson seedless, en dos localidades distintas del valle del Limarí.

Influence of temperature in the sugar/acids relation on table grape Crimson seedless in two different areas of the Limari Valley

L. A. Lizana[1, 2]; V. Rodríguez[2]; L. Luchsinger[1, 2] y M. Orellana[3].
[1]Depto. Producción Agrícola, [2]CEPOC, [3]Estación Experimental Agronómica, Maipú, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile

RESUMEN

El objetivo fue comparar la relación existente entre la acumulación de días grados y la evolución de los sólidos solubles y la acidez titulable en el cultivar Crimson Seedless en dos áreas agrícolas con diferentes temperaturas diurnas y nocturnas del valle del Limarí. En cada una de ellas se seleccionaron parronales de edad y manejo semejantes, se tomaron muestras de frutas en 6 fechas distintas del período de crecimiento, midiendo sólidos solubles y acidez durante los meses de Enero y Febrero hasta el período de madurez comercial. El diseño experimental fue al azar, siendo cada muestra constituida por nueve repeticiones las cuales eran racimos de tres plantas, tres de cada una de ellas, pertenecientes a la población. Se utilizó la prueba de comparación "t" de Student. Los resultados muestran que las temperaturas máximas diurnas y nocturnas, en la zona alta del valle (Palqui), fueron superiores a las registradas en las localidades de la parte baja del valle (Sotaquí y Punitaqui), influyendo en una diferente relación SS/acidez debido a una acumulación de sólidos solubles y en la degradación más rápida de los ácidos orgánicos, modificando de ésta forma, la fecha de cosecha.

ABSTRACT

This study examines the relation between the degrees days' accumulation and the soluble solids/acidity relations in Crimson Seedless berries from selected vineyards of equal age and management, from two different growing areas of the same Limarí valley with different diurnal and nocturnal temperatures. Soluble solids and acidity data was obtained from samples of fruit evaluated in 6 different dates during January to the commercial maturity of the fruit. T Student was used to compare the evaluated parameters. The results show that the maximum diurnal and nocturnal temperatures of the valley higher zones (Palquí), exceeded the maximum temperatures registered in lower parts of the valley (Sotaquí), having a direct influence in the grapes SS/acid relationship through higher concentrations of soluble solids and faster degradation of organic acids, by this, modifying harvesting data.

INTRODUCCIÓN

El criterio de cosecha basado en una mínima relación sólidos solubles / acidez igual a 20/1, con niveles de sólidos solubles entre 15 y 16,5 °Brix nace en las zonas de producción tempranas de California, como los Valles de Coachella y Bakersfield (Nelson *el al.,* 1963). Considerando esta información, Lizana (1987), sugirió que una situación similar se podría presentar en los

valles calurosos del norte de Chile. Sin embargo, un estudio realizado en cinco zonas productivas, estableció que la norma de cosecha californiana no era aplicable en nuestro país (Lizana y Abarca, 1987), situación confirmada posteriormente por Santiago (1989), para los cultivares Thompson Seedless y Flame Seedless. Un ensayo donde se aumentaron artificialmente las temperaturas nocturnas determinó que éstas aceleraron la degradación de los ácidos presentes en la uva (Lizana et al, 2007).

La concentración de ácidos orgánicos es máxima poco antes o durante el envero disminuyendo posteriormente por transformaciones en azucares y por formación de sales (Nelson et al, 1963). Al madurar la baya, es el ácido tartárico el que predomina, porque el málico se degrada más rápido. Así mismo, la acumulación importante de azúcar ocurre en la baya en su segunda fase de crecimiento y el grano maduro está conformado por casi un 99% por glucosa y fructosa y un mínimo de sacarosa (Kliewer y Lider, 1970). Kliewer (1971) encontró que el clima afecta la concentración de los ácidos orgánicos, puesto que la alta temperatura tiene un efecto en el aumento de la degradación de ácido málico.

Esto puede explicar las diferencias de valores entre los valles del norte de Chile y del sur de California. Al ser el promedio de las temperaturas mínimas de las regiones del norte de Chile mas bajas que las del sur de California también explicaría que nuestra uva es inicialmente más ácida que la de California (Lizana y Abarca 1978, a).

La relación SS/AC., se considera un índice de madurez sólido, puesto que, considera ambos sabores primarios y constituyentes de la calidad comestible de las uvas. Además, después de realizar estudios de palatabilidad en cinco variedades de uva de mesa de los valles del sur de California (Coachella y San Joaquín) se concluyó que éste índice es muy superior respecto a los sólidos solubles por sí solos, como método para pronosticar la madurez (Nelson et al, 1963).

El objetivo de éste ensayo fue comparar la relación existente entre la acumulación de días grados y la evolución de los sólidos solubles y la acidez titulable en el cultivar Crimson Seedless en dos áreas agrícolas con diferentes temperaturas diurnas y nocturnas del valle del Limarí.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó el cv Crimson seedless (Badr et al, 1995) en dos localidades con diferentes condiciones agroclimáticas en el valle del Limarí (IV Región): la primera en la localidad de El Palqui, que corresponde a la parte alta del valle a 530 msnm. (30°26' 45" lat. Sur y 70° 25' 45" long. Oeste) en el predio "Montero". La segunda en la localidad de Sotaquí en la parte baja del valle (273 msnm), (30° 38' 42" lat. Sur y 71 ° 06' 44" long. Oeste) en el predio San Pedro.

Las plantas se seleccionaron en base a la edad y uniformidad (diámetro de tronco, follaje y carga frutal) 25 plantas a 4,0 x 3,0 m por cuartel. Se consideró adicionalmente el historial productivo de las plantas y el similar manejo agronómico similar de los cuarteles de ambas zonas (poda, sistema de riego, fertilización y aplicaciones de productos fitosanitarios). Para los análisis se muestrearon 3 racimos al azar por planta, en tres plantas pertenecientes a la población seleccionada (25 plantas), totalizando 9 racimos por tratamiento. De ellos, se seleccionaron 10 bayas extraídas del extremo superior medio e inferior de los racimos. Por lo tanto, en cada fecha de muestreo se cosechó un total de 9 racimos por tratamiento. Los muestreos se realizaron en 6 ocasiones en cada localidad desde mediados de Enero a fines de Febrero del

2005, cuando habían terminado su madurez. Éstos se analizaron en el Laboratorio Post-cosecha de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile (CEPOC), en Santiago. Los racimos siempre se seleccionaron de plantas distintas, ya que las plantas se marcaban una vez que se habían extraído los 3 racimos.

Dado a la diferencias de las zonas agroclimáticas, existió un desfase anticipando 20 días la plena floración en la parte alta del valle (El Palquí). Debido a lo anterior, se compararon los tratamientos, iniciando la fecha de plena floración (ddpf), como punto de partida para comenzar a registrar las variables de temperaturas. Las mediciones a las bayas fueron: sólidos solubles (°Brix) con un refractómetro termo compensado (Atago, ATC-1) graduado de 0 a 32 °Brix, acidez titulable (g ácido tartárico/l00 ml de jugo de uva) y relación sólidos solubles / acidez. Los días-grados se calcularon usando como temperatura base 10°C (Morris *el al.*, 1980), utilizando los registros de temperaturas de las estaciones meteorológicas pertenecientes a los predios.

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las mediciones se hicieron desde plena flor para ambas localidades, que para El Palquí fue el 20 de Octubre y Para Sotaquí el 10 de Noviembre y completaron 110 días el 7 Febrero en el Palquí y el 28 del mismo mes en Sotaquí. Se presentan las temperaturas máximas y mínimas promedios cada 15 días hasta 75 ddpf para luego ser comparadas a los 84, 91, 97, 101, 105,y 110 días después de la plena flor del cv Crimson seedless (Figura 1).

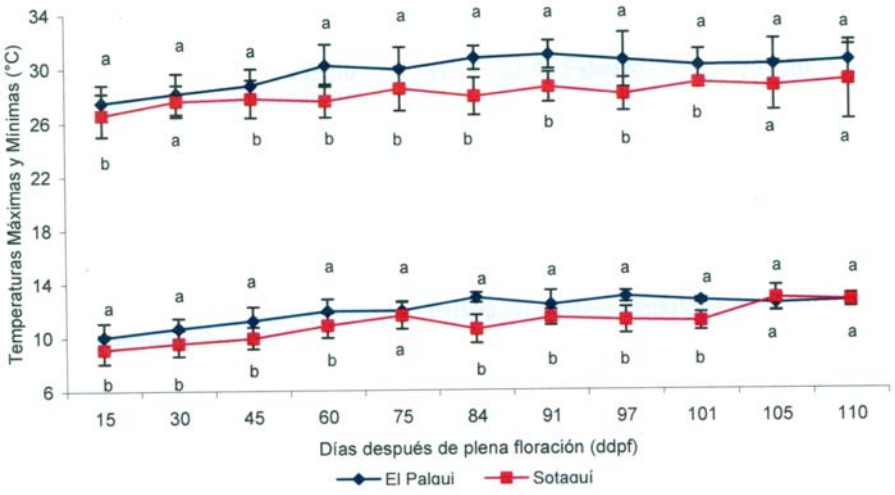


Figura 1. Evolución de las temperaturas máximas y mínimas promedios registradas en El Palqui y Sotaquí IV Región durante el crecimiento de las bayas cv Crimson Seedless desde plena flor hasta 110 días después.

Cuadro 1. Fechas de plena floración, acumulación de días-grado, fechas de envero, fechas de muestreo y días después de plena flor en el cultivar Crimson Seedless en El Palquí y Sotaquí, Provincia del Limarí, IV Región.

El Palquí, Plena Flor 20 de octubre			Sotaquí, Plena Flor 10 de noviembre		
Fecha de muestreo	Días-grado	ddpf	Fecha de muestreo	Días-grado	ddpf
19 de diciembre (envero)	589,15	60	08 de enero (envero)	508,97	59
11 de enero	859,30	84	02 de febrero	751,50	84
19 de enero	940,90	91	09 de febrero	821,40	91
25 de enero	1011,40	97	15 de febrero	879,05	97
29 de enero	1056,95	101	19 de febrero	918,90	101
02 de febrero	1102,15	105	23 de febrero	961,65	105
07 de febrero	1159,70	110	28 de febrero	1015,65	110

Tanto en Palquí como en Sotaquí, el muestreo del cv. Crimson Seedless comenzó el día 84 después de plena flor, pero como existía un desfase fenológico de 20 días entre las dos localidades producto de su ubicación geográfica, el muestreo comenzó primero en el Palquí el día 11 de enero del 2005 y en Sotaquí el 2 de febrero del mismo año. En este momento ya existía una mayor acumulación de días-grado en el Palquí con 859,3 días-grado, por sobre los 751 días-grado de Sotaquí. El envero en la variedad Crimson Seedless ocurrió en el Palquí a los 60 ddpf, con una acumulación de 589,15 días-grado, y en Sotaquí a los 59 ddpf con una acumulación de 508,97 días-grado. Esto es de gran importancia, ya que, es después del envero donde ocurre una rápida acumulación de azúcares y degradación de ácidos (Coombe y McCarthy, 2000). El Palquí durante los 110 días que duró en ensayo para el cv. Crimson Seedless, después de plena floración, hasta el último muestreo, se acumularon 1159,7 días-grados; para igual periodo Sotaquí acumuló solo 1015,5 días-grados. Durante los primeros 101 días después de plena flor, El Palquí acumulaba una cantidad mayor significativamente de días-grados diariamente, que Sotaquí. Al final del periodo de evaluación (105 y 110 ddpf) no hubo diferencias, pero ambas zonas se diferencian por la cantidad de días-grado que ya se habían acumulado a ese período.

Sólidos Solubles.- En ambas localidades los sólidos solubles aumentaron a través del tiempo y siempre fueron significativamente mayores en El Palqui, la tasa de acumulación de estos, fue más rápida en Sotaquí, ya que, en esta localidad se alcanzó, a los 110 ddpf, los 16,32 °Brix con 1015,65 días-grado, dando como resultado que para aumentar en 1 °Brix las bayas se necesitaban 62,2 días-grado, a diferencia de El Palqui que en el mismo periodo (110 ddpf) alcanzo los 16,98 °Brix con una acumulación de 1159,70 días-grado, dando como resultado que en esta localidad se necesitan 68,3 días-grado por cada °Brix que acumulen las bayas.

Esto se explicaría porque los procesos fisiológicos de madurez de la uva serían principalmente dependientes de la temperatura, lo que se expresó como suma de días-grado. También se puede mencionar respecto a este punto, que existe un aumento en la

concentración de azúcar de 20 mg/ml cuando se aumenta la temperatura entre 4 a 5 °C (Radler, 1968).

En la Figura 2 se observa que en el cultivar Crimson Seedless, a igual desarrollo de las bayas, en la localidad de El Palqui a los 84 días después de plena flor, la cantidad de sólidos solubles tuvo un valor de 14,8 °Brix, mientras en Sotaquí el contenido alcanzaba los 12,41 °Brix, en el mismo periodo de días después de plena flor. Esta diferencia es atribuible a las diferencias que existen tanto entre las temperaturas máximas como las mínimas, donde en El Palqui fueron mayores prácticamente durante todo el periodo estudiado, dando como resultado que en El Palqui la acumulación de días-grado fuera de 859,3; contra los 751,5 días-grado que sumaba Sotaquí. Esto coincide con los resultados de Kliewer (1968) y Bergqvist el al. (2001), quienes muestran que la concentración de sólidos solubles aumentó en bayas expuestas a mayores temperaturas ambientales.

Acidez Titulable.- En El Palqui los ácidos se degradaron más rápido y la acidez titulable siempre fue menor que en Sotaquí. En el periodo en que las bayas estaban en pleno crecimiento y madurez, las temperaturas diurnas y las mínimas nocturnas promedio fueron siempre superiores a las de Sotaquí (Figura 2). Los resultados concuerdan con los de Kliewer (1971) quién investigo los efectos de la temperatura en ácidos orgánicos de uvas, encontrando mayor acidez titulable en Washington que California atribuible a la diferencia de latitud presenta bajas temperaturas (20°C) durante la maduración de uvas producían mayor concentración de ácidos totales, que uvas producidas a altas temperaturas (30°C). También explica que la disminución de ácidos tiene una relación directa con las temperaturas nocturnas. Sería más rápida si las temperaturas nocturnas son más altas puesto que tienen un efecto en el aumento de la degradación de ácido málico (Kliewer, 1971). Las altas fluctuaciones entre el día y la noche, teniendo temperaturas nocturnas bajas, aumentan la formación de ácidos, y a su vez impide la rápida degradación de los ácidos orgánicos de la baya (Kliewer y Lider, 1970). Los ácidos son metabolizados en la respiración a temperaturas altas, mientras que a temperaturas bajas, es cuando son efectivamente formados. Debido a esto la uva cultivada en Chile es algo más ácida que la californiana, así lo comprobó Lizana y Abarca (1987).

Relación Sólidos Solubles/Acidez.- Durante todo el estudio, la relación sólidos solubles/acidez es mayor en El Palqui, dado por un lado, a que la acidez titulable es menor en esta zona debido a la mayor temperatura nocturna, lo que favorece la degradación de ácidos en la baya, y por otro lado al mayor contenido de azúcares, debido a la acumulación de días grado, que es más alta en El Palqui.

Como se muestra en la figura 2, los tratamientos de El Palqui y Sotaquí presentaron diferencias significativas en el comportamiento de la relación sólidos solubles/acidez desde el 84 ddpf hasta el último día de evaluación, 110 ddpf, período que corresponde a la madurez comercial. Al final del estudio, en la evaluación del día 110, El Palqui presentó una relación sólidos solubles/acidez titulable, mayor que Sotaquí, esto se debió a que la acidez titulable de El Palqui era menor que la de Sotaquí, 0,77 versus 0,88 g de ácido tartárico l00 ml respectivamente, y los sólidos solubles de El Palqui también fueron mayores (16,98 en El Palqui y 16,32 en Sotaquí). Estos resultados son similares a lo establecido por Lizana y Abarca (1987a), que indican una relación directa en la variación de los sólidos solubles con respecto a los sólidos solubles/acidez y al mismo tiempo una relación inversa del comportamiento de la acidez titulable con respecto a la variación de relación sólidos solubles/acidez.

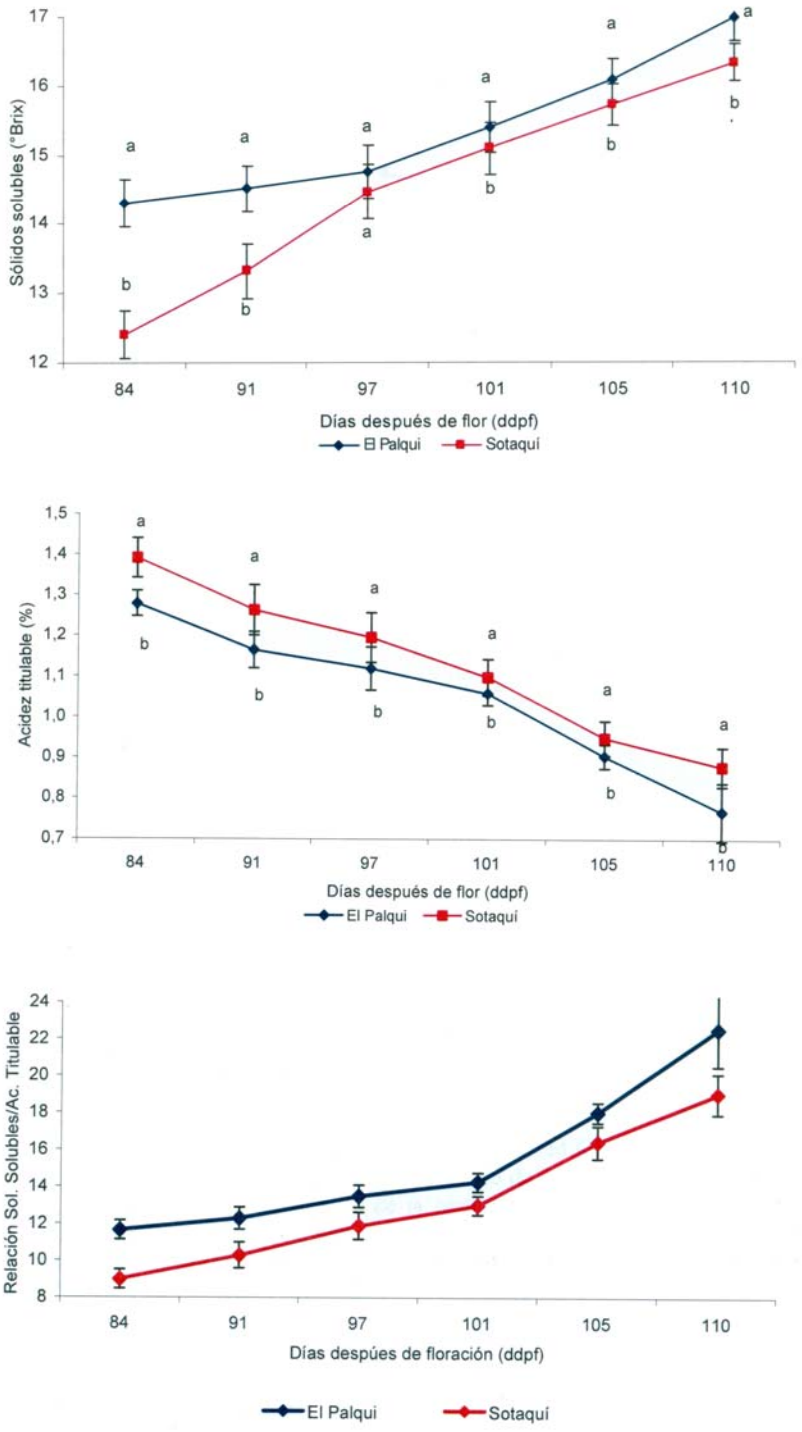


Figura 2. Evolución de los sólidos solubles, acidez titulable y de la relación SS/acidez, durante el crecimiento de la baya de Crimson Seedless desde los días de plena flor (ddpf) hasta 110 ddpf en las localidades de El Palqui y Sotaquí IV Región. Las barras indican el error estándar asociado a cada punto.

CONCLUSIONES

Debido a los resultados obtenidos en este estudio, pueden desprenderse como conclusiones lo siguiente:

La parte alta del valle (El Palquí) presentó una acumulación térmica mayor que la parte baja del valle (Sotaquí), esto debido a que tanto las temperaturas máximas como las mínimas (nocturnas) fueron en promedio mayores en El Palquí.

-La acumulación de sólidos solubles en ambas variedades, presentó una relación directa con la acumulación de días-grados, teniendo una mayor tasa en la acumulación de azúcar en el sector alto del valle.
-La acidez titulable de las dos variedades disminuyó a medida que aumentó la acumulación de días-grados.
-Las temperaturas nocturnas más elevadas, inducen a una degradación más rápida de los ácidos orgánicos en Crimson seedless.

LITERATURA CITADA

Badr, Ramming and Tairilo.1995. "Crimson seedless": A new late maturing, Red seedless grape. *Hortscience*, 30(7): 1473-4.

Bergqvist, J.; Dokoozlian and N. Ebisuda.2001. Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the central San Joaquin Valley of California. *American Journal of Enology and Viticulture*.52(1): 1-7.

Kliewer, W.M.1968. Effects of temperature on the composition of grapes grown under field and controlled conditions. *J.Amer. Soc. Hort. Sci*.93(6): 797-806.

Kliewer, W.M.y L.A. Lider. 1970. Effects of day temperature and light intensity on growth and composition of *Vitis Vinifera* L. fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*.95(6):766-769.

Kliewer, W.M.1971. Effect of day temperature and light intensity on the concentration of malic and tartaric acids in *Vitis vinifera*.L. Grapes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*.96(6):797-806.

Lizana, L.1987. La Madurez como limitante en la calidad de uva de mesa de exportación. *Revista Antumapu* (1):39-46.

Lizana, L. y A. Abarca.1987. Madurez de cosecha en uva de mesa cv. Thompson Seedless. 1: Prospección del índice de cosecha sólidos solubles/acidez en relación a sólidos solubles, en uva Thompson Seedless de distintas zonas productoras del país. *Simiente.* 57(1-2):34-41.

Lizana, L. y A. Abarca.1987a. Madurez de cosecha en uva de mesa cv. Thompson Seedless. II: Aceptabilidad sensorial en relación a los índices sólidos solubles y relación sólidos solubles / acidez. *Simiente*, 57(1-2):42-48.

Lizana, L.A.; AJ. Miranda; M. Pinto y V. García de Cortázar. 2007. Effect of night temperatures on Thompson seedless Soluble Solids and Acidity evolution and berry growth. *Acta Horticulturae*, (754): 191-195.

Morris, J.R.; D.L. Clauton; S.E. Spayol; R.D. May and D.R. Bryan. 1980. Prediction of concord grape maturation and sources of error. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.,* 105(3): 313-318.

Nelson, K.; A. Baker; A.J. Winkler; M.A. Amerine; H.B. Richardson and F. Jones.1963. Chemical and sensory variability in table grapes. *Hilgardia*34(1): 1-42.

Radler Santiago, M. 1989. Relación Sólidos Solubles y la Acidez Titulable como indicadores del estado de madurez en uva de mesa. *Publ. Misc. Agr. Universidad de Chile,* (42):1411-147.

EFECTO DE GASES NO CONVENCIONALES SOBRE LA CALIDAD DE GERMINADOS DE SOYA (*Glycine max* L.) BAJO ATMÓSFERA MODIFICADA ACTIVA

Effect of non-conventional gases on the fresh quality of soybeans stored under active modified atmosphere packaging

Víctor Hugo Escalona*, Linda Sánchez, Andrea Hinojosa, María Luisa Tapia
Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC). Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Casilla 1104 (Santiago, Chile).
*Email: vescalona@uchile.cl; www.hortyfresco.cl; www.cepoc.cl

RESUMEN

Investigaciones recientes han evaluado el uso de gases no convencionales con propiedades únicas que podrían ayudar a disminuir la perecibilidad de los alimentos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de atmósferas enriquecidas con argón (90% Ar + 10% O_2), helio (90% He + 10% O_2), óxido nitroso (90% N_2O + 10% O_2) y oxígeno (100% O_2) sobre la calidad de germinados de soya conservadas durante 12 días a 5 °C, bajo atmósfera modificada activa en envases plásticos. La tasa respiratoria de los germinados de soya presentó valores en un rango de 42,1 a 78,1 mg CO_2 kg^{-1} h^{-1} el día del procedimiento que luego se redujo por efecto de los gases no convencionales, oscilando en un rango de 20,1 a 27,7 mg CO_2 kg^{-1} h^{-1} tras 12 días de almacenamiento. En cuanto a la composición gaseosa de los tratamientos con gases no convencionales, hubo un aumento en la concentración de CO_2, tras el primer día de almacenamiento presentó valores de 0,4 a 0,6% de CO_2 que luego de 12 días de almacenamiento presentó de 1,9 a 4,2% de CO_2. Referente a las características sensoriales, las atmósferas lograron mantener los germinados de soya en un nivel aceptable durante toda la conservación, con valores significativamente más altos que el tratamiento aire al día 12. Según nuestros resultados atmósferas enriquecidas en Ar, He, N_2O son recomendadas para mantener la calidad de germinados de soya.

Palabras clave: *Glycine max* L., argón, helio, óxido nitroso, calidad sensorial

ABSTRACT

Recent research has evaluated the use of unconventional gases with unique properties that may help reduce the perishability of food. The objective of this research was to evaluate the effect of argon-enriched atmospheres (90% Ar + 10% O_2), helium (90% He + 10% O_2), nitrous oxide (90% N_2O + 10% O_2) and oxygen (100 % O_2) on the quality of soybean sprouts stored 12 days at 5 ° C active modified atmosphere in plastic containers. Respiration rate of the bean sprouts have values in a range of 42,1 to 78,1 mg CO_2 kg^{-1} h^{-1} on the process which is then reduced by the effect of non-conventional gases maintaining in a range of 20,1 to 27,7 mg CO_2 kg^{-1} h^{-1} after 12 days of storage. Regarding the gas composition of gases conventional treatments, there was an increased CO_2 concentration, after the first day of storage showed levels of 0.4 to 0.6 % CO_2 after 12 days of storage showed from 1.9 to 4.2% CO_2. Regarding sensory characteristics, atmospheres managed to maintain soybean sprouts at an acceptable level for all conservation, with values significantly higher than air treatment at day 12. According to our results atmospheres enriched by Ar, He, N_2O are

recommended to maintain the quality of soybean.

Key words: *Glycine max* L., argon, helium, nitrous oxide, sensory quality.

INTRODUCCIÓN

Los productos mínimamente procesados en fresco (MPF) consisten en frutas y hortalizas lavadas, que pueden ser cortadas y/o ralladas y/o picadas y/o rebanadas y posteriormente envasadas para ser inmediatamente consumidas (Escalona y Luchsinger, 2008). Además, se incorpora una higienización y ocasionalmente un tratamiento de preservación para ser comercializados bajo refrigeración.

La sanitización de la materia prima, es una de las etapas más importantes en el procesamiento de los productos MPF, ya que en su elaboración se ve afectada la calidad, seguridad y la vida útil del producto final (Escalona et al., 2010). Las hortalizas mínimamente procesadas, debido a su alto pH, humedad y mayor superficie de contacto generada por el corte, facilitan las condiciones para el crecimiento de microorganismos (Ahvenainen, 1996). El sanitizante más utilizado por la industria de productos MPF es el cloro, en la forma de hipoclorito de sodio (Escalona et al., 2010), pero existe una tendencia a disminuir su utilización debido a que forma compuestos cancerígenos (Ölmez y Kretzschmar, 2009).

Una atmósfera óptima de conservación es una de las claves para mantener la calidad sensorial y nutricional, así como la seguridad microbiológica de los MPF, es por esto que diversas investigaciones se han basado en evaluar los efectos de las concentraciones de O_2 y/o de CO_2 bajo envasado en atmósfera modificada (EAM), ya sea pasiva o activa, sobre el metabolismo de los vegetales enteros o MPF (Escalona et al., 2006).

El EAM, consiste en utilizar un envase elaborado a partir de una película plástica con permeabilidades selectivas al O_2, CO_2, etileno y al vapor de agua, para la generación de una atmósfera de equilibrio adecuada para el producto. Si se inyectan gases dentro del envase, generalmente nitrógeno, o una mezcla gaseosa, para alcanzar antes la atmósfera de equilibrio, se denomina atmósfera modificada activa (AMA) (Kader, 2002).

Investigaciones recientes, han estudiado el uso de gases nobles como el argón, helio y otros gases como el óxido nitroso, sustituyendo al N_2 y/o atmósferas con elevadas concentraciones de O_2, superiores a 70%, para frenar la tasa respiratoria y la biosíntesis de etileno (Escalona et al., 2006; Char et al., 2012). Estos gases tienen propiedades únicas que los hacen interesantes, ya que posiblemente podrían permitir una modificación de la composición atmosférica para ser utilizados en AMA (Saltveit, 2003). En estudios anteriores, se observó que atmósferas de He o Ar 75 % combinados con O_2 25% redujeron la respiración de las hojas de espinaca MPF comparada con N_2 75%, todas conservadas a 15 ºC (Magalhães et al., 2007). Paralelamente el óxido nitroso (N_2O) causaría una reducción parcial y reversible de la respiración y de la actividad de la citocromo C oxidasa observada en mitocondrias aisladas de semillas, hojas o suspensiones celulares (Sowa y Towill, 1991), y por ende aumentaría la vida postcosecha de productos vegetales.

La soya (*Glycine max* L.) es una especie de la familia de las *Fabaceae* cultivada por sus semillas que poseen una alta concentración en lípidos y proteínas. Los germinados se producen a partir de semillas y son pequeñas plantas. Dependiendo del tipo de semilla, la cosecha ocurre generalmente de 3 a 8 días después de la

germinación (Suslow y Cantwell, 2006). Los germinados de soya aportan una cantidad de energía menor que las semillas y sobre todo que el aceite de soya. En base a lo anterior, este trabajo busca ser una primera aproximación para determinar el efecto que tienen algunos gases no convencionales sobre la calidad y vida útil de germinados de soya.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el laboratorio de Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Se utilizaron germinados de soya (*Glycine max* L.), provenientes de la empresa comercial Más Vida S.A. (Calera de Tango, Región Metropolitana). Los germinados fueron producidos mediante un sistema de cultivo hidropónico en cámaras climatizadas a 18-20º C y 90% de HR. Los germinados se cosecharon luego de 6 días desde su siembra. Los germinados se trasladaron en bolsas de polietileno, a una temperatura aproximada de 5 °C hasta el CEPOC. Los germinados se llevaron a una sala de manipulación y acondicionamiento a 8 ºC, donde se realizó la selección visual y se eliminaron aquellos germinados que no presentaron color característico (amarillamiento u otro), poca turgencia (pérdida de agua) y daño físico. Luego, los germinados fueron lavados con una solución sanitizante (hipoclorito de sodio 100 mg L^{-1} pH 6-7) y posteriormente sumergidos en agua estéril. Cada lavado se realizó con agua a 5 ºC durante 5 minutos con agitación manual.

Una vez realizado el enjuagado con agua estéril, los germinados se escurrieron sobre una malla de acero inoxidable durante 5 minutos, seguido de una centrifugación manual de 2 minutos. Luego, para las mediciones de concentración de gases al interior del envase, color y evaluación sensorial de los germinados se pesaron 45 ± 1 g y se colocaron al interior de bolsas de polietileno de 0,20 x 0,15 m (permeabilidad a 23 °C y a 1 atm fue de 9000 mL CO_2 m^{-2} d^{-1} y de 3000 mL O_2 m^{-2} d^{-1}, según proveedor). Las bolsas se sellaron parcialmente con una selladora de pedal (modelo KS, 400 30 3000 22, Empresa Plaspak, Región Metropolitana). Para la inyección de los gases al interior de las bolsas se utilizó un panel mezclador, desde el cual se preparó la concentración deseada para cada tratamiento y se inyectó justo antes de sellar completamente la bolsa (Cuadro 1). Para el tratamiento testigo (Aire), a las bolsas se le realizaron 7 perforaciones de 0,5 mm de diámetro, para lograr una atmósfera similar al aire (79% N_2, 21% O_2 y < 1% CO_2).

Para la determinación de la tasa respiratoria y producción de etileno, se siguió el mismo procedimiento, salvo que se pesaron 200±0,5 g de germinados y se dispusieron dentro de recipientes plásticos de 1 L, con un septum en su tapa a través del cual se extrajo la muestra y dos conexiones por los cuales se inyectó la mezcla de gases diariamente hasta finalizar el estudio (Cuadro 1). Los cinco tratamientos se almacenaron durante 12 días a 5 °C y 95% de humedad relativa y las mediciones fueron realizadas los días 1, 5, 8 y 12 desde su procesamiento.

Cuadro 1. Mezcla de gases empleadas para conservar germinados de soya.

Tratamiento	Mezcla gaseosa inyectada	Envasado
Argón	89,2-89,3% Ar + 10-10,3% O_2	AMA
Helio	89,5-89,6% He + 10-10,1% O_2	AMA
Óxido nitroso	89,4-89,6% N_2O + 10-10,1% O_2	AMA
Oxígeno	83,2-90,2% O_2 + 9,4-16,3% N_2	AMA
Aire	79% N_2 + 21% O_2	BP

AMA: atmósfera modificada activa
BP: bolsa perforada (control)

Tasa respiratoria

Para determinar la tasa respiratoria se utilizó el método estático a 5 °C, descrito por Kader (2002). Las muestras gaseosas de 10 mL se tomaron e inyectaron en un cromatógrafo de gases (CG HP, 5890 A serie II, EE.UU.) después de acumular una concentración de CO_2 de 0,5 a 1% al interior de los recipientes. La tasa respiratoria se expresó como la producción de CO_2 (mL kg^{-1} h^{-1}) y se midió los días 1, 5, 8 y 12 posteriores al procesamiento a 5 °C.

Producción de etileno

Para determinar etileno se utilizó una metodología similar a la de tasa respiratoria. Las muestras se inyectaron en un CG (Agilent technologies 7820A, CG System, EE.UU.). Los resultados fueron expresados en μL C_2H_4 kg h^{-1}.

Concentración de gases al interior de las bolsas

Se realizaron mediciones para conocer la evolución de las concentraciones de CO_2 y O_2 al interior de cada envase. Para esto, se introdujo la aguja del analizador de gases manual (Checkpoint, PBI Dansensor, Rongsted, Dinamarca), luego se procedió a sellar el orificio con cinta adhesiva. Además, se tomaron muestras con una jeringa de plástico de 10 mL que fueron analizadas con el CG HP 5890 para conocer la concentración de Ar, He y N_2O en el interior de los envases. Las concentraciones de gases fueron expresadas como porcentaje.

Color

Se realizó utilizando un colorímetro compacto triestímulo (Minolta Chroma meter CR-300, Japón) con una fuente luminante D_{65}, un ángulo observador de 0° y calibrado con un estándar blanco (Y = 92,6; x = 0,3161; y = 0,3325), usando el sistema CIELab. La medición se realizó directamente sobre los hipocotilos de los germinados, que fueron estirados, para ordenarlos uno al lado del otro, realizando 10 mediciones por placa para cada repetición y tratamiento.

Determinación de calidad sensorial

Se empleó el método de análisis descriptivo-cuantitativo determinando la calidad sensorial a base de una pauta, para el cual se utilizó un panel de 12 evaluadores no entrenados, quienes calificaron distintos parámetros a través de una escala no estructurada de 0 a 15 cm . Los parámetros que se midieron fueron: apariencia y turgencia (Espinosa, 2007).

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Sólo para la evaluación sensorial se realizaron diez repeticiones. La unidad experimental fue la bolsa con 45 ± 1 g de germinados de soya. Los datos obtenidos fueron evaluados con un análisis de varianza (ANDEVA), con un nivel de confianza del 95%, y de existir diferencias

significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamientos, se aplicó la prueba de comparaciones múltiple de TUKEY.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tasa respiratoria

La materia prima presentó una tasa respiratoria de 107,3 mg CO_2 kg^{-1} h^{-1}, la cual disminuyó luego del procesamiento y la refrigeración (Cuadro 2). Al día 1, los tratamientos He (47,2 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$), N_2O (45,8 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$) y Aire (47 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$) presentaron valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (41 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$) y O_2 (38,8 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$). Luego de 5 días de almacenamiento a 5 °C el tratamiento Aire (43,1 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (32,5 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$), N_2O (36,7 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$) y O_2 (31,5 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$), además el tratamiento He (40 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar y O_2 (Cuadro 2). Tras 8 días, el tratamiento Aire (38,8 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (26,9 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$), He (30,3 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$), N_2O (20,8 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$) y O_2 (24,3 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$), paralelamente el tratamiento He presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar, N_2O y O_2, además los tratamientos Ar y O_2 presentaron valores significativamente más altos que el tratamiento N_2O. Luego de 12 días de almacenamiento a 5 °C el tratamiento Aire (27,9 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (21,1 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$) y O_2 (22,3 mg CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$).

Los valores elevados de la tasa respiratoria obtenidos el día 0 podrían ser consecuencia de la aplicación de gases y la manipulación en el lavado y secado durante el procesamiento, los cuales causarían un estrés fisiológico en los germinados (Allende *et al*., 2009). Sin embargo, tras estos primeros días la tasa respiratoria tiende a estabilizarse (Silveira, 2009).

Cuadro 2. Tasa respiratoria (mg CO_2 kg^{-1} h^{-1}) de germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 ºC durante 12 días

Respiración	Días	Tratamientos				
		Ar	He	N_2O	O_2	Aire
mg CO_2 kg^{-1} h^{-1}	0	61,0 bc[1]	55,4 c	77,0 a	45,7 d	66,0 b
	1	41,0 b	47,2 a	45,8 a	38,8 b	47,0 a
	5	32,5 c	40,0 ab	36,7 bc	31,5 c	43,1 a
	8	26,9 c	30,3 b	20,8 d	24,3 c	38,8 a
	12	21,1 c	25,0 abc	25,9 ab	22,3 bc	27,9 a

[1] Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Contrario a este ensayo Gorny y Agar (1998) señalan que el He podría reducir la tasa respiratoria, en relación al Ar; probablemente debido a que posee un menor peso atómico, controlando mejor los procesos respiratorios. En estudios realizados en espárragos, la combinación de Ar y He con O_2 redujo la tasa respiratoria, la pérdida de ácido ascórbico y el contenido de clorofila (Artés-Hernández et al., 2009). Por otro lado Magalhães et al. (2007), observaron que atmósferas de 75% He ó Ar combinados con 25% O_2 redujeron la tasa respiratoria de hojas de espinaca comparada con 25, 50 y 75 % O_2 combinado con N_2 a 15 °C.

Producción de etileno

El primer día de almacenamiento a 5 °C el tratamiento Aire (0,88 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}) presentó valores significativamente más altos que el tratamiento N_2O (0,52 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}) y no hubo diferencias significativas entre los tratamientos Ar (0,68 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}), He (0,61 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}) y O_2 (0,62 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}) (Cuadro 3). El día 5 el tratamiento Aire (0,36 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (0,25 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}), He (0,28 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}) y O_2 (0,27 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}), paralelamente el tratamiento N_2O (0,33 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}) presentó valores significativamente más altos que el tratamiento Ar. Luego de 8 días el tratamiento Aire (0,21 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (0,15 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}), He (0,15 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}) y O_2 (0,16 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}). Tras 12 días de almacenamiento a 5 °C el tratamiento Aire (0,1 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}) presentó valores significativamente más altos que el tratamiento Ar (0,06 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}) y los tratamientos He, N_2O y O_2 que oscilaron en un rango de 0,07 a 0,09 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}, sin diferencias significativas.

Cuadro 3. Producción de etileno (µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}) de germinados de soya bajo atmósfera modificada activa almacenados a 5 ºC durante 12 días.

Etileno	Días	Tratamientos				
		Ar	He	N_2O	O_2	Aire
µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}	1	0,68 ab[1]	0,61 ab	0,52 b	0,62 ab	0,88 a
	5	0,25 c	0,28 bc	0,33 ab	0,27 bc	0,36 a
	8	0,15 b	0,15 b	0,18 ab	0,16 b	0,21 a
	12	0,06 b	0,08 ab	0,07 ab	0,09 ab	0,1 a

[1] Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

En general, se observó que la producción de etileno se comportó de forma similar a la tasa respiratoria. El primer día el tratamiento Aire tuvo una alta tasa respiratoria y producción de etileno, para luego disminuir ambos parámetros durante el periodo de almacenamiento. Estudios realizados en hojas de rúcula entera, mostraron un valor máximo de 4,2 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1} en la producción de etileno el primer día de almacenamiento, para luego decrecer rápidamente a 1,2 µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1} el día 6 (Koukounaras et al., 2007).

En cuanto a los tratamientos con gases no convencionales, éstos mantuvieron baja y constante la producción de etileno durante los 12 días a 5 °C. Esto puede deberse a que la temperatura es la principal técnica de postcosecha para reducir la tasa de respiración,

la producción de etileno y otros procesos metabólicos (Kader, 2002).

Concentración de gases al interior de los envases

Evolución de la concentración de CO_2. El tratamiento Aire, presentó concentraciones de CO_2 menores al 1% durante todo el periodo de almacenamiento a 5° C (Cuadro 4). Luego de 8 días, el tratamiento O_2 (3,5%) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (1,5%), He (2,1%) y Aire (0,1%), además hubo diferencias significativas entre el tratamiento N_2O (2,4%) y los tratamientos Ar y Aire. En los tratamientos Ar, He, N_2O y O_2 se observó un aumento de la concentración de CO_2 durante 12 días de almacenamiento a 5 °C, alcanzando valores de 1,9; 3,0; 2,7 y 4,2% de CO_2 respectivamente.

Evolución en la concentración de O_2. El tratamiento Aire presentó concentraciones de O_2 superiores de 20% durante todo el periodo de conservación (Cuadro 4). Después de 8 días el tratamiento con alto O_2 (54,7%) presentó valores significativamente más altos que los tratamientos Aire (20,5%), Ar (7,8%), He (13,9%) y N_2O (15,3%), al mismo tiempo se observó que el tratamiento Aire tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar, He y N_2O, además los tratamientos He y N_2O presentaron valores significativamente más altos que el tratamiento Ar. Luego de 12 días de almacenamiento a 5 °C el tratamiento con alto O_2 (35,1%) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Aire (20,4%), Ar (6,5%), He (6,8%) y N_2O (13,8%).

El tratamiento con alto O_2 disminuyó gradualmente, probablemente se debió a la permeabilidad del envase, pues al existir menores concentraciones en la atmósfera externa, tendió a salir y moverse de una mayor a una menor concentración.

Evolución en la concentración de Ar, He y N_2O. El tratamiento Ar tuvo una concentración de 89,4% el primer día de almacenamiento, que decreció levemente el día 5 con 84,2%, a partir del cual comenzó a disminuir para llegar el día 8 a 68,7% y finalizar el día 12 con 56,3 % (Cuadro 4). Así mismo ocurrió con el tratamiento He que tuvo una alta concentración de dicho gas, ya el día uno presentó un 89,6%, que luego disminuyó hasta 71,6 el día 5, luego de 8 día tuvo un valor de 42,3 y finalizó con 21,5% el día 12.

Cuadro 4. Evolución de la concentración (%) de CO_2, O_2, N_2, Ar, He y N_2O en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa almacenados a 5 °C durante 12 días.

Atmósfera modificada (%)	Días	Tratamientos				
		Ar	**He**	**N_2O**	**O_2**	**Aire**
CO_2	**1**	0,5 a[1]	0,4 a	0,5 a	0,5 a	0,5 a
	5	1,0 a	1,1 a	1,0 a	1,1 a	0,5 b
	8	1,5 cd	2,1 bc	2,4 ab	3,5 a	0,1 d
	12	1,9 d	3,0 b	2,7 c	4,2 a	0,1 e
O_2	**1**	10,1 c	10,0 c	10,0 c	86,5 a	20,6 b
	5	8,6 c	10,3 c	10,1 c	66,3 a	20,7 b
	8	7,8 d	13,9 c	15,3 c	54,7 a	20,5 b
	12	6,5 d	6,8 d	13,8 c	35,1 a	20,4 b
N_2	**1**	0,0 c	0,0 c	0,1 c	13,0 b	78,9 a
	5	6,2 e	16,9 d	89,0 a	32,5 c	78,8 b
	8	22,0 c	41,7 b	82,3 a	41,9 b	79,4 a
	12	35,4 d	68,6 b	83,5 a	60,7 c	79,5 a
Ar	**1**	89,4				
	5	84,2				
	8	68,7				
	12	56,3				
He	**1**		89,6			
	5		71,6			
	8		42,3			
	12		21,5			
N_2O	**1**			89,4		
	5			0		
	8			0		
	12			0		

[1] Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

En cuanto al tratamiento N_2O, el día 1 presentó un 89,4% de N_2O, mientras que el día 5 decayó drásticamente a 0% hasta el final del periodo. La paulatina disminución de la concentración de los gases no convencionales que se observó fue debido a la permeabilidad de la bolsa.

Color

Luminosidad. Los valores fueron disminuyendo a lo largo del almacenamiento en todos los tratamientos. Los tratamientos no presentaron diferencias significativas hasta el día 8, oscilando en un rango de 63,7 a 69,6 (Cuadro 5). Luego el día 8 se observó que el tratamiento Aire (61,7)

presentó valores significativamente más bajos que los tratamientos Ar (65,9), N_2O (66,2) y O_2 (65,2). Tras 12 días de almacenamiento el tratamiento Ar (64,9) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos los tratamientos He (61,8), N_2O (61,9) y Aire (53,6).

Croma. Luego el quinto día de almacenamiento a 5 °C se observó que el tratamiento He (8,9) tuvo valores significativamente más bajos que los tratamientos N_2O (11,5), O_2 (10) y Aire (11,7) (Cuadro 5). A partir de 8 días, el tratamiento Aire (15,7) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos Ar (10,2), He (9,8), N_2O (9,7) y O_2 (8,8). Después de 12 días de almacenamiento el tratamiento Aire (19,8) presentó valores significativamente más altos que el tratamiento O_2 (9,5).

Tono: La disminución en estos valores se asociaría al aumento del color amarillo reflejando un mayor pardeamiento (Cuadro 5). El día 8 el tratamiento Ar (95,6) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos He (93,7) y Aire (93). Al mismo tiempo el tratamiento N_2O (95,3) tuvo valores significativamente más altos que el tratamiento Aire. Finalmente el día 12 el tratamiento He (95) tuvo valores significativamente más altos que los tratamientos O_2 (93,4) y Aire (92,6), así mismo el tratamiento N_2O (94,3) tuvo valores significativamente más altos que el tratamiento Aire.

Cuadro 5. Valores de los parámetros L, croma y tono de germinados de soya bajo atmósfera modificada activa almacenados a 5 °C durante 12 días.

Color	Días	Tratamientos				
		Ar	**He**	**N_2O**	**O_2**	**Aire**
L	**1**	69,6 a[1]	68,4 a	68,6 a	69,4 a	67,6 a
	5	66,3 a	65,8 a	63,7 a	66,6 a	64,6 a
	8	65,9 a	64,6 ab	66,2 a	65,2 a	61,7 b
	12	64,9 a	61,8 b	61,9 b	62,4 ab	53,6 c
Croma	**1**	8,7 a	8,6 a	8,7 a	8,8 a	8,8 a
	5	10,4 ab	8,9 b	11,5 a	10,0 a	11,7 a
	8	10,2 b	9,8 b	9,7 b	8,8 b	15,7 a
	12	11,5 ab	12,0 ab	12,9 ab	9,5 b	19,8 a
Tono	**1**	96,0 a	95,8 a	96,1 a	96,0 a	95,8 a
	5	95,7 a	94,3 a	95,8 ab	94,0 ab	93,2 b
	8	95,6 a	93,7 bc	95,3 ab	94,3 abc	93,0 c
	12	94 abc	95,0 a	94,3 ab	93,4 bc	92,6 c

[1] Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

La variación en los parámetros de color fue menor en el tratamiento Ar, ya que obtuvo una mayor luminosidad y tono, lo que significaría que presentó un menor pardeamiento. Mientras que los tratamientos que presentaron la mayor variación en estos parámetros fueron los germinados tratados con alto O_2 y Aire envasados bajo atmósfera modificada activa.

En el caso de germinados de poroto chino (*Vigna radiata L.*) conservados en atmósfera modificada

que contienen 5% O_2 y 15% CO_2 por 5 días a 8 ºC, se observó que se extendió el tiempo de conservación de calidad, una reducción en el pardeamiento y un retraso en la viscosidad de los germinados (Suslow y Cantwell, 2006).

Evaluación sensorial

Apariencia: Tras 5 días los tratamientos Ar (10,4), He (10,1), N_2O (10,8) y O_2 (10,9) presentaron valores significativamente más altos que el tratamiento Aire (7,8) (Cuadro 6). Luego de 8 días el tratamiento Aire (5,7) tuvo valores significativamente más bajos que los tratamientos He (12), N_2O (11,8) y O_2 (10,6). Para el día 12 el tratamiento Aire (1,8) tuvo valores significativamente menores que los tratamientos Ar (9,3), He (8,8), N_2O (10,1) y O_2 (9,2), al mismo tiempo el tratamiento N_2O tuvo valores significativamente más altos que el tratamiento He (Figura 1). Tomás-Callejas et al. (2011), observaron una disminución moderada de la calidad sensorial general en acelgas, con un corte en el peciolo, envasadas en atmósferas modificadas enriquecidas con O_2, He, N_2 y N_2O durante 8 días a 5 ºC. Un resultado similar se obtuvo en este estudio, en comparación con el tratamiento Aire que tuvo una drástica disminución de la calidad sensorial.

Turgencia: este parámetro no mostró diferencias significativas entre tratamientos durante el almacenamiento (Cuadro 6). Luego de 8 días los valores oscilan en un rango de 10,5 a 11,6 y en las evaluaciones posteriores los germinados de soya no fueron aptos para el consumo ya que presentaron malos olores.

Cuadro 6. Variación de la calidad sensorial en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa almacenados a 5 °C durante 12 días.

Evaluación sensorial	Días	Tratamientos				
		Ar	**He**	**N_2O**	**O_2**	**Aire**
Apariencia	**1**	12,8 a[1]	12,9 a	12,9 a	12,8 a	11,7 a
	5	10,4 a	10,1 a	10,8 a	10,9 a	7,8 b
	8	9,1 ab	12,0 a	11,8 a	10,6 a	5,7 b
	12	9,3 ab	8,8 b	10,1 a	9,2 ab	1,8 c
Turgencia	**1**	12,6 a	12,0 a	11,8 a	11,8 a	11,3 a
	5	11,3 a	11,0 a	10,9 a	10,8 a	10,5 a
	8	11,2 a	11,2 a	10,5 a	11,4 a	11,6 a

[1] Las letras en sentido horizontal indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Figura 1. Evolución de la apariencia en germinados de soya bajo atmósfera modificada activa conservados a 5 ºC durante 12 días.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones proporcionadas en el presente estudio, es posible concluir que las atmósferas enriquecidas en Ar, He, N_2O y O_2 disminuyen la tasa respiratoria, durante 12 días de almacenamiento a 5 °C. Los tratamientos con Ar, He y N_2O mantuvieron una buena calidad sensorial hasta el último día de almacenamiento.

RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen a CONICYT - FONDECYT N°1090059 por financiar este estudio.

LITERATURA CITADA

AHVENAINEN, R. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. Trends in Food Science and Technology, 7: 179-187.

ALLENDE, A.; MCEVOY, J.; TAO, Y.; LUO, Y. 2009. Antimicrobial effect of acidified sodium chlorite, sodium chlorite, sodium hypochlorite, and citric acid on Escherichia coli O157:H7 and natural microflora of fresh-cut cilantro. Food Control, 20: 230-234.

ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; AGUAYO, E.; GÓMEZ, P.; ARTÉS, F. 2009. Productos vegetales mínimamente procesados o de la "cuarta gama". Horticultura Internacional, 69: 52-57.

CHAR, C.; SILVEIRA, A.C.; INESTROZA-LIZARDO, C.; HINOJOSA, A.; MACHUCA, A.; ESCALONA, V.H. 2012. Effect of noble gas-enriched atmospheres on the overall quality of ready-to-eat arugula salads. Postharvest Biology and Technology, 73: 50 – 55.

ESCALONA, V. H.; LUCHSINGER, L. 2008. Una Revisión sobre frutas y hortalizas mínimamente procesadas en fresco. Aconex, 99: 24-27.

ESCALONA, V.H.; AGUAYO, E.; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G.B.; ARTÉS, F. 2010. UV-C doses to reduce pathogen and spoilage bacterial growth in vitro and in baby spinach. Postharvest Biology and Technology, doi:10.1016/j.postharvbio.2010.01.008.

ESCALONA, V.H.; AGUAYO, E.; ARTÉS, F. 2006. Quality changes of intact and sliced fennel stored under different atmospheres. Postharvest Biology and Technology, 41: 307–316.

ESPINOSA, J. 2007. Evaluación sensorial de los alimentos. Ed. Universitaria. Ciudad de la Habana, Cuba. 116 p.

GORNY, J.; AGAR, I. 1998. Are argon-enriched atmospheres beneficial? Perishables Handling Newsletter, 94: 7–8.

KADER, A. 2002. Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. Universidad de California, Davis. EEUU. 570 p.

KOUKOUNARAS, A.; SIOMOS, A.S.; SFAKIOTAKIS, E. 2007. Postharvest CO_2 and ethylene production and quality rocket (*Eruca sativa* Mill.) leaves affected by leaf age and storage temperature. Postharvest Biology and Technology, 46: 167-173.

MAGALHÃES, A.M.; ESCALONA, V.; ARTÉS, F. 2007. Actividad respiratoria de hojas de espinaca bajo atmósferas modificadas innovadoras. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. España, Cartagena, May 29- Jun 1, S5-p168.

ÖLMEZ, H.; KRETZSCHMAR, U. 2009. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. LWT - Food Science and Technology, 42: 686–693.

SALTVEIT, M. 2003. Is it possible to find an optimal controlled atmosphere?. Postharvest Biology and Technology, 27: 3-13.

SILVEIRA, A. 2009. Técnicas ecoinnovadoras para la elaborar melón Galia mínimamente procesado. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Ingeniería de Alimentos y Equipamiento Agrícola, Cartagena, España. 380 p.

X 0

Sowa, S.; Towill, S. 1991. Effects of nitrous oxide on mitochondrial and cell respiration and growth in *Distrchilsspicata* suspension culture. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 27: 197-201.

SUSLOW, T.; CATWELL, C. 2006. Sprouts, seed: recommendations for maintaining postharvest quality. http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/SproutsSeed/

TOMÁS-CALLEJAS, A.; BOLUDA, M.; ROBLES, P.; ARTÉS, F.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. 2011. Innovative active modified atmosphere packaging improves overall quality of fresh-cut red chard baby leaves. Food Science and Technology, 44:1422-1428.

NOTA TÉCNICA

DIRECTRICES INTERNACIONALES EN PROTECCIÓN FITOSANITARIA

Rina Acuña P.

Cuarentena Vegetal y Vigilancia Fitosanitaria

RESUMEN

Los países deben aplicar los acuerdos y normativas internacionales en materia de protección fitosanitaria, entre las que se destaca las directrices de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF, depositada en 1952, FAO, Roma, con texto revisado en 1997), como parte de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) de las Naciones Unidas, para evitar la introducción y diseminación de plagas entre los países contrapartes. Las partes contratantes de la CIPF tienen el derecho de utilizar medidas fitosanitarias para reglamentar la entrada de plantas, productos vegetales y otros artículos reglamentados capaces de transportar o albergar a plagas de los vegetales.

Por otra parte, existe el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (Acuerdo MSF) de la Organización Mundial del Comercio (OMC) adoptado en 1994, en lo que se refiere a sus directrices para evitar el uso de medidas injustificadas como obstáculos al comercio, el reconocimiento de la CIPF y la utilización de las Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (NIMF) elaboradas en el marco de la CIPF con el objetivo de lograr la armonización internacional de las medidas fitosanitarias en el comercio de productos vegetales.

ABSTRACT

Countries should implement international agreements and regulations on plant protection, including the guidelines of the International Plant Protection Convention (IPPC, deposited in 1952, FAO, Rome, with text revised in 1997) stands out as part of the Organization for Food and Agriculture (FAO) of the United Nations, to prevent the introduction and spread of pests between partner countries. Contracting parties to the IPPC have the right to utilize phytosanitary measures to regulate the entry of plants, plant products and other regulated articles able of transporting or harboring plant pests.

Moreover, there is the Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures (SPS Agreement) of the World Trade Organization (WTO) adopted in 1994, in what refers to its guidelines to prevent the use of unjustified measures as barriers to trade, recognition of IPPC and the use of International Standards for Phytosanitary Measures (ISPM) developed under the IPPC in order to achieve international harmonization of phytosanitary measures in trade of plant products.

INTRODUCCIÓN

El proceso de globalización en el comercio internacional ha determinado un mayor nivel de integración de las economías y la armonización de las normativas que regulan el comercio, debido por una parte al mayor riesgo de introducción y diseminación de plagas de los vegetales a otras áreas o países, a lo que se suman otros factores de riesgo como son: el mayor tránsito de productos (mayores volúmenes, diversidad de productos y orígenes, rapidez y tecnología del transporte); la reducción de barreras tarifarias (cambios o eliminación de aranceles, desgravamen a productos); la incorporación de aspectos de bioseguridad en el comercio (inocuidad, producción sostenible con el ambiente, desarrollo de Organismos Vivos Modificados (OVMs) y sus productos); la tendencia al desarrollo de economías agro-exportadoras (requerimientos de material genético y materias primas); la creación de bloques económicos regionales (APEC, CEE, MERCOSUR, entre otras) y el establecimiento de acuerdos de asociación política y económica (acuerdos bilaterales y multilaterales, tratados de libre comercio). A lo anterior, se deben agregar los riesgos que implica el incremento del tránsito mundial de personas, el cambio climático global y los modelos productivos.

La institución competente de un país o parte contratante de la CIPF, es la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF), la que debe reconocer los objetivos de la CIPF y adoptar las directrices en sus responsabilidades y acciones, principalmente con relación a la necesidad de aplicar medidas fitosanitarias transparentes y técnicamente justificadas, considerando las Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (NIMF) de la Secretaría de la CIPCF en sus procedimientos fitosanitarios. Dentro del contexto señalado, los programas o sistemas de Cuarentena Vegetal y de Vigilancia Fitosanitaria constituyen componentes importantes de una ONPF.

La Convención Internacional de Protección Fitosanitaria.

La Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) establece los principios que deben regir internacionalmente la protección de las plantas y productos vegetales, con el propósito de que las partes contratantes actúen en forma eficaz y conjunta para prevenir la diseminación e introducción de plagas de los vegetales y promuevan medidas apropiadas para combatirlas. (2)

La CIPF, a través de la elaboración de normas se ha armonizado con las disposiciones del Acuerdo MSF de la OMC principalmente en materias sobre la aplicación de medidas fitosanitarias, para facilitar el comercio internacional de plantas y productos vegetales, además de otros artículos reglamentados, cubriendo también el material de investigación, organismos de control biológico, germoplasma, material de embalaje, contenedores, suelo, vehículos, navíos y maquinaria, entre otros.

Los países contratantes de la CIPF se comprometen a adoptar las medidas legislativas, técnicas y administrativas especificadas en la Convención, considerando además otros acuerdos suplementarios entre las partes con el fin de resolver problemas especiales de protección fitosanitaria.

A efectos de la CIPF, la definición de **plaga** implica "cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales", incluyendo por lo tanto a organismos como ácaros, insectos, fitopatógenos (bacterias, hongos, fitoplasmas, ricketsias, virus, viroides), malezas, moluscos y nematodos.

Dentro de las disposiciones generales del nuevo texto de la CIPF, con respecto a los envíos de plantas, productos vegetales y otros artículos reglamentados, en el artículo IV se establecen las responsabilidades de una ONPF, tales como:

- la emisión de los certificados referentes a la reglamentación fitosanitaria del país importador;
- la inspección de los envíos que circulen en el comercio internacional
- la vigilancia de las plantas, incluyendo las áreas cultivadas y la flora silvestre, y las plantas y productos vegetales en almacenamiento o en transporte, con el fin de informar la presencia, el brote y la diseminación de plagas, y de combatirlas
- la desinfestación o desinfección de los envíos para cumplir los requisitos fitosanitarios
- la protección de áreas en peligro y la designación, mantenimiento y vigilancia de áreas libres de plagas y áreas de escasa prevalencia de plagas
- la realización de Análisis de Riesgo de Plagas, definido como "un proceso de evaluación de las evidencias biológicas, científicas y económicas para determinar si una plaga debería ser reglamentada y la intensidad de cualesquiera medidas fitosanitarias que han de adoptarse para combatirlas".

La CIPF además establece directrices relacionadas con la Certificación Fitosanitaria de los envíos, anexando los modelos de Certificados Fitosanitarios de uso mundial y lineamientos sobre las plagas reglamentadas, requisitos relativos a la importación y la aplicación de medidas fitosanitarias, la cooperación internacional, las Organizaciones Regionales de Protección Fitosanitaria (ORPF), la elaboración y aprobación de normas y la creación de la Comisión de Medidas Fitosanitarias en el ámbito de la FAO.

Cabe señalar que las plagas reglamentadas incluyen a las **plagas cuarentenarias**, definidas por la CIPF como "Plaga de importancia económica potencial para el área en peligro, cuando aún la plaga no esté presente, o si está presente no está extendida y se encuentra bajo control oficial".

El **control oficial** de plagas reglamentadas debe ser establecido, autorizado o ejecutado por una ONPF. Su objetivo puede ser la erradicación, eliminando la plaga de un área, o la contención que se aplica dentro de un área infestada o alrededor de ella, para prevenir la dispersión de una plaga. Las ONPF también pueden aplicar procedimientos para la supresión de una plaga en un área infestada a través de la reducción de su población.

El Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la OMC

El Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (Acuerdo MSF/OMC), suscrito por más de 120 países en 1994, y que entró en vigencia el 1 de enero de 1995, reemplazó el Acuerdo General de Aranceles y Comercio conocido como GATT, constituyendo el marco técnico y jurídico del comercio internacional.(3)

Este acuerdo establece la forma de aplicación de reglamentaciones en materia de higiene y protección de los alimentos, en salud animal y en sanidad vegetal, generando un marco de acción para el comercio mundial, aplicable a todas las medidas sanitarias y fitosanitarias que puedan afectar directa o indirectamente al comercio internacional. Explicita los derechos y obligaciones básicos que procuran, por una parte, la protección de la fito y zoosanidad y, por otra, evitar el uso de medidas proteccionistas sin justificación técnica.

En el caso de productos agrícolas y forestales, el Acuerdo MSF permite enfrentar la eliminación total o gradual de los aranceles o impuestos a los productos agropecuarios en las operaciones de

importación-exportación y de otras restricciones arancelarias; al mismo tiempo fomenta el uso de medidas fitosanitarias armonizadas entre los países miembros, basadas en directrices, normas o recomendaciones que operan en el marco de la CIPF.

En aspectos de protección fitosanitaria, se destacan los siguientes Artículos dentro de los lineamientos del Acuerdo MSF (3):

- **Equivalencia** (Art.4), referida a que los países Miembros aceptarán como medidas equivalentes las medidas fitosanitarias de otros Miembros, si el país exportador demuestra objetivamente al país importador que sus medidas logran el adecuado nivel de protección fitosanitaria.

- **Evaluación del riesgo y determinación del nivel adecuado de protección** (Art.5), indicando que las medidas fitosanitarias se deberán basar en una evaluación de los riesgos existentes para la protección de los procedimientos de evaluación del riesgo elaboradas por la CIPF, las cuales consideran la evidencia científica existente, los procesos y sistemas de producción pertinentes, los métodos adecuados de inspección, muestreo y pruebas, la prevalencia de plagas concretas, la existencia de zonas libres de plagas, las condiciones ambientales y ecológicas, y los sistemas de cuarentena, como también los factores económicos relacionados.

- **Adaptación a las condiciones regionales, incluyendo las zonas libres de plagas y las zonas de escasa prevalencia de plagas**. (Art.6), donde los países Miembros deberán reconocer, aportando la información necesaria, los conceptos de ambos tipos de zonas con respecto a plagas de los vegetales, basándose en factores como la situación geográfica, los ecosistemas, la vigilancia epidemiológica y la eficacia de los controles fitosanitarios.

- **Transparencia** (Art.7), relacionada con la notificación de las modificaciones de sus medidas fitosanitarias y facilitación de información sobre las mismas por parte de los países Miembros.

- **Procedimientos de control, inspección y aprobación** (Art.7), que se refieren a que los países deben asegurar que dichos procedimientos destinados a verificar y asegurar el cumplimiento de las medidas fitosanitarias, no tengan demoras indebidas, sea informada su tramitación, sean equitativos, entre otros aspectos.

Cabe señalar que el cumplimiento de los lineamientos establecidos en el Acuerdo MSF, además de ser un compromiso formal, representa un beneficio para la producción e industria agrícola de los países signatarios con respecto al acceso a los mercados internacionales, correspondiendo no sólo a las autoridades de gobierno sino además a productores y empresas relacionadas con el comercio agrícola.

Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (NIMF)

Las NIMF (1) elaboradas en el marco de la CIPF proveen a los países contratantes de la CIPF, del respaldo necesario para organizar y/o modernizar sus acciones y procedimientos, siendo la base para establecer medidas fitosanitarias armonizadas en el comercio internacional. Dentro del programa establecido por la Secretaría de la CIPF se considera la actualización de las NIMF y la elaboración permanente de nuevas normas.

Dentro de las NIMF, se pueden destacar las siguientes (1):

- Principios de cuarentena fitosanitaria en relación con el comercio internacional (NIMF N° 1/1993)

- Directrices para el análisis del riesgo de plagas (NIMF N° 2/1995)

- Requisitos para el establecimiento de áreas libres de plagas (NIMF N° 4/1995)
- Directrices para la Vigilancia (NIMF N° 6/1997)

- Sistema de certificación para la exportación (NIMF N° 7/1997)

- Directrices para los programas de erradicación de plagas (NIMF N° 9/1998)

- Reporte de plagas (NIMF N° 17/2002)

- Directrices sobre las listas de plagas reglamentadas (NIMF N° 19/2003)

- Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias, incluido el análisis de riesgos ambientales y organismos vivos modificados NIMF N° 11/2004)

- Directrices para la inspección (NIMF N° 23/2005)

LITERATURA CITADA

(1) CIPF. Secretaría de la CIPF. Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (NIMF).

(2) FAO. 1997. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF, nuevo texto revisado)

(3) OMC. 1994. Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias.