SIMIENTE

VOLUMEN 76 (1-2) ENERO-JUNIO 2006

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 2006
Presidente: Edmundo Acevedo H., Ing. Agrónomo, Ph. D.
Vicepresidenta: Gamalier Lemus S., Ing. Agrónomo, M. Sc.
Tesorero: Alfredo Olivares E., Ing. Agrónomo, Mg. Sc.
Secretaria: Ximena López C. Ing. Agrónomo

Consejeros:
Horst Berger S., Ing. Agrónomo
Thomas Fichet L., Ing. Agrónomo, Ph. D.
Silvia Gálvez A., Ing. Agrónomo
Rafael Novoa S-A., Ing. Agrónomo, M. Sc., Ph. D.
Dr. Manuel Pinto C., Ing. Agrónomo
Dr. Hernán Paillán L., Ing. Agrónomo
Dr. Claudio Wernli K., Ing. Agrónomo, Ph. D.

Consejero Honorario:
Mario Astorga C., Ing. Agrónomo

ISSN: 0037-5403

SIMIENTE

Representante Legal
Edmundo Acevedo H.
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.
Presidente SACH

Directora
Elena Dagnino D.,
Ingeniero Agrónomo

Subdirector
Edmundo Acevedo H.
Ingeniero Agrónomo, Ph. D.

Editor
Rafael Novoa S-A.,
Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph. D

Editores asociados

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

Postcosecha y Agroindustria
Horst Berger S., Ing. Agr.

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

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

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

Fitopatología
Bernardo Latorre G., Ing. Agr., M.Sc., Ph. D.

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

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

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

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

NORMAS DE PUBLICACIÓN

SIMIENTE es el órgano oficial de difusión científica de la Sociedad Agronómica de Chile en el que se da a conocer 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

Cultivo Hidropónico de Rabanitos (*Raphanus sativus* L.) Cv. Cherry Belle: Crecimiento, Desarrollo y Postcosecha. 1
Claudia Alcalde C.; María Luisa Tapia F. y Ljubica Galletti G.

Efecto de la Composición de mezclas gasolina-alcohol en un motor de combustión Interna (5,5 hp) 21
Ian Homer B.; Misael Gutiérrez D. y Francisco José Ruiz M.

Segmentación de consumidores de vino españoles en función de factores que contribuyen a explicar la actitud hacia vinos de denominación de origen. 41
Marcos Mora G..; Margarita Brugarolas M-B.; Laura Martínez-Carrasco M. y Jacqueline Espinoza O.

Aplicación y validación de un algoritmo de split window para estimar la temperatura de suelo 61
Juan C. Parra; Luis J. Morales; Leonardo Benavente y Gisselle M. Rey

Diagnostico de la calidad de lechuha (*Latuca sativa* L.) tipo costina en supermercados de la Región Metropolitana 73
Horst Berger S.; M. Alejandra Aguilera C. y Ljubica Galletti G.

NOTA CIENTÍFICA

Directrices e implementación de un sistema de vigilancia fitosanitaria. 83
Rina Acuña P.

TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

CULTIVO HIDROPÓNICO DE RABANITOS (*Raphanus sativus* L.) cv. CHERRY BELLE: CRECIMIENTO, DESARROLLO Y POSTCOSECHA.

Radishes (*Raphanus sativus*) cv. Cherry bell hidroponic culture: growth, development and postharvest.

Claudia Andrea Alcaide C., Maria Luisa Tapia F. y Ljubica Galletti*
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
*mtapia@uchile.cl

RESUMEN

Los rabanitos se han cultivado tradicionalmente al aire libre, sin embargo para ciertos mercados exigentes podría optarse por el sistema hidropónico, el que ofrece ventajas agronómicas. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el crecimiento, desarrollo y postcosecha del cultivar Cherry Belle. El estudio se realizó en un invernadero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, entre abril y junio de 2005. Se empleó la mezcla de sustrato inerte, perlita-vermiculita expandida en una proporción volumétrica pre-hidratadas de 1:1. Para el establecimiento del cultivo se usó un arreglo espacial de tresbolillo. La solución nutritiva se formuló a base de fertilizantes comerciales de alta solubilidad y productos p. a. para el aporte de microelementos. El pH se manejó entre 5,8-6,2 y la C.E. entre 1,5-2,0 dS m^{-1}. Se realizaron muestreos durante las 3 primeras semanas de desarrollo del cultivo, posteriormente y hasta la cosecha se muestreó día por medio, evaluándose el peso seco (parte aérea, radical e hipocotilo) y diámetros del hipocotilo. Los rabanitos cosechados se acondicionaron y envasaron en bolsas de polietileno de 30 µ de espesor, el 50% de las muestras fueron recubiertas con una película de quitosano, se almacenaron en cámara de frío (0ºC y 4ºC con un 95% H.R.) por 14, 28 y 42 días y luego estuvieron dos días a temperatura ambiente simulando el periodo de comercialización y posterior venta, evaluando peso fresco, color del hipocotilo y composición gaseosa de las bolsas. Se concluyó: a) El sistema hidropónico estudiado es apto para la producción de rabanitos de calidad, b) se definieron 9 estados fenológicos de la especie y c) Con un adecuado criterio de cosecha y manejo en postcosecha los rabanitos se mantienen bien durante 42 días de almacenamiento en frío a 0°C

Palabras clave: rabanito, *Raphanus sativus*, hidroponía, perlita, vermiculita, quitosano.

ABSTRACT

Radishes are traditionally grown outdoors, however, for certain demanding markets, the hidroponic system, which offers both agronomic and sanitary advantages, might be an alternative. The objetive of this work was to characterize the growth, development and postharvest of "Cherry belle" cultivar. The study was carried out in a greenhouse of the Faculty of Agricultural Sciences of the University of Chile between April and June, 2005. Expanded perlite-vermiculite in a 1:1 ratio (v/v) was used in the inert substrate mixture. For the crop establishment a "tresbolillo" spatial arrangement was used. The nourishing solution was formulated based on high-solubility commercial

fertilizers and pro-analysis products for microelements contribution. The pH was kept between 5.8-6.2 and the EC between 1.5-2.0 dS m^{-1}. Weekly samplings were done during the first 3 weeks of the crop development. Subsequently and until harvest, sampling were done every other day, with dry weight (aerial, radical and hypocotyl parts) and diameters of the hypocotyl being evaluated. The harvested radishes were conditioned and packaged in 30 µ-polyethylene bags. Half of the samples were covered with a quitosane film, and cold stored at 0º and 4º with 95% RH for 14, 28 and 42 days. Then they were kept for 2 more days al room temperature, simulating the shelf-life and sale periods, with fresh weight, hypocotyl color and gaseous composition being evaluated. It was concluded that a) the hidroponic system studied is suitable for quality radish production; b) were determined 9 radish phonological stages and c) with an adequate harvest criterion and postharvest management, radishes keep well for 42 days at 0º C.

Keywords: radish, *Raphanus sativus*, hydroponics, perlite, vermiculite, quitosane.

INTRODUCCIÓN

En Chile tradicionalmente los rabanitos (*Raphanus sativus* L.) se cultivan al aire libre y su superficie no supera las 59 ha/año (ODEPA, 2005). Este sistema puede ser desplazado por el sistema de cultivo hidropónico, el cual ofrece características como la obtención de un producto limpio y homogéneo, debido, a que con un adecuado manejo cultural y nutricional se logra un óptimo crecimiento y desarrollo de esta hortaliza.

El órgano de consumo del rabanito corresponde a un hipocotilo engrosado (Maroto, 1995; Krarup y Moreira, 1998), en donde el cultivar Cherry belle se caracteriza por ser esférico, de 1 a 3 cm de diámetro y de color rojo intenso (Krarup y Moreira, 1998).

Según Giaconi y Escaff (1995) su ciclo vegetativo es de 3 a 5 semanas, desarrollándose preferentemente en épocas de temperaturas moderadas, en cambio Resende et al. (2003) reportan que el ciclo dura 46 días aproximadamente. Las temperaturas óptimas están entre 8 y 12°C (Maroto, 1995), la H.R. entre 60 y 80% (Giaconi y Escaff, 1995) y el pH entre 5,5 y 6,8 (Krarup y Moreira, 1998). Es una especie poco tolerante a la salinidad (Lorente y Yuste, 1998).

Su cosecha debe hacerse cuando alcance un tamaño de 1 a 3 cm de diámetro, antes que comience a desarrollarse el tejido esponjoso y espacios de aire (Maroto, 1995; Krarup y Moreira, 1998; Lorente y Yuste, 1998), partirse (Krarup y Moreira, 1998) y adquirir pungencia (Giaconi y Escaff, 1995).

La forma más común de comercialización en Chile es en atados de 12 unidades (Giaconi y Escaff, 1995). En cambio en Europa es frecuente la presentación en bolsas plásticas que contienen entre 50 y 100 g de rabanitos pequeños y globosos, previamente deshojados, lavados y calibrados (Maroto, 1995; Lorente y Yuste, 1998). El diámetro ecuatorial mínimo para la comercialización de rabanitos rojos es de 16 mm (Suslow, 2002), 20 mm (Resende et al., 2003), en cambio LaMar (2004) indica que es de 20 a 30 mm.

En cuanto al color, es de preferencia rojo pálido, el que es afectado por el desarrollo, temperatura de precosecha e irradiación (Schreiner et al., 2002; Schreiner et al., 2003).
Es importante bajar la temperatura de los rabanitos después de la cosecha, para lo cual se puede utilizar agua a 1°C para alcanzar 5°C lo

antes posible. Comúnmente se utiliza cloro en el agua usada para el enfriamiento o lavado de los rabanitos, asegurando una buena sanitización de los hipocotilos (Ryall y Lipton, 1979). Según Suslow (2002), estos manejos son también eficaces para evitar la incidencia de *Erwinia carotovora* subespecie *carotovora*.

En cuanto a las condiciones y duración de almacenamiento en frío, hay discrepancia entre los autores, así es como Ryall y Lipton (1979) señalan que con temperaturas de almacenamiento entre 0 y 2°C se conservan por 2 a 3 semanas. En condiciones de 0°C y una H.R. entre 90 y 96%, se mantienen entre 3 y 4 semanas (Maroto, 1995; Lorente y Yuste, 1998), en cambio Harris et al. (2000) reportan una duración en postcosecha de 4 semanas a varios meses. Huyskens-Keil et al. (2003) señalan que lo óptimo sería almacenarlos a 5°C y 95% de H.R. durante 5 días.

El quitosano es un polisacárido derivado de la quitina natural de tipo catiónico, biodegradable y no tóxico, por lo tanto no contamina (Anónimo, 2005); es utilizado en importantes aplicaciones tecnológicas (Fuentes, 2001) y es utilizado en frutas, hortalizas y semillas, debido a que permite un intercambio selectivo de gases con el exterior de modo que atrapa el CO_2 y no deja pasar el oxígeno que produce el pardeamiento de la pulpa; de esta forma protege a los alimentos de la degradación por hongos y modifican la atmósfera de frutos frescos (Anónimo, 1991).

En la actualidad hay un mayor requerimiento de la población por consumir hortalizas nutritivas e hipocalóricas, tal es el caso del rabanito (Krarup y Moreira, 1998), lo que llevaría a pensar que a futuro podría haber un incremento en la demanda. Por este motivo, surge la necesidad de conocer las características del crecimiento, desarrollo y el manejo de postcosecha de esta especie para conservar su calidad por el mayor tiempo posible. Los objetivos de la investigación fueron: caracterizar el crecimiento y desarrollo de plantas de rabanitos cv. Cherry belle desde emergencia hasta 20-25 mm de diámetro ecuatorial del hipocotilo, bajo sistema hidropónico y evaluar el efecto de una película de recubrimiento base quitosano y dos temperaturas de almacenamiento en la conservación de rabanitos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El cultivo de los rabanitos se efectuó en un invernadero de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de Chile. Las mediciones de crecimiento y desarrollo se realizaron en el Laboratorio de Hidroponía y Horticultura, mientras que el estudio de postcosecha se realizó en el Laboratorio del Centro de Estudios de Postcosecha (CEPOC), ambos dependientes del Departamento de Producción Agrícola de la misma Facultad. En este estudio se utilizó semillas de rabanito cultivar Cherry belle (ANASAC).

En el ensayo de precosecha la siembra se realizó en forma directa en un sistema hidropónico cerrado, conformado por 4 canaletas de cultivo, cada una de 4,8 metros de largo y sección trapezoidal (15 cm de altura, 17 cm en la base y 31 cm en la parte superior). En cada canaleta se colocó un sustrato inerte (perlita y vermiculita, ambas expandidas, en una proporción volumétrica 1:1 pre-hidratadas) hasta una altura de 10 cm. La profundidad de siembra fue de 2 cm, con una distancia de 5 cm sobre y 10 cm entre hileras, con un arreglo espacial de tresbolillo.

Las plantas se regaron mediante 2 cintas de riego en cada canaleta de cultivo. Los pulsos de riego se dieron 3 veces al día, cada uno de 20 minutos

para mantener homogénea la humedad del sustrato; esta frecuencia de riego se determinó según la curva de retención de humedad de la mezcla de sustratos utilizada.

Desde la siembra hasta los 14 días post-emergencia (DPE) se regó solamente con agua, luego y hasta el término del ensayo, las plantas fueron regadas con una solución nutritiva (Cuadro 1). El pH de la solución se mantuvo entre 5,5 y 6,5; la conductividad eléctrica entre 1,5-2,0 dS m^{-1} a 25ºC, las que se midieron diariamente.

Cuadro 1. Solución nutritiva utilizada en el ensayo

Elementos	Cantidad	
	ppm	meq/L
Nitrógeno	120,0	8,5700
Fósforo	31,00	3,0100
Potasio	77,00	1,9700
Calcio	124,0	6,1900
Magnesio	37,50	3,0800
Hierro	1,250	0,0700
Boro	0,220	0,0600
Cobre	0,025	0,0008
Molibdeno	0,025	0,0020
Zinc	0,045	0,0010
Manganeso	0,310	0,0400
Azufre	16,135	2,0000

Para caracterizar el crecimiento y desarrollo de los rabanitos se procedió a hacer un muestreo semanal de plantas, durante las tres primeras semanas desde la emergencia, continuando después día por medio, captando una muestra de 2 rabanitos al azar de cada canaleta.

En cada fecha de muestreo se midieron las siguientes variables: altura de la planta, usando un papel milimetrado, desde el punto de inserción de las hojas en el hipocotilo, hasta el punto más alto de las hojas; peso fresco de raíz, hipocotilo y parte aérea de cada una de las partes de la planta en una balanza analítica (ADAM); diámetro del hipocotilo, determinando el diámetro ecuatorial y el diámetro polar del hipocotilo, mediante un pie de metro, y el número de hojas totalmente expandidas.

El tejido interior del hipocotilo se caracterizó a través del color, usando un colorímetro portátil tri-estímulo Minolta, modelo CR-300, con iluminante D_{65}, un ángulo de observador de 0º, calibrado con estándar blanco, utilizando el sistema CIELAB(en donde L* indica la luminosidad, a* es el eje de color entre el verde-rojo y b* es el eje de color entre el azul-amarillo); también se caracterizó la Consistencia del hipocotilo, estimada a través de una escala ad-hoc. (Cuadro 2)

Cuadro 2. Escala de caracterización de la consistencia del hipocotilo.

Categoría	Descripción
0	Sin aerénquima.
1	Aerénquima ≤ 25% del hipocotilo.
2	Aerénquima > 25 y < 50% del hipocotilo.
3	Aerénquima ≥ 50 y ≤ 75% del hipocotilo.
4	Aerénquima > 75% del hipocotilo.

Para medir el peso seco de raíz, hipocotilo y parte aérea, cada parte de la planta se secó en estufa (LABTECH) a 70ºC hasta peso constante.

Los datos se analizaron estadísticamente utilizando estadígrafos de posición tales como media, moda y correlaciones.

Para el ensayo de postcosecha se utilizaron rabanitos con diámetro ecuatorial y polar del hipocotilo entre 16-25 mm respectivamente; color externo rojo intenso cubriendo completamente el hipocotilo y sin ningún daño externo. Los rabanitos fueron lavados con una solución de 200 ppm de hipoclorito de sodio, luego se les cortó la raíz y eliminó todas las hojas completamente desarrolladas, dejando la más pequeña.

Al 50% de los rabanitos se les aplicó una película de recubrimiento del producto quitosano disuelto en ácido cítrico, sumergiéndolos en el producto, se drenaron, secaron y luego se procedió a envasar 15 rabanitos homogéneos por bolsa, usando bolsas triangulares de polietileno de 30µ de espesor sin perforaciones (Fig. 1)

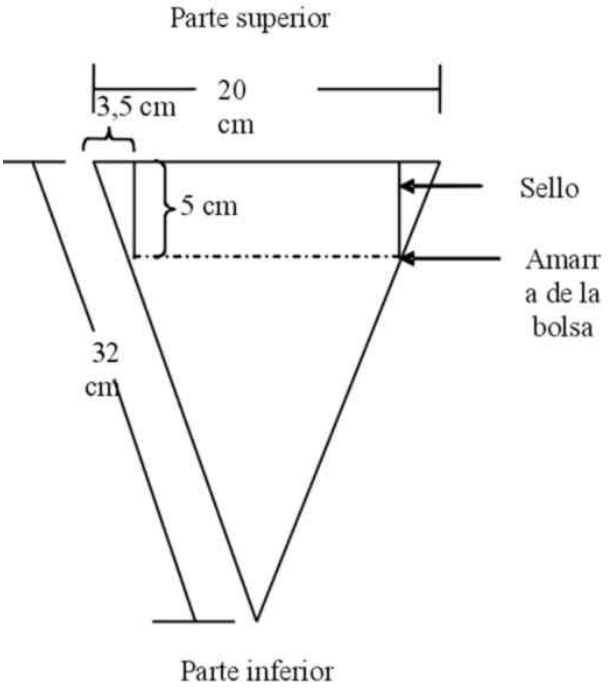


Figura 1

Se realizaron 4 tratamientos (Cuadro 3) los cuales se evaluaron después de permanecer almacenados en cámaras de frío a 0 y 4°C por 14, 28 y 42 días más dos días a temperatura ambiente (18°C), estos últimos para simular el período de exposición y venta. El peso fresco y la composición gaseosa de las bolsas se midieron a salida de frío y posterior a los 2 días que se mantuvieron a temperatura ambiente.

Cuadro 3. Tratamientos utilizados en el ensayo de postcosecha.

Tratamiento	Temperatura cámara de frío	Recubrimiento
T1	0ºC	Con quitosano
T2	0ºC	Sin quitosano
T3	4ºC	Con quitosano
T4	4ºC	Sin quitosano

En cada evaluación se midió la composición gaseosa, determinando el porcentaje de CO_2 y O_2 de cada bolsa mediante un cromatógrafo de gases Hewlett Packard, Modelo 5890 series II con detector de conductividad térmica y helio como acarreador El peso fresco de cada rabanito se determinó en una balanza analítica (ADAM) y la apariencia se caracterizó usando una escala ad-hoc de 4 categorías para la presencia de alteraciones externas y/o internas (0: sin presencia; 2: sólo desórdenes externos; 3: sólo desórdenes internos y 4: con desórdenes externos e internos).

El diámetro del hipocotilo, las características del tejido interior del hipocotilo y el color externo son variables que se midieron, de la misma forma descrita en el ensayo de precosecha.

El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado con estructura factorial de 2*2*3 (tratamientos con quitosano, tratamientos de temperatura y salidas de frío). Se realizó una prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5% de significancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio, permitieron clasificar el crecimiento y desarrollo de los rabanitos en 9 estados fenológicos (Cuadro 4), los cuales fueron comparados con la clasificación de los estados de crecimiento realizada a esta especie por Meier (2001), la cual sin embargo no se adecua para su producción comercial, ya que no entrega información relacionada con el índice de cosecha para esta especie, ni información pertinente de cuando comienzan a aparecer las características de envejecimiento del hipocotilo.

Cuadro 4. Estados de desarrollo del cultivo de rabanitos

Estado	DPE[(1)]	Descripción
E1	0	Emergencia.
E2	7	Estado cotiledonar, cotiledones desplegados horizontalmente. Primera hoja visible (tamaño cabeza de alfiler).
E3	14	1ª y 2ª hojas sin desplegar. Comienza a engrosar el hipocotilo ecuatorialmente.
E4	21	1ª y 2ª hojas desplegadas. 3ª hoja visible. Hipocotilo entre 11 y 13 mm de diámetro ecuatorial y polar.
E5	23	1ª, 2ª y 3ª hojas desplegadas. 4ª hoja sin desplegar. Hipocotilo entre 12 y 15 mm de diámetro ecuatorial y polar.
E6	25	1ª, 2ª, 3ª y 4ª hojas desplegadas. 5ª hoja visible. Hipocotilo entre 16 y 17 mm de diámetro ecuatorial y polar.
E7	27	1ª, 2ª, 3ª y 4ª hojas desplegadas. 5ª hoja sin desplegar. Hipocotilo entre 17 y 18 mm de diámetro ecuatorial y polar.
E8	29	1ª, 2ª, 3ª, 4ª y 5ª hojas desplegadas. Hipocotilo entre 18 y 19 mm de diámetro ecuatorial y polar.
E9	31	Hipocotilo entre 20 y 25 mm de diámetro ecuatorial y polar. Cosecha.

[(1)] Días post-emergencia.

Anteriormente, estudios realizados por Alcaide y Tapia (2004) en esta especie, clasificaron a este cultivo en 7 estados fenológicos, los cuales no fueron tan detallados como en este estudio; además el cultivo se desarrolló en un mayor número de días post-emergencia, lo que pudo haberse debido a las bajas temperaturas que se registraron este año en comparación al 2004. Con esto queda de manifiesto que el cultivo del rabanito prefiere las épocas de temperaturas moderadas (Giaconi y Escaff, 1995; Maroto, 1995).

Con respecto al crecimiento, 73 mm de altura de la planta es el momento óptimo de cosecha, siendo ésta aún pequeña, por lo tanto, podría ser cultivada con especies de mayor altura, como señalan Krarup y Moreira (1998), debido a que otro cultivo de mayor altura le proporcionaría al rabanito un ambiente moderado y adecuado de temperatura

En cuanto al diámetro del hipocotilo, tanto ecuatorial como polar, tiene un crecimiento explosivo cuando alcanza los 14 días post-emergencia, para luego desarrollarse lentamente hasta alcanzar el tamaño óptimo de cosecha **de 20-25 mm,** el cual varía según Suslow (2002), Resende et al. (2003) y LaMar (2004) entre 16 a 30 mm, obteniendo un rabanito esférico, coincidiendo con estudios realizados por Nicola et al. (2005) en rabanitos rojos y esféricos donde a la cosecha obtuvieron un diámetro polar promedio de 29 mm y un diámetro ecuatorial promedio de 24,3 mm.

En este estudio el número de hojas al final del ciclo de crecimiento alcanza un total de 5 hojas verdaderas y completamente expandidas, semejante a los resultados de Nicola et al. (2005) en rabanitos rojos desarrollados en un sistema hidropónico.

La altura de la planta, diámetro polar y ecuatorial y número de hojas se correlacionan directa y positivamente como se indica en el Cuadro 5. Esta correlación es muy importante para este estudio ya que con esto se obtiene un índice de cosecha no destructivo para esta especie en un medio de cultivo hidropónico.

Cuadro 5. Valores **r** para las variables de crecimiento y desarrollo.

Variables	r
Altura de la planta-Diámetro ecuatorial	0,995
Altura de la planta-Diámetro polar	0,959
Altura de la planta-Número de hojas	0,964
Número de hojas-Diámetro ecuatorial	0,963
Número de hojas-Diámetro polar	0,987

El peso fresco de las hojas al final del cultivo alcanzó 1,7 g/pl en promedio en este estudio, menor a resultados de 3 g/pl (Nicola et al. (2005), 6,1 g/pl (Pertierra y Weichmann, 1996) y 4,5 g/pl (Bonasia et al. ,2001). En cuanto al hipocotilo éste alcanzó en promedio un peso fresco de 4,3 g al final del ciclo de desarrollo, levemente inferior a 4,7 g (Bonasia et al. ,2001) y bastante más bajo que 12,5 g (Nicola et al., 2005).

El peso seco de la parte radical, se mantuvo constante durante el desarrollo del cultivo, en cambio el peso seco del hipocotilo y de las hojas siempre estuvo en aumento, siendo al momento de cosecha de 0,2 y 0,1 g/pl en promedio respectivamente. En otros estudios realizados en el mismo cultivar se encontró un peso seco del hipocotilo y de las hojas de 0,15 y 0.33 g/pl (Bonasia et al., 2001), 0,29 g y 0,59 g/pl (Nicola et al. (2005), respectivamente.

En cuanto al aporte de cada parte de la planta al peso seco total, el aporte de la parte radical en los tres primeros estados fenológicos es significativo en comparación al del final de su desarrollo. El aporte del hipocotilo es siempre similar para todo el período estudiado, en cambio el de las hojas tiende a disminuir en los primeros estados fenológicos del cultivo para luego mantenerse en alrededor de un 40% en los siguientes estados fenológicos (Figura 2).

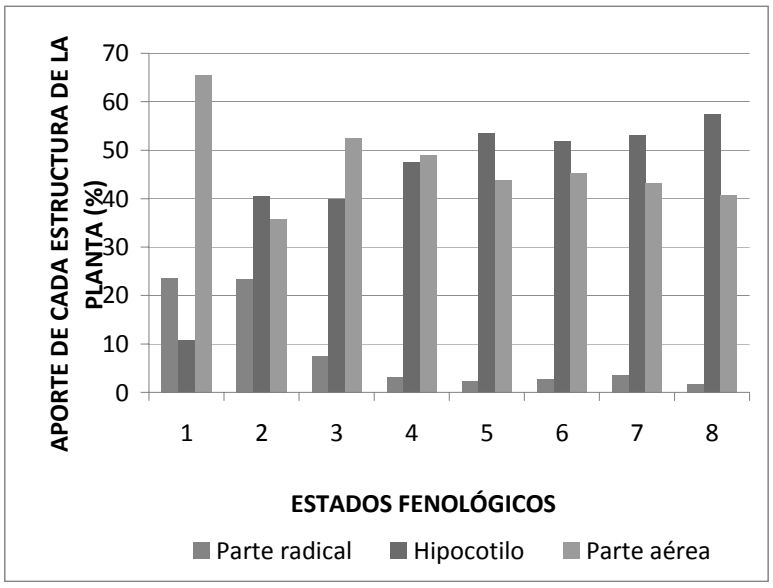


Figura 2. Contribución en porcentaje de cada parte de la planta al peso seco total.

El tejido interior del hipocotilo, durante todos los estados fenológicos presentó un color blanco y su consistencia fue compacta, es decir, sin aerénquima, por lo tanto al clasificarlo con la escala ad hoc creada para este estudio correspondió al valor 0 (Cuadro 2).

En las evaluaciones de postcosecha, se observa (Figura 3) que los rabanitos pierden peso en lan cámara de frío, tanto en 0° como en 4°C y luego de los dos días a temperatura ambiente, siendo esta última de mayor pérdida. Los rabanitos almacenados a 4°C pierden un mayor peso que los que se encontraban a 0°C (0,55% y 0,95% respectivamente).

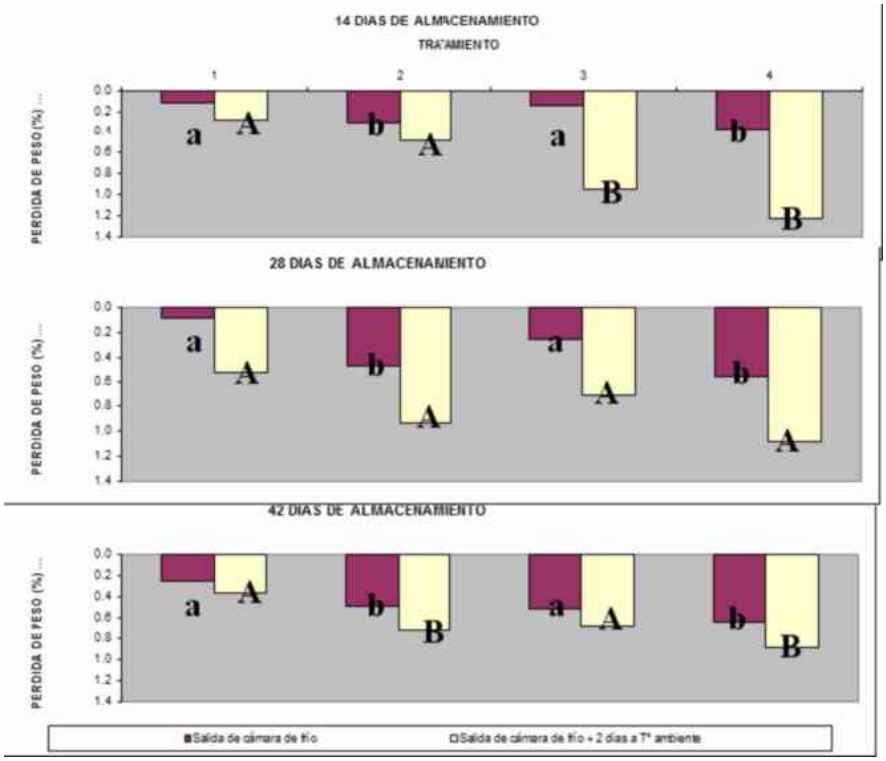


Figura 3. Peso fresco de los rabanitos envasados almacenados en cámara de frío.

Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas a salida de cámara de frío, letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas posteriores a los dos días a temperatura ambiente. Tratamientos: 1= 0°C, con quitosano; 2= 0°C, sin quitosano; 3= 4°C, con quitosano; 4= 4°C, sin quitosano

A ambas temperaturas de almacenamiento los rabanitos recubiertos con quitosano tuvieron una menor pérdida de peso que los que no la presentaban (0,6% y 0,8% respectivamente); esto se debe a que la película de quitosano disminuye la deshidratación lo que se refleja en la menor pérdida de peso (Anónimo, 1991), demostrando que la solución de quitosano aplicada a los rabanitos, actúa como una barrera y de esta forma ayuda a conservar la textura de los rabanitos (Tawil, 2003).

Al analizar estadísticamente esta variable a los 14, 28 y 42 días de almacenamiento en cámara de frío se observaron diferencias significativas entre los rabanitos que tenían una película de quitosano y los que no la presentaban. Transcurrido los dos días a temperatura ambiente, después de los 14 días de almacenamiento, se encontraron diferencias significativas para las distintas temperaturas de almacenamiento, posterior a los 28 días de almacenamiento en frío no se observan diferencias significativas en ningún factor analizado, en cambio, luego de los 42 días de almacenamiento se observan diferencias significativas para los que tenían o no quitosano (Figura 4).

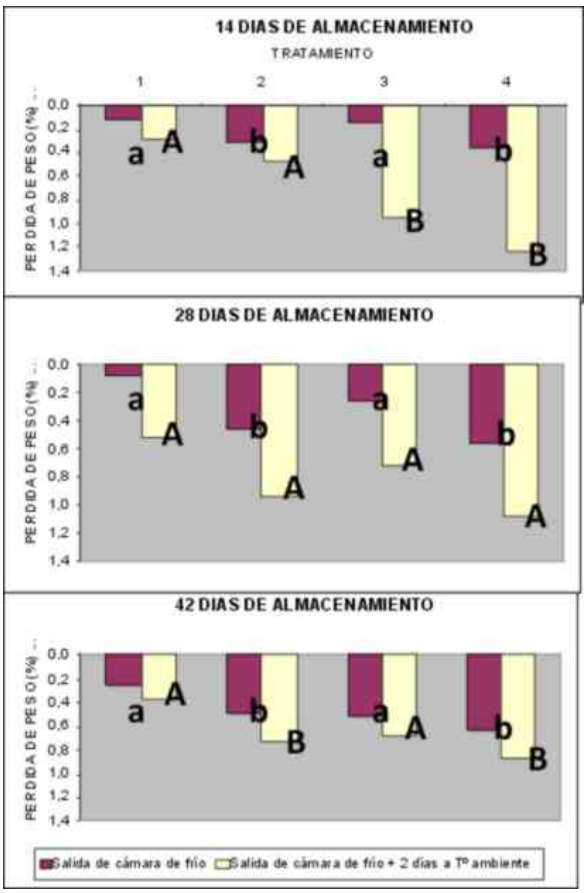


Figura 4. Peso fresco de los rabanitos envasados almacenados en cámara de frío.
Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas a salida de cámara de frío, letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas posteriores a los dos días a temperatura ambiente.

Tratamiento: 1= 0°C, con quitosano; 2= 0°C, sin quitosano; 3= 4°C, con quitosano; 4= 4°C, sin quitosano.

El embalaje de los rabanitos usado en este estudio demostró que su peso fresco decrece en un 0,9% en un periodo de almacenamiento de 42 días en cámaras de frío a 4°C, en cambio Nicola et al. (2005) usando como material de embalaje un film macroperforado decreció rápidamente en un 33% al cabo de 16 días de almacenamiento a 4°C y al usar un film sin perforaciones llamado termo-encogible se redujo en un 3% en el mismo período, esto indica que el material de embalaje utilizado en este estudio es más apropiado para el almacenamiento, ya que la pérdida de peso es menor, por lo tanto, permite una mayor cantidad de días de almacenamiento, lo que permitiría una exportación segura del producto, pudiendo llegar a mercados más distantes.

Según Schreiner and Krumbein (2005) el color de los hipocotilos es importante para la aceptación del consumidor, por ejemplo, los alemanes prefieren un rabanito rojo claro. Bonasia et al. (2001) obtuvo en el momento de cosecha unos valores de rabanitos de L*= 36,6; a*= 44,0 y b*= 13,6, los que corresponden a valores de C* = 46,0 y h° = 17,1. En este estudio se obtuvieron los siguientes valores promedios del color del hipocotilo al momento de la cosecha de L* = 39,46; a* = 38,31 y b* 16,63, color dentro del

rango aceptado por los europeos, por lo tanto, se cumpliría con las exigencias de estos mercados.

El componente L* (Componente Claridad) fue el menos afectado, tanto para los rabanitos con cubierta de quitosano como para los que no la tenían; oscilando sus valores entre 39,75 y 41,01. Estos valores, independiente del tiempo de almacenamiento no presentaron diferencias significativas entre los factores analizados (Cuadro 6A).

El cambio más notable en los rabanitos, fue observado durante el almacenamiento a 4°C en el componente a* (Verde/Rojo), los que poseían la película de quitosano obtuvieron un valor más bajo que los que no la tenían, este cambio se observó sobre todo en los que se encontraban a 4°C, lo que los hace poco atractivos para el consumidor. Estadísticamente, para los 14 y 42 días de almacenamiento y transcurrido los dos días a temperatura ambiente se observan diferencias en el factor temperatura de almacenamiento y la presencia o no de la película de quitosano, en cambio para los 28 días de almacenamiento en cámara de frío más dos días a temperatura ambiente, sólo se observan diferencias significativas en la presencia de quitosano (Cuadro 6B).

El componente b* (Azul/Amarillo) en los rabanitos recubiertos con quitosano era menos amarillo que los que no lo tenían, en las dos temperatura de almacenaje, debido a que esta película estaría evitando un envejecimiento precoz de los rabanitos. A los 14 días de almacenamiento y transcurrido los dos días a temperatura ambiente se observan diferencias en la temperatura de almacenaje y la película de quitosano, mientras que a los 28 días de almacenamiento sólo se observan diferencias en la película de recubrimiento, sin observar diferencias significativas después de los 42 días de almacenaje. (Cuadro 6C).

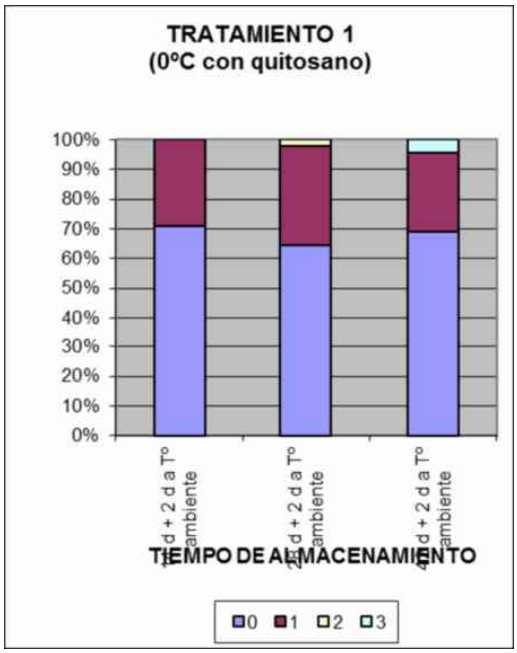
Cuadro 6. Promedios del color externo del hipocotilo: componente L* (A), componente a* (B) y componente b* (C) para cada período de almacenamiento.

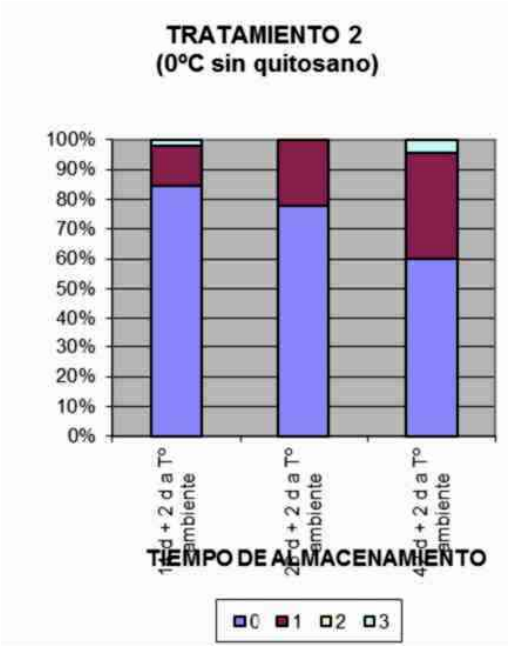
	L*		
A. Tratamiento	14 días de almacenamiento + 2 días a Tº ambiente	28 días de almacenamiento + 2 días a Tº ambiente	42 días de almacenamiento + 2 días a Tº ambiente
0ºC con película de recubrimiento	40,86 **aA**	39,99 **aA**	40,14 **Aa**
0ºC sin película de recubrimiento	39,75 **aA**	40,48 **aA**	40,38 **Aa**
4ºC con película de recubrimiento	41,36 aA	40,64 aA	40,00 aA
4ºC sin película de recubrimiento	40,86 aA	40,08 aA	41,01 Aa
	a*		
B. Tratamiento	14 días de almacenamiento + 2 días a Tº ambiente	28 días de almacenamiento + 2 días a Tº ambiente	42 días de almacenamiento + 2 días a Tº ambiente
0ºC con película de recubrimiento	34,61 **bA**	32,92 **aA**	35,08 **bA**
0ºC sin película de recubrimiento	36,04 **bB**	35,99 **aB**	36,08 **bB**
4ºC con película de recubrimiento	32,03 **aA**	26,19 **aA**	28,60 **aA**
4ºC sin película de recubrimiento	34,42 **aB**	34,43 **aB**	35,09 **aB**
	b*		
C. Tratamiento	14 días de almacenamiento + 2 días a Tº ambiente	28 días de almacenamiento + 2 días a Tº ambiente	42 días de almacenamiento + 2 días a Tº ambiente
0ºC con película de recubrimiento	13,01 **bA**	10,42 **aA**	10,28 **aA**
0ºC sin película de recubrimiento	14,43 **bB**	11,18 **aB**	10,01 **aA**
4ºC con película de recubrimiento	12,12 aA	10,22 aA	10,75 aA
4ºC sin película de recubrimiento	13,49 aB	11,08 aB	9,86 aA

Letras minúsculas distintas en la columna indican diferencias significativas entre la temperatura de almacenamiento, letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas en la presencia o no de quitosano ($p \leq 0,05$).

Los rabanitos almacenados a 0°C con quitosano, presentan una mayor cantidad de alteraciones externas a 28 días de almacenamiento, a los 42 días de almacenamiento se observa que ya comienzan a aparecer hipocotilos tanto con alteraciones externas como internas, aunque estos son la minoría (4%). Los rabanitos almacenados a 0°C sin quitosano presentaron una mayor cantidad de alteraciones externas a los 42 días de almacenamiento (Figura 5).

Los rabanitos almacenados a 4°C más quitosano durante 28 y 42 días de almacenamiento, presentaron alteraciones externas en una cantidad de 60 y 64% respectivamente, también presenta una cantidad no despreciable de hipocotilos con alteraciones tanto externas como internas (13 y 16% respectivamente), en cambio, en los rabanitos almacenados a 4°C sin una película de recubrimiento de quitosano, presentaron alteraciones externas e internas desde los 14 días de almacenamiento, a los 28 y 42 días de almacenamiento presentaron una menor cantidad que el tratamiento 3 (4°C con película de quitosano) de rabanitos con alteraciones externas e internas, observándose una cantidad importante de alteraciones externas, pero no mayor a las que presentaba el tratamiento 3. Hay que considerar que entre el 69 y 84% de ellos no presenta ningún tipo de alteraciones (Figura 5).





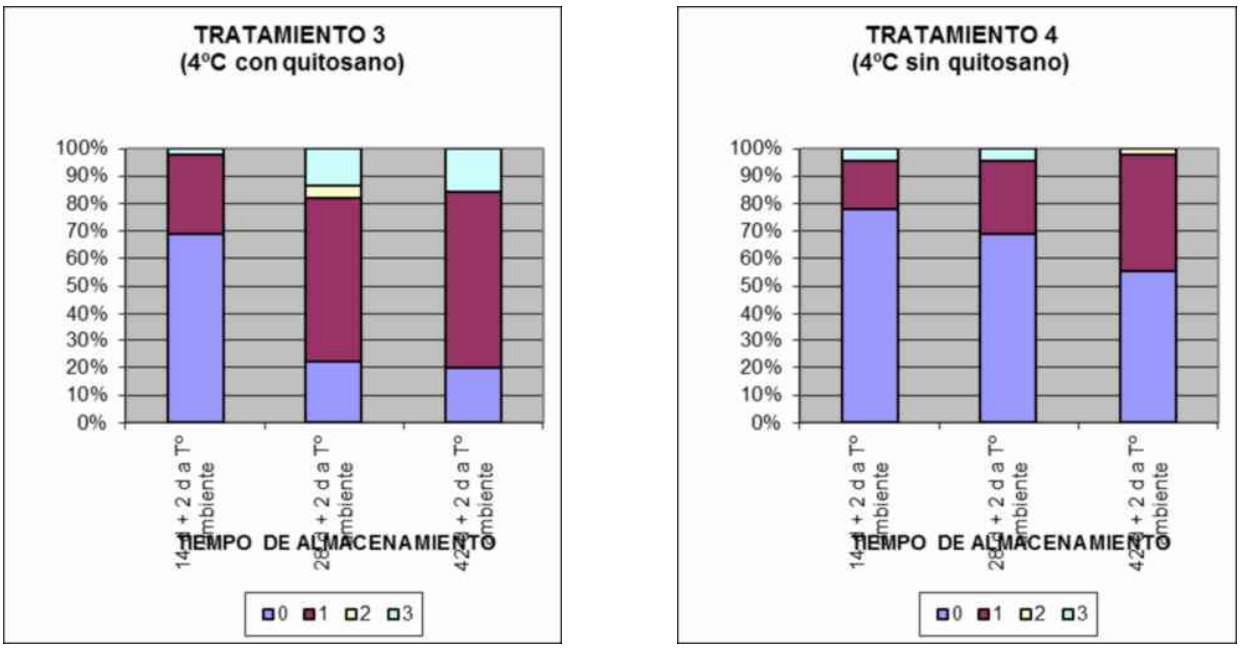


Figura 5. Evaluación de la apariencia de los rabanitos en donde los números indican: (0) sin desórdenes externos ni internos, (1) con desórdenes externos, (2) con desórdenes internos y (4) con ambos tipo de desórdenes.

La consistencia del tejido interior del hipocotilo permitió medir la cantidad de aerénquima que poseía el interior del hipocotilo, la que se puede producir por sobre maduración, heladas y/o grandes variaciones hídricas (Maroto, 1995; Lorente y Yuste, 1998). Según Herppich et al. (2003) este tejido tiene propiedades elásticas relacionadas con el potencial del agua la cual es independiente de la etapa de desarrollo; en sus estudios correlacionaron positivamente el potencial del agua y turgor con la firmeza y rigidez en fresco del rabanito, además indican que la temperatura no influye en la relación entre el estado de agua y textura del rabanito.

Harris et al. (2000) indican que esta variable es el factor más importante para limitar la vida de postcosecha, ya que en sus estudios determinaron que la consistencia en postcosecha era más alta que en precosecha. C

Transcurrido los 14, 28 y 42 días de almacenamiento en frío a 4 ºC, independiente si los rabanitos poseían o no la película de quitosano, se encontraron hipocotilos con una cantidad de aerénquima entre 25 y 50%. El número de muestras que presentaron aerénquima menor a 25% fue entre 29 y 60% independiente de las temperaturas y película de recubrimiento (Figura 6).

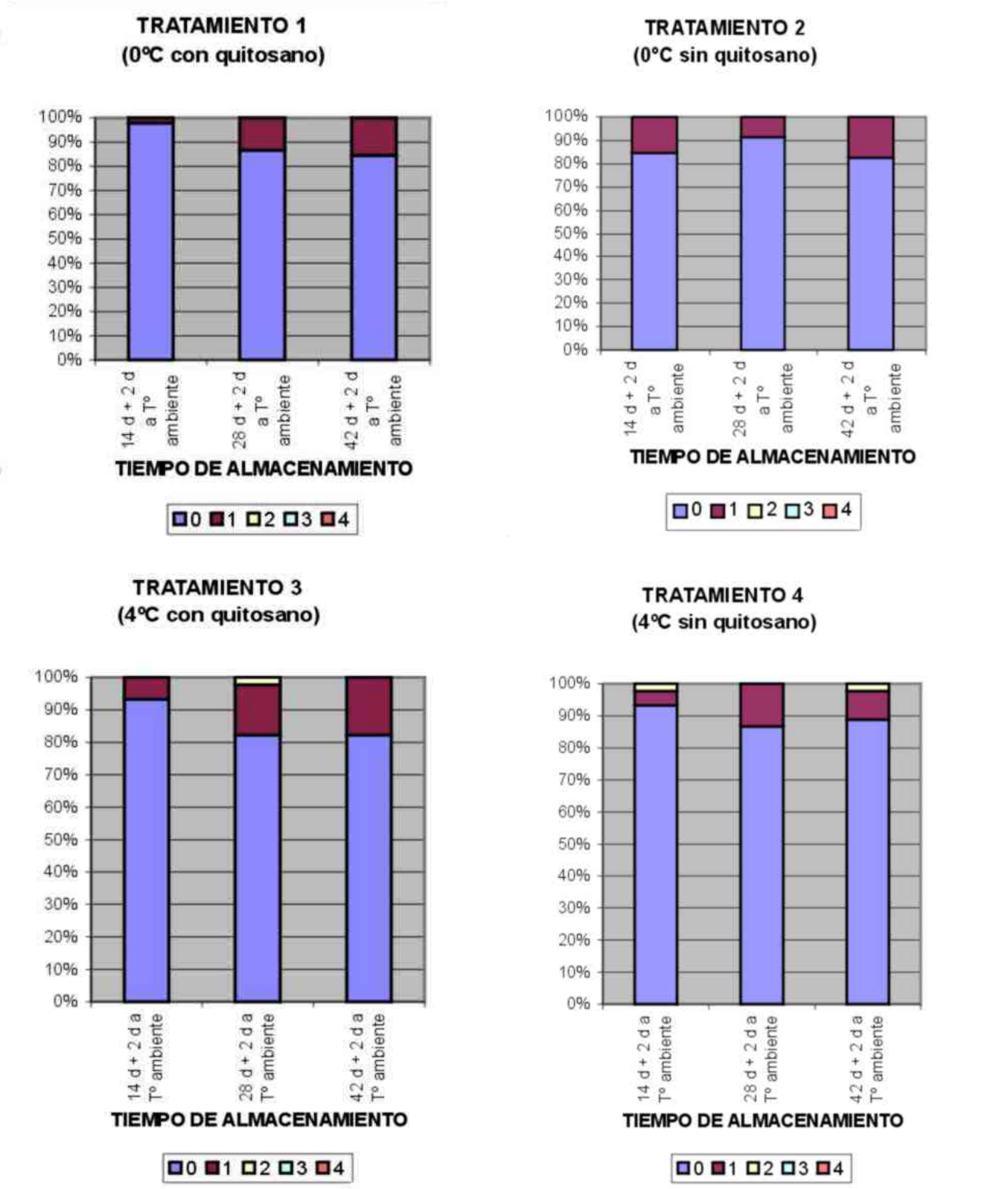


Figura 6. Evaluación de la consistencia de los rabanitos, 0: sin aerénquima, 1: ≤ 25% de aerénquima, 2: > 25 y < al 50% de aerénquima, 3: ≥ 50 y < al 75% de aerénquima, 4: ≥ al 75% de aerénquima.

Este factor fue analizado por Bonasia et al. (2001) en el mismo cultivar que se utilizó en este estudio en el momento de la cosecha, obteniendo un 20% de los rabanitos con más del 30% de su interior con aerénquima.

El color interno del hipocotilo no presento diferencias según tratamiento.

Al analizar la composición gaseosa en los envases de los rabanitos se observa que los tratamientos con quitosano actúa como retienen en mayor medida el CO_2 este efecto es mas notorio en los rabanitos almacenados a 4°C. Independiente del tratamiento el CO_2 aumenta al salir los rabanitos a temperatura ambiente. Efecto inverso presenta el O_2 (Figura 7).

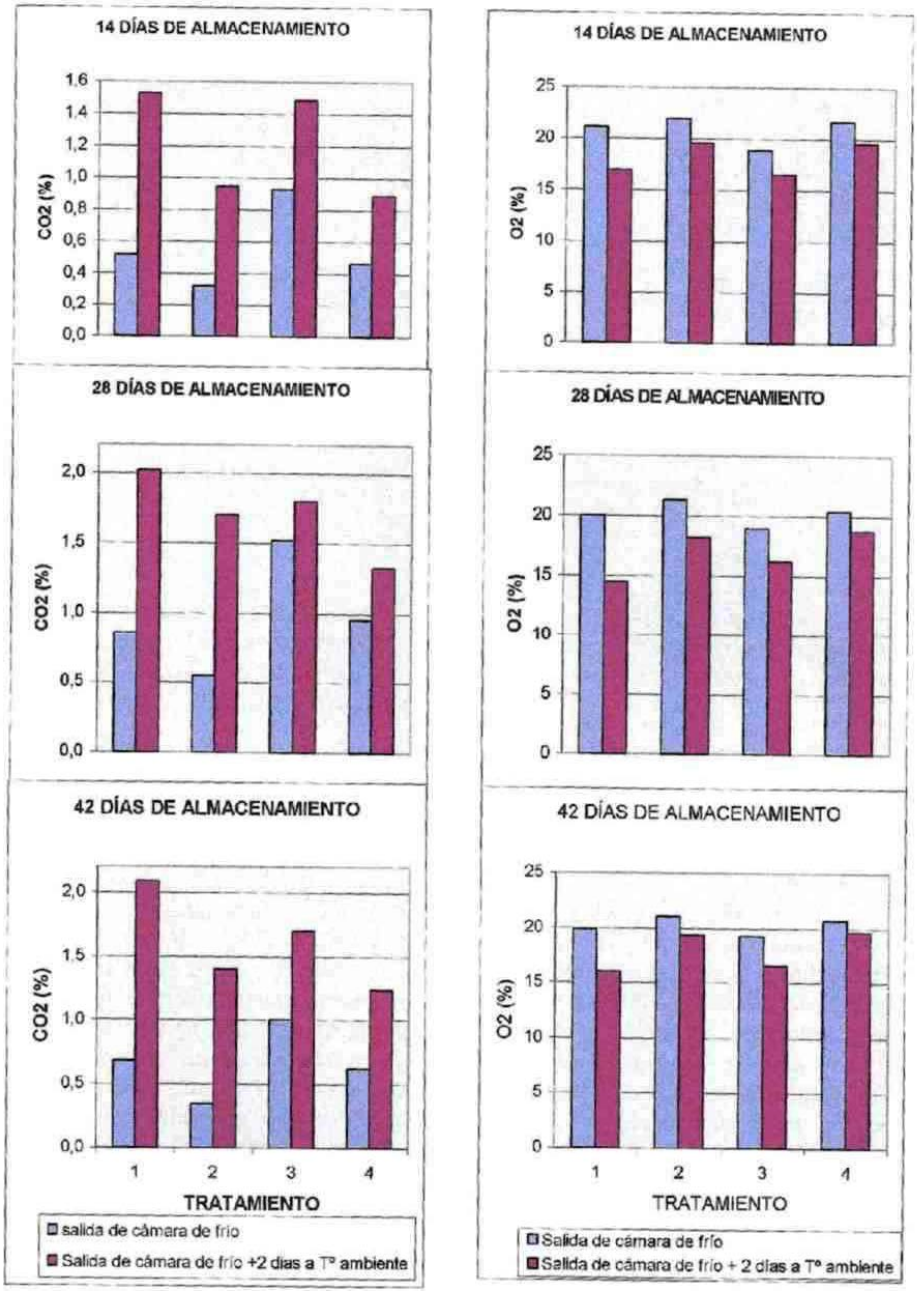


Figura 7. Composición gaseosa en las bolsas en los que estaban envasados los rabanitos.

Se observó que los hipocotilos conservados a 4°C presentaron un crecimiento radical en un 70%; etiolación en el pecíolo en cerca del 50% de los hipocotilos y pudrición húmeda en alrededor del 30% de la lámina foliar que poseían los rabanitos, visualizadas en los tratamientos en frío hasta los 28 y 42 días de almacenamiento. Los rabanitos a 4°C y con película de recubrimiento presentaron estos síntomas pero en menor grado en comparación a los que no poseían la película de recubrimiento. Las bolsas con rabanitos a 0°C no presentaron estas características, independiente del tiempo de almacenaje.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de este estudio, se puede concluir lo siguiente:

- El cultivo del rabanito se puede clasificar en 9 estados fenológicos, útiles para su producción comercial en sistema hidropónico.
- Un índice de cosecha no destructivo es utilizable cuando el hipocotilo alcanza 20-25 mm de diámetro para esta especie en un sistema hidropónico, basándose en el número de hojas.
- El color externo de los rabanitos cumple con las exigencias de los mercados internacionales para la preferencia de los consumidores.
- La temperatura óptima de almacenamiento para los rabanitos es 0ºC.
- .La película de quitosano no favoreció la conservación de los rabanitos.

LITERATURA CITADA

ALCAIDE, C. y TAPIA, M. L. 2004. Crecimiento y postcosecha de rabanitos (*Raphanus sativus* L.) hidropónicos. Pp 217 *In:* 55º Congreso Agronómico de Chile (resúmenes), Valdivia, Chile. Octubre 19-24, 2004.

ANONIMO. 1991. Caparazones de mariscos para preservar la fruta. Revista Creces. Disponible en: http://materiales.eia.edu.co/ciencia%20de%20los%20materiales/articulo-matreiales% Citado: 26 de mayo de 2005.

ANONIMO. 2005. Quitosano. Disponible en: http://www.biopol.cl/quitosano.html Citada: 24 de mayo de 2005.

BONASIA, A.; GONNELLA, M.; SANTAMARIA, P. and ELIA, A. 2001. Substrate re-use affects yield and quality of seven radish

cultivars grown in a closed soilless system. Acta Horticulturae 548:367-375.

FUENTES, S. 2001. Síntesis y determinación de propiedades electroquímicas anisotrópicas en compuestos de intercalación de sulfuro de molibdeno. Tesis doctor en Química, Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias. Disponible en: http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2001/fuentes_s/html/index-frames.html Citada: 26 de mayo 2005.

GIACONI, V. y ESCAFF, M. 1995. Cultivo de hortalizas. 11ª edición. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 337 p.

HARRIS, D., NGUYEN, V., SEBERRY, J., HAIGH, A. and McGLASSON, W. 2000. Growth and postharvest performance of white radish (*Raphanus sativus* L.). Australian Journal of Experimental Agriculture 40(6): 879-888.

HERPPICH, W., HEROLD, B., LINKE, M, GEYER, M. and GOMEZ, F. 2003. Dynamic Effects of Temperature and Water Status on the Texture of Radish and Carrots during postharvest. Acta Horticulturae 604: 647-652.

HUYSKENS-KEIL, S., SCHREINER, M., KRUMBEIN, A., PRONO-WIDAYAT, H. and LÜDDERS, P. 2003. Impact of Coating and Film Packaging on the Quality Dynamic of Radish and Pepino. Acta Horticulturae 599: 103-108.

KRARUP, C. y MOREIRA, I. 1998 [on-line]. Hortalizas de estación fría. Biología y diversidad cultural. Pontificia Universidad Católica de Chile, VRA, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago, Chile. Disponible en http://www.uc.cl/sw_educ/hort0498/HTML/p056.html Citada: 23 de mayo de 2005).

LaMar, R. 2004 [on-line]. Radish. Disponible en: http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/119radish.pdf Citado: 23 de mayo de 2005.

LORENTE, J. B. y YUSTE, M. P. 1998. Biblioteca de la agricultura. Editorial Idea Books, Barcelona, España, volumen 5-6.

MAROTO, J. V. 1995. Horticultura herbácea especial. Editorial Mundi-prensa, Madrid, España. 611 p.

MEIER, U. 2001. Estadios de las plantas mono- y dicotiledóneas, BBCH Monografías, 2ª edición. Disponible en: www.bba.de/veroeff/bbch/bbchspa.pdf (citada: 24 de agosto de 2005).

NICOLA, S.; FONTANA, E; HOEBERECHTS, J. and SAGLIETTI, D. 2005. *Raphanus sativus* P in Soilless or Traditional Culture Systems and Postharvest Packaging. Acta Horticulturae 682: 1303-1309.

ODEPA, CHILE. 2005 [on-line]. Disponible en: www.odepa.cl (citada: 23 de mayo de 2005).

PERTIERRA, R y WEICHMANN, J. 1996. Desarrollo vegetativo y transpiración en postcosecha de dos cultivares de rabanito (*Raphanus sativus* L.) como respuesta a la época de siembra y la fertilización nitrogenada. Ciencia e Investigación Agraria (Chile): 23 (2-3): 80-90.

RESENDE, B., CANATO, G. and CECILIO, A. 2003. Productivity of Lecttuce and Radih Cultivations as a Function of Spacing and of Time of Establishment of Intercropping. Acta Horticulturae 607: 97-102.

RYALL, A. and LIPTON, W. 1979. Handling transportation and storage of fruit and vegetables. 2ª edición. Editorial Westport, Estados Unidos. Vol. 1. 587 p.

SCHREINER, M., HUYSKENS-KEIL, S., PETERS, P., SCHONOF, I., KRUMBEIN, A. and WIDELL, S. 2002. Seasonal climate effects on root colour and compounds of red radish. Journal of the Science of Food an Agriculture 82(11): 1325-1333.

SCHREINER, M., KRUMBEIN, A., SCHONHOF, I. and WIDELL, S. 2003. Quality Determination of Red Radish by Nondestructive Root Color Measurement. Journal of the American Society for Horticultural Science 128(3): 397-402.

SCHREINER, M. and KRUMBEIN, A. 2005. Physiological Changes of Radish (*Raphanus sativus* L.) in Postharvest as Affected Preharvest Climate Conditions. Acta Horticulturae 682: 871-878.

SUSLOW, T. 2002 [on-line]. Radish: recommendations for maintaining postharvest quality (Department of vegetable crops, University of California, Davis). Disponible en http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Veg/radish.shtml (citada: 23 de mayo de 2005)

TAWIL, M. 2003 [on-line]. Radish: recommendations for maintaining postharvest quality (Department of vegetable crops, University of California, Davis). Disponible en: http://www.udlap.mx/~tesis/lia/tawil_b_me/capitulo7.pdf Citada: 26 de agosto 2005.

EFECTO DE LA COMPOSICIÓN DE MEZCLAS GASOLINA-ALCOHOL EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA (5,5 HP)

Effects of the composition of mixtures gasoline - alcohol in an internal combustion engine (5,5 HP)

Ian Homer B.[1], Misael Gutiérrez D.[2] y Francisco José Ruiz M.[1]
[1]Departamento Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santa Rosa 11315, Santiago, Chile. ihomer@uchile.cl
[2] Departamento Tecnología de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales.

RESUMEN

La utilización del alcohol como combustible en motores de encendido por chispa, no es una idea moderna. De hecho, cuando Otto patenta su motor en 1861 (Márquez, 1995) el combustible elegido fue el alcohol, precediendo así a la gasolina y demás derivados del petróleo.

Sin embargo, en una época del petróleo abundante y barato, pronto la gasolina desbanca al alcohol, recuperando éste su protagonismo en épocas de escasez.

Hoy en día, tanto los precios del crudo, como los problemas del medio ambiente, rápidamente llevan a los gobiernos a buscar la forma de sustituir el uso de combustibles fósiles por energías renovables.

El objetivo de la presente investigación, es determinar la óptima composición de mezcla entre gasolina y etanol, la cual será utilizada en un motor sin modificar, midiendo en éste los efectos en las prestaciones del mismo (potencia, consumo, temperatura de los gases de escape), para lo cual hubo que construir un banco de pruebas como freno dinamometrito, utilizándose un generador eléctrico conectado a un motor de 5,5 HP en dónde se realizaron las distintas mediciones. Si bien, no hubo una mezcla que destacara por sí sola, los mejores resultados se obtuvieron al agregar hasta un 15% de etanol, manteniendo la potencia y consumo desarrollados por el motor al usar éste gasolina pura, y con menor temperatura de los gases de escape.

Palabras clave: Etanol, gasohol, biocombustibles.

ABSTRACT

The use of alcohol like fuel at internal combustion engines is not a modern idea. In fact, when Otto patented his motor in 1861 (Márquez, 1995) the chosen fuel was alcohol, preceding the gasoline and other derivatives of petroleum.

Nevertheless, at time of abundant and cheap petroleum, soon the gasoline supplants the alcohol, recovering this one its protagonism at times of shortage.

Nowadays, as much the prices of crude, like the problems of environment, quickly take to the governments to quest the form to replace the fossil fuel by renewable energies.

The objective of the present research, it's to determine the optimal composition of mixture between gasoline and ethanol, measuring his effects in the engine work (power, fuel consumption, leakage gas temperature), for which was necessary to

build a testing bank with an electrical generator connected to an engine of 5,5 HP, where the different measurements were realized.

Don't was a mixture that emphasized for itself alone, but the better results were obtained al to add to a 15% of ethanol, maintaining the power and consumption developed by the engine, al to use this pure gasoline, and with smaller temperature of the escape gases.

Key words: Ethanol, gasohol, biocombustibles.

INTRODUCCIÓN

El uso de combustibles por el hombre es, sin duda, uno de los rasgos de su condición humana, prueba de esto es que una vez ocurrida la conquista del fuego por los primitivos, su evolución entra en una vertiginosa carrera hasta el presente.

Sin embargo, los estudios relacionados con el calentamiento global de la tierra establecen que el uso de los hidrocarburos fósiles como combustibles, son los responsables del 80% de los aumentos de la temperatura del planeta, la que podría subir, en promedio, casi 6º C en los próximos 100 años. Este sería el aumento más rápido de temperatura de los últimos 10.000 años, lo que indica que el calentamiento podrá seguir acelerándose de no tomar medidas para disminuir el efecto invernadero y la fuerte contaminación ambiental (Barriga, 2001).

Desde que en 1859 Edwin Drake perforó el primer pozo de petróleo en Pensilvania (Anónimo, 2006a), el uso de ésta compleja mezcla de hidrocarburos ha ido en aumento, llegando a ser la principal fuente de energía de los países desarrollados en los últimos 50-60 años.
Esta situación podría cambiar si se utilizaran fuentes alternativas de energía y combustible que permitieran un aprovechamiento más racional de los recursos renovables, redujeran la contaminación ambiental, y disminuyeran la dependencia de una sola fuente de abastecimiento para mover los medios de transporte y equipos de producción (UNFPA, 2001). Además combatiría las fuertes fluctuaciones experimentadas en el precio del petróleo a nivel mundial durante los últimos 18 meses, precios que tienen una gran incidencia en los niveles de competitividad de muchas empresas insertas en un mundo globalizado.
El alza en los precios del crudo después de los atentados terroristas de septiembre de 2001 en Estados Unidos, representa una variación monumental frente a la tendencia observada durante el año 2000 y anteriores.

"En este contexto, los países con economías que dependen fuertemente del sector hidrocarburos tienen mayor posibilidad de controlar sus recursos, lo que suele otorgarles mayor poder económico y político. Por ejemplo, el petróleo y gas proveen entre 30% y 50% de los ingresos del gobierno en Venezuela y Ecuador" (Gremone y Lutereau, 2006).

En cambio la fuerte dependencia de Chile de proveedores externos, ya que se importa aproximadamente el 90% del petróleo que consume el país (ENAP, 2005), hace muy sensible a muchas actividades económicas nacionales. Además sobre el 60% del petróleo importado se destina al sector transporte (CONAMA, 2005), el cual ha aumentado su consumo en más de cuatro veces en las últimas dos décadas, contribuyendo fuertemente a la contaminación ambiental.

En los últimos años, se han estudiado diversas alternativas a los combustibles fósiles, tales como el Biodiesel, y el uso de gasolinas mezcladas con etanol.
El etanol (alcohol etílico, alcohol de grano), de acuerdo al Laboratorio de Energía Renovable, perteneciente al Departamento

Nacional de Energías de Estados Unidos (Departament of Energy's Alternative Fuels), es un "líquido incoloro, claro, con un olor agradable característico". Corresponde al alcohol bebestible, el ingrediente activo en la cerveza, vino y bebidas alcohólicas (Addison, 2005).

El uso del alcohol como sustituto de la gasolina no es un descubrimiento de fin de siglo. En ciertas épocas en que todavía se desconocían las mejoras que había de experimentar posteriormente la gasolina, se creyó que podría ser útil sustituirla por otros combustibles, es así como varios de los primeros automóviles utilizaban alcohol. De hecho Henry Ford diseñó su famoso modelo "T" para que funcionara con alcohol, aludiendo a que era el combustible del futuro (Addison, 2005), y posteriormente, la crisis del petróleo de los setenta le daría nueva vida al etanol.

El uso a gran escala de alcohol etílico como combustible alternativo para vehículos de combustión interna se inicia en Brasil con la crisis petrolera de 1973, y plantea una interesante forma de resolver las deficiencias energéticas provenientes del petróleo.
En términos ambientales, la adición del alcohol carburante a la gasolina aumenta su poder de combustión y restringe la contaminación ambiental por metales pesados.

El etanol se produce primariamente por la fermentación del almidón de granos (maíz) o del azúcar de caña. Es más usado como un oxigenador (reduciendo así las emisiones de CO, el cual es mucho más tóxico que el CO_2) en la gasolina reformulada y en una mezcla de gasolina llamada "gasohol".

Hoy en día, se está estudiando la posibilidad de obtener etanol a partir de "lignocelulósicos", dentro de un criterio de "combustibles de segunda generación", en donde se elaboran con las partes fibrosas de las plantas, lo que permite el uso de rastrojos agrícolas, tales como la paja del trigo, la caña del maíz, restos de plantas de raleos, desechos forestales y de huertos frutales, productos orgánicos, como papeles que son parte de la basura, y que tienen la ventaja de no contar con gastos de producción, sino sólo de recolección y transporte.

El etanol se ha utilizado en otras instancias como un realzador del octanaje en reemplazo de MTBE (metilterbutiléter), lo que permite una mayor compresión y mayor potencia para la misma cilindrada de motor y cantidad de combustible empleado (Arias-Paz, 1952; Rubió, 2005).

El gasohol puede quemarse en los motores a gasolina, en cambio para quemar etanol puro se necesitan motores especializados.

Wagner (2004) y Addison (2005) señalan los siguientes beneficios del uso del etanol:

- Es combustible renovable extraído de las plantas, lo que reducirá la dependencia de las importaciones de petróleo.
- No es un combustible fósil, por lo tanto en la manufacturación y quema de éste no se incrementa el efecto invernadero, puesto que el CO_2 liberado durante la combustión es el mismo que previamente se tomó durante el crecimiento de la planta.
- Provee de alto octanaje a costos inferiores que un aditivo fabricado para gasolinas.
- Las mezclas de etanol pueden usarse en todos los motores bencineros sin modificaciones.
- Cuando el etanol es mezclado con la gasolina, el octanaje del combustible sube más de 3 puntos, sin la ayuda de aditivos.
- El etanol es biodegradable, sin efectos dañinos en el medio ambiente, y las emisiones de hidrocarburos (los principales causantes de la degradación de la capa de ozono) se reducen drásticamente.

- El etanol con alto contenido de oxígeno reduce los niveles de monóxido de carbono mas que cualquier otro oxigenante; entre un 25 a 30% menos, según la Enviromental Protection Agency (US EPA) (citado por Addison, 2005).
- El etanol puede reducir las emisiones netas de dióxido de carbono en un 100%, basándose en un ciclo completo de vida.

Wagner (2004) menciona también aspectos negativos del uso del alcohol:

- Desfavorablemente tiende a aumentar las emisiones de aldehídos.
- Absorbe agua y causará separación de fase en las mezclas de gasolina si es que el agua entra en los sistemas de distribución, almacenamiento y combustible del vehículo.

La posible producción de biocombustibles, específicamente etanol, aparece como una real alternativa para el sector agrícola no exportador, dándole un nuevo impulso a una superficie importante de hectáreas.

Aunque existe numerosa literatura sobre la utilización de alcohol en motores, sobre todo información procedente desde Brasil que es uno de los países que tiene más difundida esta tecnología, no es posible encontrar información en pequeños motores de 2 ó de 4 tiempos. Es por dicha razón, que la presente investigación contribuye a la información disponible sobre las mezclas de alcohol y gasolina, puesto que se trata de uno de los primeros estudios realizados en el país sobre este tema y, considerando que las condiciones ambientales influyen de forma significativa en el comportamiento de las mezclas, los resultados obtenidos en otros países pueden variar al ser utilizados en Chile. Es por eso que el objetivo principal del presente trabajo fue la formulación de la mezcla más apropiada de gasolina con etanol, basado en las respuestas de las prestaciones del motor (consumo, potencia, temperatura de gases).

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del estudio

El estudio se realizó en el Laboratorio - Taller de Mecanización Agrícola, perteneciente al Departamento de Ingeniería y Suelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Materiales

Los materiales utilizados para preparar las mezclas y así proceder a las distintas mediciones, fueron etanol 96º, gasolina de 95 octanos (recomendado en el manual de instrucciones del motor), un voltímetro, un termómetro digital Jumo, y un tacómetro digital Photo Type DT-2234B.

Para hacer las mediciones, con los materiales anteriormente nombrados, se usó un motor bencinero Jonnesway SPE 160 (5,5 HP), y como freno dinamometrito se utilizó un generador de corriente eléctrica Honda E2500E, con motor bencinero de la misma marca, modelo G 65 (6-8 HP).

Métodos

Implementación de un banco de pruebas para motores

Ante las necesidades de probar el efecto de los diferentes combustibles en un motor, fue necesario implementar algún mecanismo para ofrecer cargas variables (a aceleraciones constantes), realizando una labor semejante a un freno dinamométrico, mediante un banco de pruebas para motores. La utilización de dinamómetros permite la generación de curvas de torque versus revoluciones del motor, para lo cual en cada uno de los tratamientos a medida que se fueron aumentando las cargas, se midieron en el motor las revoluciones por minuto entregadas.

El método empleado fue conectando el motor a un generador (Figura 1), bajo el supuesto que el aplicar diferentes resistencias de corriente, equivale a aplicar cargas al motor. De esa forma, se conectaron

al generador en forma creciente ampolletas de diferente consumos: 0, 235, 500, 735, 1000, 1235, 1500, 1735, 2000, 2235, 2500, 2735 W, los cuales corresponderían a diferentes resistencias al generador (variación del amperaje).

La determinación de la **carga en el freno** se realizó en el generador mediante la medición del **amperaje** lo que es función de la resistencia eléctrica ofrecida por las luces al generador, y por ende, al motor.
Con los datos de la resistencia y de revoluciones es posible la obtención de los valores de **potencia** entregados por el motor, la que correspondería en un freno al torque por la velocidad angular obtenida:
Puesto que se utilizará un generador como freno, García (2004) describe que la potencia esta definida como:

$$P = V * I * \cos\varphi \qquad (1)$$

Donde:
P = Potencia en watts (W)
V = Voltaje o tensión aplicado en Volt (V)
I = Valor de la corriente en ampere (A)
cos φ = Coseno de phi o factor de potencia (1 para el caso del generador utilizado)

De esa forma, la potencia será calculada mediante la medición, en forma simultánea del amperaje y del **voltaje**, para de esta forma obtener los watts reales entregados por el generador (*Wcalculado = amperaje x voltaje*).

En cada una de las cargas se midió además la temperatura de los gases de escape para estimar la eficiencia de combustión.

Para el cálculo del consumo se procedió a tomar el tiempo en el cual se consumían 25 cm^3 de combustible, valores extrapolados a una hora para la obtención del parámetro de **consumo horario** (mL/h). Posteriormente se procedió al cálculo del **consumo específico,** en donde se relaciona el consumo por unidad de potencia generada (ml/W*h).

Para la realización de este ensayo con el motor, se trabajó en un comienzo por unas 30 horas, para que se soltara un poco, y posteriormente mediante poleas y correas se conectó al freno (bomba o generador) para la obtención de las curvas

Ensayo de mezclas alcohol-gasolina
Se ensayaron en el motor diferentes mezclas de gasolina con alcohol, desde un rango de 0% hasta 30% de alcohol, valor un poco superior al máximo recomendado por distintos autores (Márquez, 1995; IANSA, 2006).

Así la conformación de los tratamientos es la siguiente (ver fotografía en Figura 3a):
- T_1 – T_8 correspondiente al testigo inicial y final, solamente gasolina.
- T_2 mezcla compuesta por un 5% de etanol y 95% de gasolina.
- T_3 mezcla compuesta por un 10% de etanol y 90% de gasolina.
- T_4 mezcla compuesta por un 15% de etanol y 85% de gasolina.
- T_5 mezcla compuesta por un 20% de etanol y 80% de gasolina.
- T_6 mezcla compuesta por un 25% de etanol y 75% de gasolina.
- T_7 mezcla compuesta por un 30% de etanol y 70% de gasolina.

Curvas de comportamiento. Para los ensayos con los distintos combustibles, el motor se hizo andar aproximadamente 20 minutos con gasolina para que éste alcanzase una temperatura de funcionamiento. Simultáneamente se prepararon 1,5 litros de cada mezcla, las cuales fueron ensayadas en forma sucesiva. Para el ensayo de las mezclas, se procedió a la instalación de un pequeño depósito graduado (para medir consumo) para que cumpliese la función de estanque. Se llenaba inicialmente el depósito y se dejaba consumir por parte del motor para así asegurarse que en el carburador de este no quedasen restos de la mezcla anterior, a continuación se rellenaba cuantas veces fuese necesario para hacer las

mediciones a las diferentes cargas (dos cargas por estanque), midiéndose al motor la carga aplicada según el método utilizado y las revoluciones del motor, junto a la temperatura del gas de escape.

Comparación específica entre las diferentes mezclas. Para una comparación en más detalle entre las curvas, se seleccionó un punto específico en la curva del tratamiento testigo (100% gasolina), correspondiente a las revoluciones para obtener la potencia máxima calculada del motor.

Como no es posible en las distintas mezclas lograr un valor exacto de revoluciones, mediante la adición de cargas sin modificar la aceleración, se consideró una interpolación entre los datos observados a la revolución inferior y superior a ese punto.

De esa forma en los puntos superiores e inferiores se extrajeron los datos ya mencionados de torque y los del motor como revoluciones y temperatura de los gases de escape, agregándose la medición del consumo (tiempo transcurrido en consumirse 25 cm^3).

Otros ensayos

Con el objeto de efectuar un análisis comparativo**,** se seleccionó una de las mezclas que mostró los mejores resultados, para luego realizar un análisis químico de algunos de sus parámetros más representativos como: octanaje, volumen expresado en porcentaje del residuo de la destilación, y las temperaturas de destilación intermedia y final, para compararlas con las de una gasolina de 95 octanos.

Todas las mediciones realizadas en esta investigación, se hicieron en forma unitaria, es decir sin repeticiones, ya que normalmente éstas no se realizan en pruebas dinamométricas; de hecho, para las homologaciones de los tractores se realiza un solo ensayo, puesto que se trata de mediciones confiables.

Como la finalidad del presente ensayo era una comparación entre las diferentes mezclas, no se consideró aspectos relacionados al rendimiento mecánico del motor, ya que para todas las mezclas sería el mismo. El **rendimiento mecánico** (*Rm*) del motor, que corresponde al cuociente entre la ***potencia efectiva*** (*Pef*), que corresponde a la medida en el eje, con las pérdidas que han ocurrido por el roce y los acoples de las piezas, y la **potencia indicada** (*Pi*), que es la obtenida en el cilindro luego de la explosión del combustible, y que considera además la cilindrada (número de pistones, la carrera del mismo, y la superficie expuesta a la explosión):

$$Rm = Pef * Pi^{-1} \qquad (2)$$

$$Pi > Pef$$

Para efectos prácticos, sólo se consideró la potencia efectiva desarrollada por el motor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Implementación del banco de pruebas

Como se aprecia en la gráfica siguiente (Figura 2) con respecto a la implementación del banco de pruebas, al ir aumentando las cargas éstas provocan una disminución de las revoluciones del motor como era de esperar. No se midió a más de 2735 W puesto que el motor utilizado se detenía al ser sometido a mayores cargas.

Como se aprecia en la Figura 2, la curva obtenida refleja el comportamiento teórico que debería tener un motor al ir aumentando las cargas sobre éste, por lo cual el freno implementado cumpliría correctamente su función, de actuar como un freno dinamométrico.

De todas maneras, deben considerarse algunos parámetros del generador que afectarían el funcionamiento del motor, siendo alguno de ellos:

-el generador, originalmente se encontraba conectado, también mediante poleas y correa, a un motor de 6-8 HP, por lo que nunca fue exigido al límite al estar conectado al motor de 5,5 HP.

-El propio funcionamiento del generador ya provoca una carga sobre el motor, independientemente de la carga que se le exija al generador. Tampoco fueron consideradas las pérdidas de potencia por la conexión mediante poleas y correa del motor al generador, cercana a un 10% aproximadamente[1] pero que sería~~n~~ uniforme en todos los tratamientos, por ende, no tendría influencia al hacer comparaciones entre curvas.

Comparación de las curvas de los diferentes tratamientos

Al comparar las curvas de los diferentes tratamientos, cuando se utiliza alcohol hidratado (96º), la literatura indica que el agua puede provocar separación de fases (Wagner, 2004), lo que queda de manifiesto al observar la Figura 3b (No se encuentra esta Figura), dónde se aprecia claramente la mala homogenización de la mezcla recién hecha, previo a la agitación. Es importante considerar esto, para evitar problemas de funcionamiento del motor, puesto que mientras éste consuma gasolina pura, no presentará problemas, pero cuando empiece a consumir solo etanol, el motor se detendrá. Las mediciones desde T_1 a T_5 se realizaron sin problemas, pero luego el motor comenzó a comportarse de manera inestable, ahogándose, deteniéndose y no arrancando ni siquiera con el testigo inicial.

Posteriormente, cuando se logró hacerlo partir, se procedió a continuar con las mediciones restantes, observándose una considerable merma en las rpm desarrolladas (se mantuvieron las condiciones de regulación de los ensayos anteriores), por lo que se debió aumentar la aceleración, para lograr de ese modo volver a obtener una aceleración sin carga de 3900 rpm aproximadamente, cifra que coincide con las mediciones efectuadas con carga cero (0 W) en ensayos anteriores, pero que originó una variación en los datos obtenidos a partir de ese momento.

En la figura 4, se muestran las distintas curvas de resistencia obtenidas al ir variando el porcentaje de alcohol presente en la mezcla, donde en general se aprecia una tendencia a la estabilidad en toda la curva, salvo el caso del T_7, en que a resistencias intermedias la curva presenta un notorio comportamiento irregular. Llama la atención el hecho que T_8 muestre mayores rpm generadas, en comparación a los otros tratamientos en el tramo cercano a las 3700 rpm, lo que se podría deber a que el motor estaba a una mayor temperatura que el testigo inicial, con lo cual hay una menor gradiente de ésta, perdiéndose menos calor (al estar más caliente, es menor la pérdida de temperatura a través del cilindro-pistón).

Es importante señalar que el sistema de enfriado del motor, al tratarse de un artefacto de pequeño tamaño, es por aire impulsado, con lo cual el motor está mucho más propenso a recalentarse.

En la misma Figura, en la zona comprendida entre 3900 rpm y 3500 rpm, se aprecia como varía la resistencia generada. Según Márquez (1998), esta modificación se debería a la variación en el combustible inyectado a medida que se modifican las cargas externas y el aumento del par motor[2] generado es a consecuencia de la mejora en el llenado de los cilindros (relación aire/combustible más favorable).

Con respecto a T_7 (30% etanol) (Figura 4), a las 3700 rpm que corresponde al punto en que se obtiene la máxima potencia en el

[1] Representante de la marca (Álvaro Casanova Maquinarias) 2006. Comunicación personal.

[2] Par motor: Fuerza de rotación en el cigüeñal que puede ejercer un motor, adaptándose a las variaciones de las fuerzas externas (Márquez, 1998).

motor, el menor valor obtenido por esta curva, y el comportamiento errático que sigue posteriormente, se debería al mayor octanaje de la mezcla lo que la hace más resistente a la detonación, con lo cual se afectaría la regulación del motor. Comportamiento similar se aprecia con las mezclas que poseen más de un 15% de etanol.

El hecho que ocurra un aumento en el octanaje, afecta la puesta a punto del motor, debido a que el combustible será más resistente a la detonación, por lo cual la combustión no ocurrirá cuando el pistón se encuentre en el punto muerto superior, sino que después de haber alcanzado la máxima compresión, cuando el pistón va desplazándose al punto muerto inferior, con la consecuente pérdida de energía, por lo cual habría que adelantar el punto de ignición.
Por otro lado, afectará la relación de compresión del motor (ρ) que corresponde a:

$$\rho = (q + \varepsilon) * \varepsilon^{-1} \quad (3)$$

Donde:
ρ= Relación de compresión del motor
q= Volumen de la cámara de admisión del cilindro (V2 en Figura 5)
ε= Volumen de la cámara de combustión del cilindro (V1 en Figura 5)

Por otro lado, la relación de compresión está muy relacionada al rendimiento térmico del combustible (Rt), que corresponde a:

$$Rt = 1*(1 - \rho^{K-1})^{-1} \quad (4)$$

Donde:
Rt= Rendimiento térmico
ρ= Relación de compresión del motor
K= Constante del calor específico del combustible

$$K = Cp * Cv^{-1} \quad (5)$$

Donde:
Cp= Calor específico del combustible a presión constante
Cv= Calor específico del combustible a volumen constante

Con respecto a la detención del motor en T_6 y T_7, al acercarse a las 3000 rpm, ésta puede ser atribuida a la relación estequiométrica del combustible utilizado, la cual se explica en detalle más adelante, en donde, al aumentar el combustible inyectado al cilindro (para compensar el aumento en la resistencia a que es sometido el motor (par motor), junto a la merma energética del combustible a medida que aumenta la proporción de etanol), disminuye la cantidad de aire por unidad de combustible, y junto al incremento del octanaje afectan el buen funcionamiento del motor, por una desregulación de éste[3].

Con respecto a la potencia generada (W = *amperaje x voltaje x cosφ (1)*), en la Figura 6 se pueden apreciar las curvas obtenidas para los distintos tratamientos, donde las curvas son semejantes, sobretodo a altas y bajas revoluciones, y más variables en las revoluciones cercanas a las potencias máximas respectivas. La curva 30% es más variable por lo anteriormente explicado en el cálculo de la resistencia (variaron los amperajes). Las mayores potencias generadas por el motor se presentaron en los tratamientos T_8 (0% etanol), y la correspondiente al T_4 (15% etanol). La mayor potencia generada en T_8, en relación al testigo inicial, se atribuye al hecho que el motor estaba a mayor temperatura, situación explicada en párrafos anteriores. De no ser así, este aumento en T_8, vendría explicada por algún tipo de efecto acumulativo de las mezclas.

En la Figura 6, se puede contemplar que la variabilidad entre las diferentes mezclas está relacionada en los rangos de revoluciones donde el motor trabajó en valores en torno a

[3] Representante de la marca (Álvaro Casanova Maquinarias). 2006. Comunicación personal.

la potencia máxima suministrada por él. Este es el punto donde se debería notar más claro el efecto entre las diferentes mezclas, como de la capacidad del regulador del motor de poder entregar la potencia máxima del mismo.

Comparación específica entre las diferentes mezclas

Para realizar una comparación más específica entre las distintas mezclas, en la curva de potencia obtenida con la gasolina, se seleccionó el punto de inflexión de la curva, correspondiente a la potencia máxima obtenida, y que corresponde a 3700 rpm (Figura 7), como se puede apreciar, a medida que van aumentando las cargas, hay un aumento lineal entre la potencia calculada versus una disminución de las revoluciones del motor, para luego de alcanzar su potencia máxima a las 3700 rpm y posteriormente se aprecia una disminución de la potencia a medida que siguen bajando las revoluciones, fenómeno explicado por algún mecanismo de autorregulación de aceleración de los motores de pequeño tamaño. Comportamiento similar ocurre en motores Diesel, lo cual corresponde al punto en que deja actuar el regulador de la bomba inyectora, y que corresponde a las revoluciones nominales del motor, donde se consigue la máxima potencia.

El método utilizado de interpolar las revoluciones por minuto inferiores y superiores, inmediatamente contiguas a las 3700 rpm, presentó el inconveniente que se supone una línea recta entre ellas, pero, como se ve en la Figura 7, esto no es así (es un punto más alto), y dependiendo de cuán cerca o lejos estén los 3700 de los dos puntos considerados, puede generarse una distorsión entre los datos.

Resistencia

El amperaje o resistencia (Figura 8), se incrementa levemente hasta T_4, cayendo posteriormente mientras que el voltaje logrado, se mantiene casi constante en los tres primeros tratamientos (Figura 9), para mostrar una leve merma en el T_4, y luego una brusca caída, volviendo al valor inicial en T_8, de lo cual se deduce que el aumento de la potencia producida en los primeros tratamientos, es a causa del aumento del amperaje (es decir, de la resistencia), y el comportamiento prácticamente estable del voltaje, y la caída de los watts calculados en los tratamientos posteriores a T_4 (Figura 7), se deben a una brusca disminución en el voltaje y amperaje generados, siendo más significativa en el primero de éstos.

Potencia

La potencia generada en T_6 es notoriamente superior a la producida en T_5 (Cuadro 1 y Figura 10), lo que se debe exclusivamente al aumento en la aceleración, por lo que no debe considerarse como el comportamiento normal del motor, en relación a los tratamientos anteriores.

En la Figura 10 se aprecia un incremento en la potencia generada, desde T_1 a T_4 (0 a 15% de etanol), situación que concuerda con Rubió (2005) quien afirma que el etanol durante su combustión, aumenta el calor de vaporización, produciendo una mayor potencia respecto de la gasolina. La posterior disminución se debe a la **relación estequiométrica** (relación de compresión, la cual viene dada por la cantidad de aire utilizada en comparación a la unidad de combustible quemado), la que es 12 a 1 para el alcohol y 10 a 1 para la gasolina (Márquez, 1995), es decir, se necesita más aire para quemar 1 litro de etanol que 1 litro de gasolina. Así, al aumentar la proporción de alcohol presente en cada mezcla, también debería incrementarse la cantidad de aire entregada a ésta, pues cualquier factor que afecte la cantidad de aire que entre al cilindro será causa de que la combustión se realice peor y la presión media de los cilindros disminuya, con el consecuente descenso en el par motor. ~~Así~~, De esta forma, cuando se pretende inyectar mucho combustible en un cilindro con un volumen

determinado, al ser cada vez menor el oxígeno que corresponde a cada unidad de combustible, éste se quemará peor, con lo cual el motor necesitará mayor volumen de combustible, aumentando los gastos de funcionamiento para el mismo trabajo producido (Márquez, 1995). Para evitar esta situación, sería necesario regular la relación aire/combustible (carburar el motor), de manera que se alcance la correcta relación estequiométrica.

Por otro lado, como se verá más adelante, el aumento del contenido de etanol en la mezcla, produce un incremento en el octanaje, aspecto que debería ser corregido modificando la puesta a punto del motor.

Al observar el Cuadro 1, se aprecia que en T_3 se genera la mayor potencia (2622,26 W), lo que equivale a un incremento de un 9.306% (223,25 W), respecto del primer tratamiento (gasolina pura), con una disminución de un 1,35% en el consumo horario (28,43 mL/hr) (Cuadro 3). Al considerar el consumo específico por watt, se observa una merma de un 9,75% (0,085 mL/W*hr) (Cuadro 4).

La potencia generada en el cuarto tratamiento (T_4), corresponde a un incremento de un 8,86% (212,55 W) (Cuadro 1), cifra que es menor a la mostrada por T_3, comentada en el párrafo anterior, pero con el menor consumo de combustible por hora (2050,06 mL/hr) (Cuadro 3), lo que equivale a una disminución de un 2% (41,93 ml/hr), y, con respecto al consumo específico por watt generado (Cuadro 4), una baja del orden del 9,98% (0,08 mL/W*hr), situando a este tratamiento (T_4) como el más económico para generar potencia (Figura 13).

Esto concuerda con lo indicado por IANSA (2006), quienes sostienen que se puede utilizar hasta esta proporción de mezcla sin la necesidad de realizar alguna transformación mecánica en el motor.

Temperatura de gases de escape

Se observa una disminución en la temperatura de los gases de escape, a medida que aumenta la proporción de etanol en cada mezcla (Figura 11). Esto se debería a que el poder calorífico del etanol es de 5.829 Kcal/Kg y el de la gasolina es de 10.500 Kcal/Kg (De Dios, C.A., 1996; NASAMAX, 2006), es decir, el poder calorífico del etanol es aproximadamente un 60% del de la gasolina. Después del problema de arranque que tuvo el motor, que se detuvo en T_5, se aprecia que, si bien T_6 mantiene la tendencia en la temperatura, en T_7 la situación es distinta, variando notoriamente los resultados con respecto a lo observado. Este notable incremento en la T° (Figura 11), con la disminución en la potencia (Figura 10),es atribuible al aumento en el octanaje del combustible utilizado, con lo cual se afecta la regulación del motor ya que la explosión ocurrirá más tarde, cuando el pistón esté en la fase de descenso, con la consecuente pérdida de potencia.

Aunque la segunda ley de la termodinámica dice que, para una máquina, es imposible convertir en trabajo toda la energía calórica suministrada (Greene y Lucas, 1969), éste incremento de temperatura también puede deberse a que haya disminuido la eficiencia del motor, por una posible dilatación de los materiales debido a un recalentamiento, y se esté perdiendo una buena parte de la energía suministrada en forma de calor.

Consumo combustible

El incremento en el consumo de combustible observado en mezclas con más de 15% de etanol (T_4) (Cuadro 3, Figura 12), se debería a que, al poseer este combustible menor poder calorífico, el motor tiende a compensar la merma energética aumentando el volumen de mezcla utilizado, de acuerdo a lo indicado por NASAMAX (2006), pero en T_7 hay una brusca disminución en el consumo de combustibles, lo que se debería al mecanismo interno de regulación de la relación estequiométrica (explicada

anteriormente), por lo que el motor consumiría menos y así aprovecharía de mejor manera el aire que tiene, y de esta forma continuaría funcionando, pero con la disminución en potencia observada en gráficas anteriores (Figura 10).

El **consumo específico medido en watts** (mL/W*h) (Figura 13), se muestra relativamente estable hasta T_4 (15 % etanol), pero luego hay un significativo aumento al ser utilizado con 20% de etanol, situación atribuida a regulaciones internas del motor para así mantener la relación estequiométrica, para posteriormente tender a estabilizarse, lo que coincide con la menor potencia generada (Figura 10).

Suponiendo que el motor en el que fueron realizadas las mediciones trabajase por un período de 1000 horas con la mezcla T4 (15% de etanol), con un consumo por hora de 2050,06 mL (Cuadro 3) de combustible (2,05 L), por el sólo hecho de ocupar una mezcla con un 15% de etanol, ahorrará 0,3075 L (0,15*2,05) de gasolina por hora, es decir, 307,50 L por 1000 horas de trabajo, lo que equivale a $202.335 pesos (base $658/L de gasolina de 95 octanos, al 17/08/2006). Por su parte, los 307.50 L de etanol utilizados equivaldrían a $164.512 pesos ($535/L de etanol), es decir $37.823 pesos de ahorro.

Junto a lo anterior, no se debe dejar de lado el efecto monetario de comprar gasolina de 93 octanos y llevarla a 97 octanos (hay $40 pesos de diferencia en el mercado). Este efecto es el que las petroquímicas buscan, para reemplazar la adición de MTBE, derivado del crudo que además es de un alto valor comercial, es decir, se reducen los costos de producir gasolinas con alto octanaje.

Otros ensayos

Análisis de una mezcla 10%: En el análisis comparativo de las mezclas, como se aprecia en el Cuadro 5, al agregarle alcohol en un 10%, la mezcla sufre una serie de variaciones que tendrán una ingerencia importante en el comportamiento del motor, como por ejemplo hay un aumento del octanaje de 4,2 puntos, lo que implica un retardo en la explosión de la gasolina, lo que habría que compensar con un adelanto del reglaje del motor, de tal forma que el inicio de la explosión ocurra antes. Este punto demuestra el efecto de su utilización como aditivo, para ser utilizado como un realzador del octanaje en reemplazo de MTBE (metilterbutiléter), de esa forma se podía suponer que si a una gasolina de 93 octanos le colocase 10% de alcohol, esta quedaría de 97 octanos, efecto que se hace en Chile pero colocándole el MTBE, y que ahora podría ser el alcohol.

La curva de destilación de la gasolina indica a qué temperatura una gasolina comienza a evaporarse, y a cual lo hará completamente, puesto que éste combustible, al ser una mezcla de varios productos, no tiene un punto fijo de ebullición (Anónimo, 2006b). La curva de destilación influye sensiblemente en el comportamiento del motor. Es así como una gasolina pobre en fracciones que se evaporan presentará problemas para el arranque del motor en invierno, y tomará más tiempo el llevar al motor a la temperatura de régimen (de funcionamiento normal), con una menor potencia desarrollada. Por el contrario, gasolinas demasiado ricas en fracciones volátiles, pueden originar el descebamiento del carburador al haber altas temperaturas, o bien el congelamiento del combustible en los conductos de pequeño diámetro, con bajas temperaturas. Si, por otro lado, la gasolina posee exceso de fracciones poco volátiles, ello puede dar lugar a una dilución del aceite del cárter (debido a los hidrocarburos menos volátiles que no se queman bien y se cuelan a lo largo de los pistones) y la formación de depósitos en la cámara de combustión (Anónimo, 2006b).

En el Cuadro 5 se aprecian los distintos niveles de destilación, y en toda la

recuperación del combustible ocurre a una menor temperatura con la mezcla que contenía etanol. Los valores indicados para la gasolina de 95 octanos, corresponden a los máximos permitidos por la legislación chilena (COPEC, 2006). El hecho que la mezcla contenga alcohol explica la destilación a menor temperatura, puesto que éste último es más volátil que la gasolina, como se ha señalado anteriormente.

CONCLUSIONES

Una vez realizadas las mediciones y analizados los datos, se puede concluir que no hubo una notoria diferencia en el comportamiento mostrado por los motores, en el rango comprendido entre 0% y 15% de etanol, destacando las mezclas con 10 y 15%, sin registrarse variaciones notorias en la potencia y consumo, junto a una leve disminución de la temperatura al escape.

De lo recientemente expuesto se desprende que la utilización y producción de etanol, es totalmente factible desde el punto de vista del desempeño del motor, lo que quedó de manifiesto una vez concluida esta investigación.

Es importante conocer el octanaje óptimo que cada fabricante de motores recomienda, y al usar mezclas de gasolina con etanol, es necesario utilizar una gasolina con índice octano menor, para no sobrepasar en gran magnitud lo indicado para un determinado motor.

La implantación del banco de pruebas con el freno dinamométrico fue un éxito, al utilizar los distintos motores con el generador de corriente eléctrica, puesto que permitió la realización de las mediciones de los distintos tratamientos para su posterior comparación

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo de la Universidad de Chile, por haber financiado el proyecto "*Evaluación preliminar del posible uso de distintas especies vegetales y de desechos industriales en la producción de biodiesel y su comportamiento en motores agrícolas"* en el cual se enmarcó la presente publicación

LITERATURA CITADA

ADDISON, K., 2005. Etanol Fuel. Disponible en: http://journeytoforever.org/ethanol.html. Consultado el 01-08-2006.

ANÓNIMO, 2006A. Petróleo. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Petr%C3%B3leo . Consultado el 25-02-2006.

ANÓNIMO, 2006B. Gasolina. Disponible en: http://campus.fortunecity.com/duquesne/623/home/gasolina/gasolina.htm. Consultado el 26-2-2006

ARIAS-PAZ, M., 1952. Manual de Automóviles, 1952, 18ª ed. Editorial Dossat, S.A., Madrid, España. 687p.

BARRIGA, C. 2001. Bio-Combustibles: Nueva Alternativa para el Mundo. Economía Agraria, volumen 6, 2001. p437-446.

CONAMA, 2005. Temas ambientales, aire. Disponible en: http://www.conama.cl. Consultado el 19-11-2005. Publicado el 10-05-2005.

COPEC, 2006. Combustibles. Disponible en http://www.copec.cl Consultado el 13-02-2006.

DE DIOS, C.A., 1996. Secado de granos y secadoras. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/X5028S/X5028S04.htm. Consultado el 10-02-2006.

ENAP. 2005. Transporte Urbano. Disponible en: www.enap.cl Consultado el 19-11-2005. Publicado el 30-11-2004.

GARCÍA, J., 2004. Qué es la potencia eléctrica. Disponible en http://www.asifunciona.com Consultado el 25-02-2006.

GREENE, A. B., LUCAS, G.G., 1969. Energy Losses. The Testing of Internal Combustion

Engines, 1969. 2nd ed. The English Universities press Ltd., London, UK. p136.

GREMONE, L. Y LUTEREAU, P., 2006. El ciclo de precios del petróleo y la relación entre gobiernos y empresas privadas. Diario Financiero, 08-08-2006. p34.

IANSA, 2006. La agricultura como fuente energética. Gestión & Tecnología Nº 12, julio 2006. p34-36.

MÁRQUEZ, L. 1995. Los biocarburantes: Limitaciones y perspectivas In Energías

Renovables, Instituto de Ingenieros de España (Comité de la Energía y Recursos Naturales) ISBN 84-7834-262-

MÁRQUEZ, L. 1998. Comparando: ¿Qué potencia tiene este tractor?. Agrotécnica abril 1998.25-35 p.

NASAMAX, 2006. Frequently Asqued Questions. Disponible en: http://nasamax.com/racing/en/bio_ethanol_1.asp. Consultado el 10-02-2006.

RUBIÓ, G., 2005. Los Biocombustibles: Situación actual, análisis y perspectivas de la producción en MERCOSUR y del comercio con la UE. Disponible en: http://www.fao.org/sd/dim_en2/docs/working1_es.doc Consultado el 10-02-2006. Publicado el 24-03-2005.

UNFPA, 2001. El Estado de la Población Mundial 2001. Disponible en www.unfpa.org Consultado el 19-11-2005.

WAGNER, M. 2004. Etanol. Disponible en www.cleanairnet.org Consultado el 22-10-2005.

ANEXOS

Figura 1. Dinamómetro en base a generador eléctrico.
Figure 1. Dynamometer using a generator.

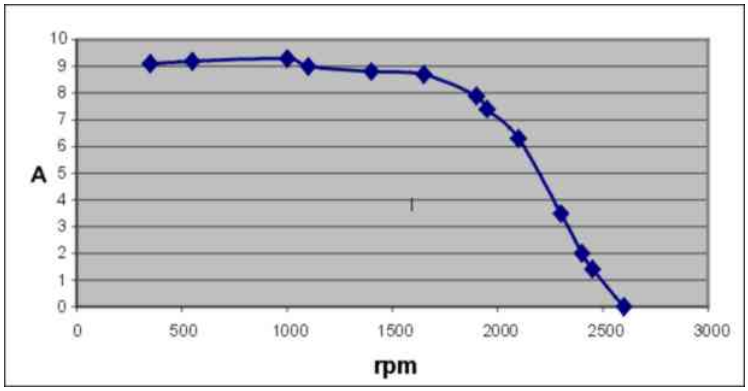


Figura 2. Comportamiento de un motor de 5,5 HP al variar la carga (A) sobre éste.
Figure 2. 5.5 HP engine behaviour by varying the load (A) on it.

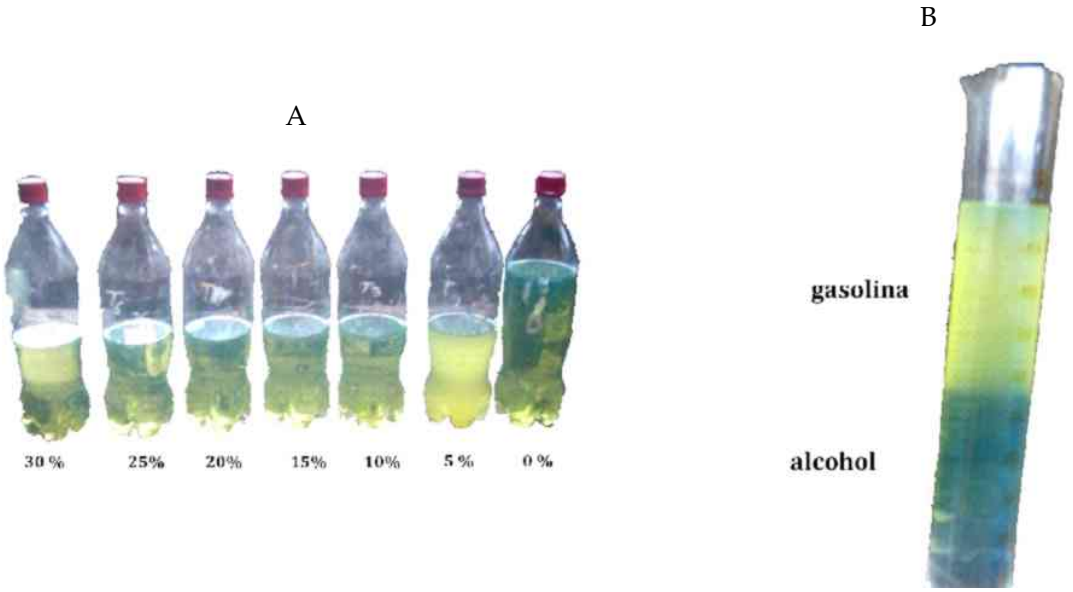


Figura 3. a) mezclas correspondientes a cada tratamiento, b) separación de fases en mezcla sin agitar.
Figure 3. a) mixes for each treatment, b) separation phase of mixture without stirring.

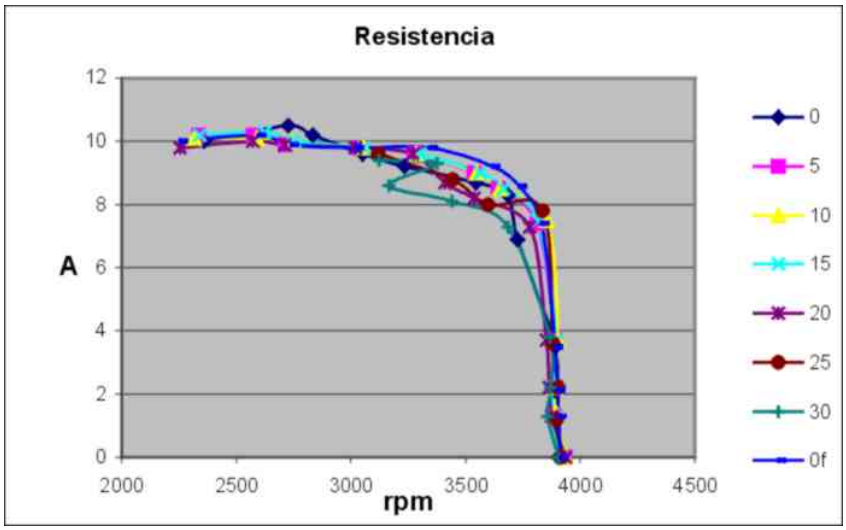


Figura 4. Resistencia generada (A v/s rpm) según diferentes porcentaje de alcohol en la mezcla.
Figure 4. Resistance generated (A v / s rpm) under different percentage of alcohol in the mix.

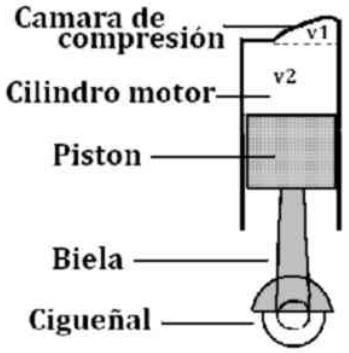


Figura 5. Diagrama de un cilindro.
Figure 5. Diagram of a cylinder.

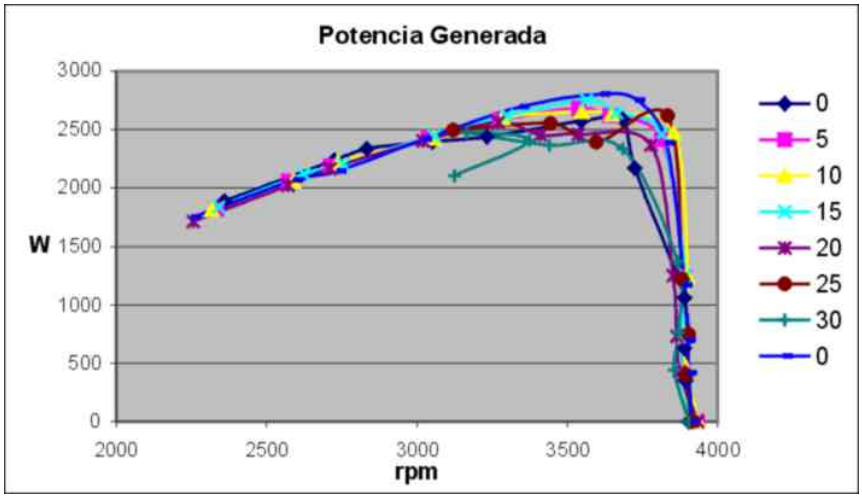


Figura 6. Potencia generada según diferentes porcentaje de alcohol en la mezcla.
Figure 6. Power generated by different percentage of alcohol in the mixture.

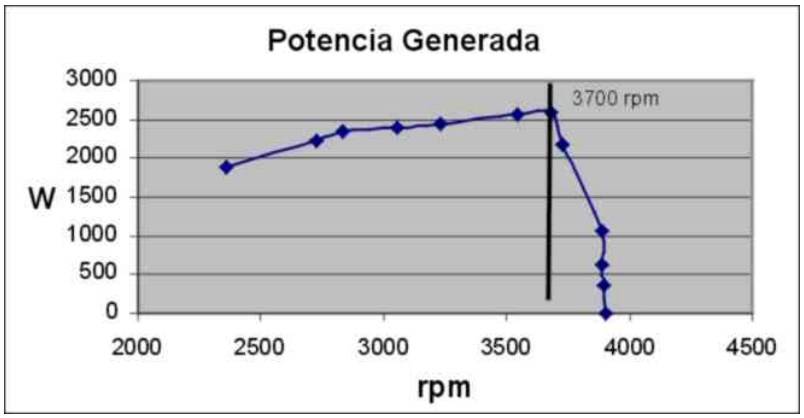


Figura 7. Selección de W calculado con el testigo original (T_1).
Figure 7. Selection of W calculated with the original control (T_1).

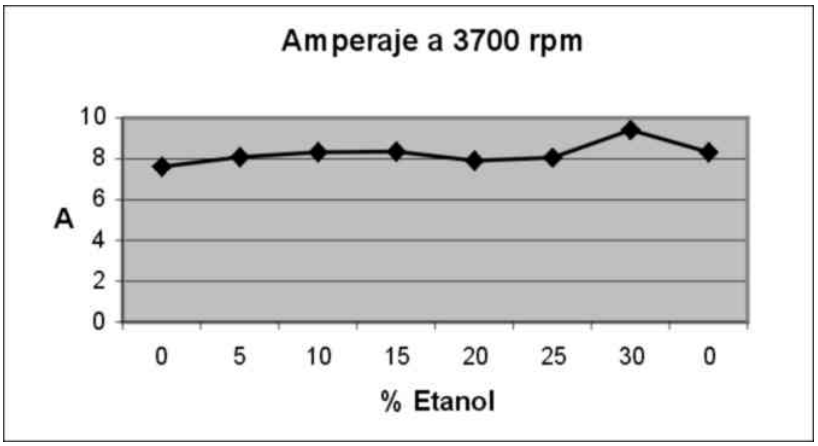


Figura 8. Amperaje medido a 3700 rpm, en los distintos tratamientos.
Figure 8. Amperage measured at 3700 rpm, in the different treatments.

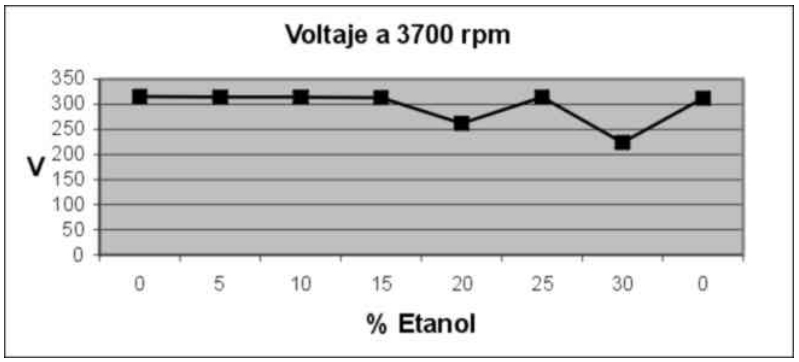


Figura 9. Voltaje medido a 3700 rpm, en los distintos tratamientos.
Figure 9. Voltage measured at 3700 rpm, in the different treatments.

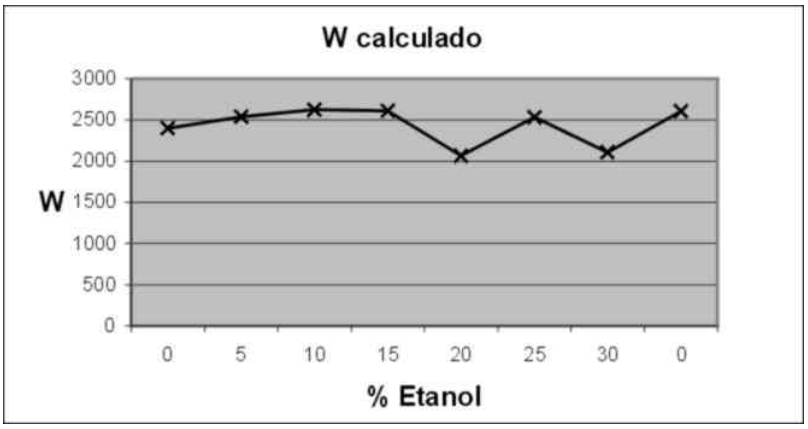


Figura 10. W calculado, medido en los diferentes tratamientos.
Figure 10. Calculated W, measured in the different treatments.

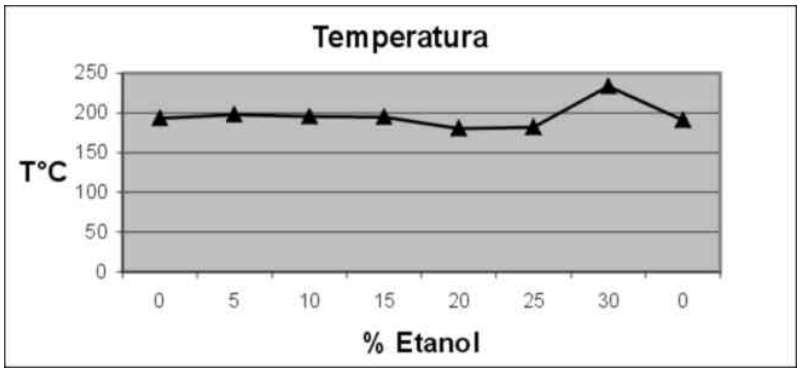


Figura 11. Temperatura medida en los diferentes tratamientos.
Figure 11. Measurement of temperature in the different treatments.

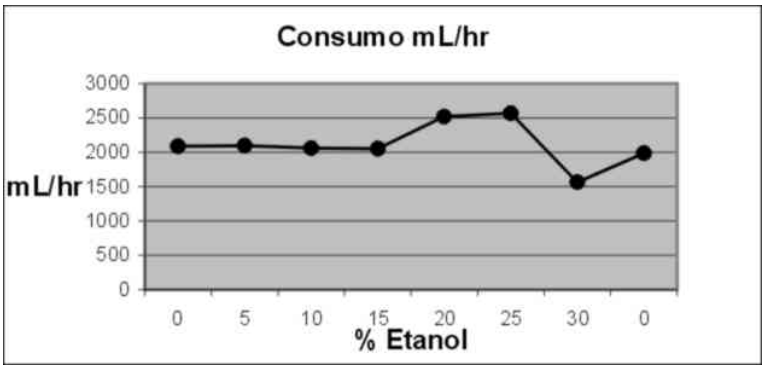


Figura 12. Consumo de combustible (mL/hr).
Figure 12. Fuel consumption (mL / hr).

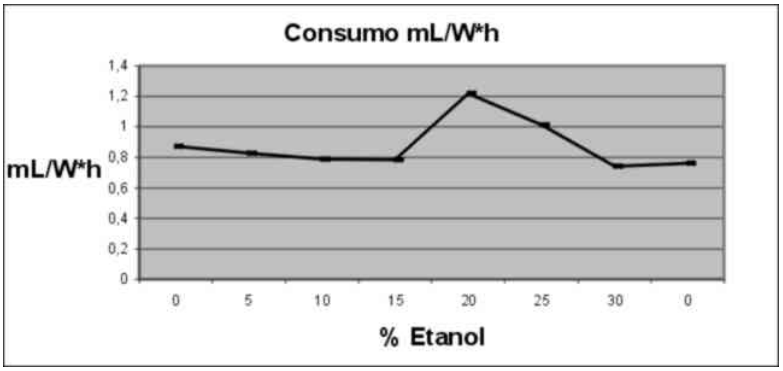


Figura 13. Consumo por watt / hora (mL/W*h).
Figure 13. Consumption per watt / hour (mL / W * h).

Cuadro 1. Potencia calculada según tratamiento.
Table 1. Power calculated according to treatment.

Tratamientos	W calculado
T_1 (0% etanol, 100% gasolina)	2399,01
T_2 (5% etanol, 95% gasolina)	2540,27
T_3 (10% etanol, 90% gasolina)	2622,26
T_4 (15% etanol, 85% gasolina)	2611,57
T_5 (20% etanol, 80% gasolina)	2066,52
T_6 (25% etanol, 75% gasolina)	2534,84
T_7 (30% etanol, 70% gasolina)	2105,60
T_8 (0% etanol, 100% gasolina)	2602,80

Cuadro 2. Temperatura (ºC) de gases de escape medida en los diferentes tratamientos.
Table 2. Temperature measurement (° C) of exhaust gases in the different treatments.

Tratamientos	T °C medida
T_1 (0% etanol, 100% gasolina)	192,82
T_2 (5% etanol, 95% gasolina)	197,35
T_3 (10% etanol, 90% gasolina)	195,46
T_4 (15% etanol, 85% gasolina)	194,60
T_5 (20% etanol, 80% gasolina)	180,00
T_6 (25% etanol, 75% gasolina)	181,52
T_7 (30% etanol, 70% gasolina)	233,00
T_8 (0% etanol, 100% gasolina)	191,00

Cuadro 3. Consumo mL/hora según los diferentes tratamientos.
Table 3. Consumption mL / hour for different treatments.

Tratamientos	Consumo mL/hora
T_1 (0% etanol, 100% gasolina)	2091,99
T_2 (5% etanol, 95% gasolina)	2099,54
T_3 (10% etanol, 90% gasolina)	2063,56
T_4 (15% etanol, 85% gasolina)	2050,06
T_5 (20% etanol, 80% gasolina)	2518,32
T_6 (25% etanol, 75% gasolina)	2573,93
T_7 (30% etanol, 70% gasolina)	1561,95
T_8 (0% etanol, 100% gasolina)	1987,41

Cuadro 4. Consumo específico por watt / hora (mL/W*h).
Table 4. Specific consumption per watt / hour (mL / W * h).

Tratamientos	Consumo mL/W*h
T1 (0% etanol, 100% gasolina)	0,872
T2 (5% etanol, 95% gasolina)	0,826
T3 (10% etanol, 90% gasolina)	0,786
T4 (15% etanol, 85% gasolina)	0,784
T5 (20% etanol, 80% gasolina)	1,218
T6 (25% etanol, 75% gasolina)	1,015
T7 (30% etanol, 70% gasolina)	0,741
T8 (0% etanol, 100% gasolina)	0,763

Cuadro 5. Comparación entre gasohol (10%) (T_3) y gasolina 95 octanos (T_1).
Table 5. Comparation between gasohol (10%) (T_3) and 95 octane gasoline (T_1).

Análisis	Unidad	Método	gasohol 10% etanol	Gasolina 95 octanos*
Destilación 10% Recup.	ºC	NCH-66	57.5	70
Destilación 50% Recup.	ºC	NCH-66	97.5	121
Destilación 90% Recup.	ºC	NCH-66	161.0	177
Punto final de destilación	ºC	NCH-66	199.5	225
Destilación (Recuperado)	% v/v	NCH-66	97.6	
Destilación (Residuo)	% v/v	NCH-66	1.3	2.0
Número de octano Research	N.O.R.	NcH-2146	99.2	95

* Fuente: COPEC,2006

SEGMENTACIÓN DE CONSUMIDORES DE VINO ESPAÑOLES EN FUNCIÓN DE FACTORES QUE CONTRIBUYEN A EXPLICAR LA ACTITUD HACIA VINOS DE DENOMINACIÓN DE ORIGEN.

Segmentation of spanish wine consumer based on the factors contributing to explain the attitude of apellation of origin wines

Marcos Mora G.[1]*; Margarita Brugarolas M-B.*[2]*; Laura Martínez-Carrasco M.*[2]*; Jacqueline Espinoza O.*[2]
[1]Departamento de Economía Agraria. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315. La Pintana. Santiago. Chile. E-mail: mmorag@uchile.cl
[2] División de Economía Sociología y Política Agraria. Universidad Miguel Hernández
Ctra. Beniel. Km. 3,2. 03312. Orihuela (Alicante). España.
E-mail: mbrugaro@umh.es; lmartinez@umh.es

RESUMEN

En España, el consumo de vino de calidad se ha incrementado en los últimos años. Esta tendencia ha estado acompañada de la proliferación de numerosas Denominaciones de Origen (D.O.) nacionales que compiten en el mercado ofreciendo vinos cada vez de mayor calidad. En la Comunidad Valenciana, marco geográfico de este trabajo, existen tres D.O.: Valencia, Alicante y Utiel-Requena, que en su conjunto representan el 10% del volumen del vino calificado en España y sólo el 8% del vino de calidad comercializado. Para el desarrollo del mercado interior de estas tres D.O. es necesario el conocimiento de las actitudes de los consumidores hacia el vino de calidad, con el objetivo último de adecuar su oferta a los requerimientos de los consumidores. En este trabajo, el principal objetivo ha sido segmentar a consumidores españoles de vino en atención a dimensiones que definen un vino de calidad, utilizando para ello una encuesta a 717 consumidores de vino de la Comunidad Valenciana (error 3,75% y nivel de confianza 95,5%) que incluía una pregunta con las actitudes hacia los vinos de D.O., medidas en una escala de Lickert de 5 niveles, así como preguntas sobre características descriptivas (sexo, edad, renta, pertenencia a zona productora y no productora, etc.) y funcionales (estilos de vida) de los consumidores. La información obtenida se ha sometido a un análisis estadístico descriptivo que ha permitido obtener la valoración media de las citadas actitudes globalmente y por segmentos de consumidores. También se ha realizado un análisis factorial de las mismas para determinar las dimensiones óptimas que definen la imagen de un vino de calidad. Como resultados principales, se ha logrado identificar 4 segmentos de mercado, lo cuales son: Innovador (50,2%), Escéptico (29,4%), Etnocentrista (7,8%), Conservador (12,6%), existiendo diferencias significativas entre ellos, sobre todo en cuanto a la importancia concedida al conocimiento sobre el producto, el carácter de saludable y el origen del vino.

Palabras Clave: vino de calidad, imagen percibida, análisis factorial, segmentación.

ABSTRACT

In Spain, the consumption of quality wine has increased in recent years. This trend has been accompanied by the proliferation of numerous designations of origin (DO) competing

domestic wines in the market offering increasingly higher quality. In Valencia, geographical scope of this work, three DO: Valencia, Alicante and Utiel-Requena, which together represent 10% of the volume of qualified wine in Spain and only 8% of the quality wine market. To develop the internal market these three DO is necessary to know the attitudes of consumers towards wine quality with the ultimate goal of bringing its offering to the needs of consumers. In this paper, the main objective has been to segment consumers Spanish wine in response to dimensions that define a quality wine, using a survey of 717 wine consumers in the Valencian Community (error 3.75% and confidence level 95.5%) that included a question of attitudes towards the wines of DO, measured on a Likert scale of 5 levels as well as questions about descriptive characteristics (sex, age, income, membership in producer and non-producing zone, etc. .) and functional (lifestyle) of consumers. The information obtained was subjected to descriptive statistical analysis has led to the above average rating of overall attitudes and consumer segments. There has also been a factor analysis of the tenders to determine the optimal dimensions that define the image of a quality wine. As main results, it has identified four market segments, which are: Innovative (50.2%), Skeptic (29.4%), ethnocentrism (7.8%), Conservative (12.6%), with significant differences between them, especially regarding the emphasis on product knowledge, the nature of healthy and origin of wine.

Keywords: quality wine, perceived image, factor analysis, segmentation.

INTRODUCCIÓN

El consumo de vinos de calidad en España ha aumentado considerablemente en los últimos años. A su vez el número de Denominaciones de Origen (DD.OO.) también lo ha hecho, pasando de 40 en la campaña 1990-1991, a 60 en la campaña 2003-2004, habiéndose generado una gran competencia en el mercado interno. La superficie dedicada a la elaboración de vinos de Denominación de Origen (D.O.) en la Comunidad Valenciana representa el 10% de la superficie nacional dedicada a este tipo de vino. El porcentaje se mantiene en lo que se refiere a la producción; sin embargo, el volumen comercializado de vinos de D.O. de la Comunidad Valenciana sólo representa un 8% del total de vinos de D.O. comercializados en España.

En la Comunidad Valenciana existen tres DD.OO. para sus vinos de calidad: Alicante, Utiel-Requena y Valencia, cuyo reconocimiento oficial es tan antiguo como el sistema de DD.OO. español y data del 8 de septiembre de 1932. Según cifras de la campaña 2001-2002, la superficie inscrita de vinos de calidad en la Comunidad Valenciana fue de 63.586 hectáreas (10% del total español), de las cuales el 22,4% corresponde a la D.O. Alicante, el 48,9% a la D.O Utiel-Requena y el 28,6% a la D.O. Valencia. En relación a la producción de vino calificado, en 2001 se elaboraron 1.148.550 hectolitros de los cuales un 9,8% correspondió a la D.O. Alicante, un 33,4% a la D.O. Utiel-Requena y un 56,8% a la D.O. Valencia. Referente a la comercialización de los vinos valencianos, ésta alcanzó los 845.680 hectolitros (8,2% del total comercializado en España), de los cuales un 11,0% correspondió a la D.O. Alicante, un 31,8% a la D.O. Utiel-Requena y un 57,1% a la D.O. Valencia. (Tabla 1)

La investigación del consumidor de vino en España, ha permitido a través del tiempo conocer de mejor forma una gran cantidad de aspectos que subyacen a las decisiones que enfrenta éste al comprar y/o consumir un vino y contribuir positivamente en la comercialización del vino, a través del diseño de estrategias que permiten a la industria vitivinícola enfrentar de mejor forma sus

decisiones comerciales. En este sentido, existe un número considerable de trabajos que han permitido, desde caracterizar los perfiles de los consumidores de vino hasta la determinación de relaciones de dependencia y causales entre las variables asociadas al consumo de vino (modelamiento), en un número importante de comunidades de España. A modo de ejemplo, podemos citar los trabajos de: Albisú et al (1989), respecto de actitud del consumidor ante la publicidad de vino; Delgado y Caldentey (1993a), sobre motivaciones de consumo; Delgado y Caldentey (1993b), acerca de segmentación de los consumidores de vinos en Córdoba; Sánchez y Olmeda (1997), relativo a actitudes de los consumidores hacia la D.O. Navarra; Bernabéu *et al* (2001), relacionado con segmentación de los consumidores según hábitat (rural/urbano) y determinación de la importancia relativa de los atributos del vino en Albacete; Gómez Limón *et al* (2001), respecto al estudio y segmentación de los consumidores jóvenes de vino en Valladolid; Bello y Cervantes (2002), sobre el proceso de compra de vino y factores situacionales de consumo; Bernabéu *et al*, (2002), acerca de las relaciones de dependencia entre variables de consumo de los consumidores de vino de calidad en Castilla-La Mancha; Bernabéu *et al*, 2003, acerca del posicionamiento de las DD.OO. de la Mancha y Valdepeñas con respecto a la D.O. Rioja. Específicamente, en la Comunidad Valenciana, marco de análisis del presente trabajo, destaca la investigación de Martínez-Carrasco (2002), sobre las motivaciones y preferencias de consumo, determinación de importancia relativa de los atributos del vino de D.O. y determinación de relaciones de dependencia de variables asociadas al consumo de vino en Alicante. En el contexto descrito, este trabajo de centra en el análisis de las actitudes de los consumidores de la Comunidad Valenciana hacia los vinos de D.O.

Frente al escenario descrito, caracterizado por un aumento sostenido de las DD.OO. en el sector vitivinícola español, y por un superávit de producción respecto al total comercializado de los vinos de la Comunidad Valenciana, surgió la necesidad de conocer cómo percibe el consumidor valenciano la imagen de los vinos de calidad, con el fin de poder determinar las dimensiones óptimas que conforman dicha imagen, y así contribuir a dar una respuesta que posibilite un mejor equilibrio entre oferta y demanda.

Con este objetivo, se elaboró el presente estudio, el cual está basado en la aplicación de una encuesta a consumidores de vino de la Comunidad Valenciana, y que consideró aspectos básicos (frecuencias de consumo, cantidades consumidas, etc.) acerca del consumo de vino de calidad, actitudes del consumidor valenciano hacia el vino de D.O. en general y hacia los vinos de la Comunidad Valenciana en particular, estilos de vida asociados y aspectos sociodemográficos. Los objetivos de este trabajo contemplan en primer término una caracterización del consumidor valenciano de vino de D.O., en cuanto a sus aspectos básicos de consumo y en cuanto a la valoración de sus actitudes hacia el vino de D.O. En segundo lugar, se pretenden determinar las dimensiones óptimas que definen la imagen de un vino de calidad. Por último, se llevará a cabo una segmentación de los consumidores valencianos de vino, analizando sus actitudes particulares hacia los vinos de D.O.

MÉTODO

Para la consecución de los objetivos propuestos se llevó a cabo, tal y como se ha mencionado en la introducción, una encuesta a 717 consumidores de la Comunidad Valenciana durante los meses de enero a marzo de 2004. El muestreo se realizó de forma aleatoria

estratificada con afijación proporcional a la provincia (Alicante, Utiel-Requena y Valencia), al tipo de zona (productora-no productora) y a la edad. En la tabla 2 se muestra la ficha técnica del estudio. Para el tratamiento de la información se llevó a cabo un análisis estadístico descriptivo, basado en distribuciones de frecuencias, cálculo de medias y desviaciones típicas. Dicho análisis se aplicó a las variables descriptivas del consumo (frecuencias y cantidades consumidas), y a las variables funcionales asociadas a la valoración de los consumidores hacia distintas actitudes sobre los vinos de D.O. Posteriormente, y con el fin de determinar las dimensiones óptimas de la imagen de un vino de calidad, se redujo el número de variables funcionales (actitudes hacia los vinos de D.O.) utilizando el análisis factorial con rotación Varimax con Kaiser y como medida de adecuación muestral se utilizó el índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), (Hair et al, 1998). Finalmente, se realizó una segmentación de los consumidores basada en componentes de actitud hacia el vino de D.O., determinándose el perfil de los segmentos a partir de variables descriptivas y funcionales. En el análisis de los consumidores, se aplicó la prueba Chi-cuadrado de Pearson en las variables de carácter discreto y el análisis de varianza (ANOVA) en el caso de las variables continuas, con el objetivo de verificar diferencias significativas entre los segmentos analizados. En la tabla 3 se presenta la descripción de la muestra analizada. Son varios los trabajos que han utilizado el análisis factorial en el estudio del mercado vitivinícola español. Delgado y Caldentey (1993) utilizando la técnica de análisis factorial, tratan de identificar las motivaciones de consumo de vino. Las motivaciones identificadas tienen relación con: sabor, aspectos nutricionales y de salud, origen del producto, actividad y tradición social, cultura vinícola, prestigio y que el vino que no represente demasiada sofisticación. Utilizando el mismo método anterior Sánchez y Olmeda (1997), tratando de explicar la actitud de los consumidores navarros hacia la marca colectiva "Denominación de Origen", obtienen 6 factores que explican casi el 60% de dicha conducta. Dentro de estos factores destaca uno que explica en un 20,2% dicha actitud y que representa una percepción positiva acerca de que los Consejos Reguladores garanticen la calidad de los productos. Un segundo factor que explica un 10,3 % tuvo relación con la visión positiva de los compradores navarros hacia productos de origen navarro. Un estudio sobre el consumo de vino tinto de calidad en la provincia de Alicante, empleando análisis factorial, busca los principales factores que permiten explicar la conducta del consumidor referente a los siguientes aspectos: lugares de compra de vino de calidad, aspectos que influyen en la decisión de compra de un vino de calidad, motivos de consumo de vino, estilo de vida de los consumidores, actitudes de compra y opinión de los consumidores alicantinos de vino de calidad (Martínez-Carrasco, 2002).

Por otro lado, Bello y Cervantes (2002) realizaron un estudio sobre el proceso de compra del vino y el análisis de los factores situacionales (tipo de plato de comida: mariscos, carnes o pescado; y, el tipo de comida: habitual o especial) y los atributos determinantes en las ciudades de La Coruña y León. Se aplicó el análisis factorial para poder contrastar la relación entre tipos de comida y valoración de atributos. Algunos resultados de dicha investigación señalan que, en las comidas habituales, los atributos "envase", "añada" y "maduración" se caracterizan por tener poca importancia. En cambio en las comidas especiales; "el grado de alcohol" tiene alguna importancia; el "precio" y el "envase" presentan bastante importancia y la "denominación de origen", "marca", "período de maduración", "añada" y "color"; son los atributos a los que se les concede la mayor importancia. En el caso de esta investigación el

análisis de conglomerados (clúster) se desarrolló por el método de k-medias (no jerárquico). Específicamente, este tipo de análisis es una técnica que permite, a partir de un número de individuos "n" formar "k" grupos, siendo "k" un número determinado por el investigador (Luque, 2000). Para llegar a la formación de estos grupos se sigue un proceso iterativo de asignación y una vez establecido el número de grupos se selecciona el origen y se efectúan las asignaciones de los elementos a los diferentes grupos (Luque, 2000). En el caso de esta investigación, se determinó un número de 4 grupos para las segmentaciones en las que se utilizaron como variables de agrupación las actitudes hacia el vino de D.O. Las variables de segmentación señaladas permitieron agrupar a la población en conglomerados de consumidores con características similares, y así proceder a la definición de los perfiles de cada uno de los segmentos de consumidores. La caracterización de cada segmento se realizó considerando variables descriptivas y funcionales y empleando para ello, al igual que en las segmentaciones directas, la prueba de Chi-cuadrado para el análisis de variables discretas y el Análisis de la Varianza de un factor en el caso de las variables continuas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la frecuencia de consumo y de la cantidad consumida de vino de calidad

En este apartado se analizarán la frecuencia de consumo (diaria, semanal, mensual y ocasional) y la cantidad media consumida en cada ocasión (menos de una copa, entre 1 y 3 copas y entre ½ y una botella) de vino de calidad en general, y de vino de cada una de las DD.OO. valencianas. Comenzando con la caracterización del consumo de vino de D.O. en la Comunidad Valenciana, nos encontramos con que el 9,8% de los consumidores consume vino de calidad diariamente, el 33,2% lo hace al menos una vez a la semana, el 16,7% al menos una vez al mes y el 40,3% restante sólo de forma ocasional (Figura 1), ésta última constituye una característica distintiva de la estructura actual del consumo de vinos, la cual es concordante con lo reportado por Aigran et al. (1991), quienes señalaban que en Francia los consumidores habituales habían sido reemplazados por consumidores ocasionales. Respecto a la cantidad consumida, el 11,3% consume menos de una copa en cada ocasión de consumo, el 78,9% entre 1 y 3 copas en cada ocasión de consumo, y el 9,8% restante entre ½ y 1 botella (Figura 1).

Conocimiento espontáneo, frecuencia y consumo de los vinos de D.O. Alicante

En la Comunidad Valenciana un 50,8% de los consumidores declaran espontáneamente [1] conocer los vinos pertenecientes a la D.O. Alicante, mientras que el 49,2% restante no mencionó esta D.O. en el momento de la entrevista. La frecuencia de consumo de los vinos de la D.O. Alicante se distribuye de la siguiente manera: un 46,3% es consumo ocasional, un 4,2% mensual, un 7,1% semanal y un 3,3% diaria. Además, un 39,1% de los consumidores no consume vinos de esta D.O. (Ver gráfico 3). Por otro lado, las cantidades consumidas de vino de D.O. Alicante corresponden mayoritariamente a un consumo que va entre 1 y 3 copas (77,6%). En segundo lugar, con un 13,7%, está el consumo inferior a una copa. Por último, el consumo entre ½ y 1 botella representa un 8,7% (Figura 2).

Conocimiento espontáneo, frecuencia y consumo de los vinos de D.O. Utiel-Requena

El conocimiento espontáneo sobre los vinos de esta D.O. es el que registró la mayor frecuencia (65,4% del total de la población encuestada). En tanto un 34,4% no mencionó conocerla. La

[1] El conocimiento espontáneo se refiere a la petición que se hizo a los encuestados de que nombraran las Denominaciones de Origen de la Comunidad Valenciana, sin serle sugerido el nombre de ninguna de ellas.

frecuencia de consumo de vino de esta denominación se caracteriza por ser en su mayor parte ocasional (66,4%). Secundariamente, se encuentran el consumo semanal (5,9%), mensual (4,3%) y diario (2,8%). Un 20,6% de los consumidores encuestados declara no haber consumido nunca vinos de la D.O. Utiel-Requena. Referente a la cantidad consumida de estos vinos (Figura 3), ésta se distribuye de la siguiente manera: 80,7% corresponden a un consumo que va desde 1 a 3 copas, el 10,4% es inferior a una copa y el 10,4% se sitúa entre ½ y 1 botella. (Figura 3)

Conocimiento espontáneo, frecuencia y consumo de los vinos de D.O. Valencia

Referente al conocimiento espontáneo, la D.O. Valencia es la menos conocida de las tres, habiendo sido mencionada sólo por un 31,9% de los consumidores de vino de D.O. La frecuencia de consumo de los vinos de la D.O. Valencia se caracteriza por presentar la siguiente distribución: 36,0% ocasional, 5,4% semanal, 2,9% diaria y 1,5% mensual. Por otra parte los consumidores que no han consumido nunca vinos de esta denominación corresponden a un 54,1%. Por otro lado, en lo que respecta a la cantidad consumida de vino de D.O. Valencia un 80,6% de consumidores consumen en cada ocasión entre 1 y 3 copas, un 12,2% de consumidores consumen una cantidad inferior a una copa y por último los que consumen entre ½ y 1 botella representan un 7,3% (Figura 4).

En síntesis, con respecto al conocimiento espontáneo de los consumidores valencianos sobre los vinos de calidad de su Comunidad Autónoma, la D.O. más conocida es Utiel-Requena (65,6%), seguida de cerca por la D.O. Alicante (50,8%), siendo preocupante el escaso número de consumidores que nombraron espontáneamente los vinos de D.O. Valencia (31,9%). En cuanto a la frecuencia de consumo, los vinos valencianos se consumen, por lo general, de forma ocasional, estando en torno a un 9% el porcentaje de consumidores que consumen vino valenciano de forma frecuente (diaria o semanalmente). También es destacable el elevado porcentaje de encuestados que manifestaron no consumir nunca vino de D.O. Valencia. En cuanto a la variable cantidad consumida, existe un fuerte predominio consumo por ocasión entre 1 y 3 copas (aproximadamente un 80% en las DD.OO de Valencia y Utiel-Requena y un 77% en la D.O. Alicante).

Actitudes de los consumidores valencianos hacia los vinos de Denominación de Origen

La actitud de los consumidores valencianos hacia los vinos de D.O. se ha medido mediante una serie de proposiciones que han sido valoradas en una escala de Likert de 5 niveles, desde "totalmente en desacuerdo" (1) a "totalmente de acuerdo" (5). Los resultados se muestran en la tabla 4. Las actitudes con las que los consumidores están totalmente de acuerdo o de acuerdo (media sobre 4,0) son: "consumir vino de forma moderada es bueno para la salud" (4,22), "un vino sin D.O. puede ser un buen vino" (4,13) y "el vino es un buen producto para regalar" (4,04).

Con valoración intermedia (entre 3,0 y 4,0), que representan una opinión entre favorable (más cercanas a 4) e indiferente (cercanas a 3), se encuentran: "la D.O. es garantía de un buen vino" (3,97), "la elección del vino en la comida debe realizarse cuidadosamente" (3,79), "para entender de vino es necesario dedicar mucho tiempo" (3,68), "para beber vino hay que saber apreciarlo" (3,66), "las revistas y las guías son una buena fuente de información sobre vinos" (3,63), "el vino es el mejor acompañamiento para una buena comida" (3,57), "el exceso de DD.OO. confunde al consumidor" (3,56), "los vinos que suelo consumir son de DD.OO. muy conocidas" (3,56), "la tradición familiar en el consumo de vino es importante" (3,52), "una persona entendida en vino mejora su reconocimiento social" (3,44), "los mejores

vinos son los recomendados por expertos" (3,29), "en un vino, un precio alto indica alta calidad"(3,08), y "los distintos tipos de suelos y climas existentes en España justifican el elevado número de DD.OO" (3,09).

Los consumidores de la Comunidad Valenciana se muestran entre indiferentes (puntuaciones más cercanas a 3) y en desacuerdo (más cercanas a 2) en lo que respecta a las siguientes actitudes: "beber vino es desaconsejable para muchas enfermedades" (2,95), "el vino es la mejor bebida para las reuniones de amigos" (2,73), "el vino tinto es una bebida más adecuada para el invierno" (2,51), "el consumidor que cuida su línea debe eliminar el consumo de vino"(2,50), "el vino debería ser considerado un alimento más que una bebida alcohólica" (2,19), "el consumidor suele preferir los vinos de su zona" (2,16) y "consumir vino puede conducir al alcoholismo" (2,09). Finalmente la actitud hacia la cual manifiestan un mayor grado de desacuerdo es: "lo primero que se debe mirar en un vino es su marca comercial" (1,8).

Tras este análisis descriptivo, trataremos de agrupar estas actitudes en factores, con el fin de identificar las dimensiones que conforman la imagen de los vinos de D.O. para los consumidores de la Comunidad Valenciana.

Identificación de las dimensiones que conforman la imagen de los vinos de D.O. en la Comunidad Valenciana

Las dimensiones que resumen las actitudes de consumo hacia un vino de calidad se han determinado mediante un análisis factorial, que ha permitido reducir el número inicial de variables consideradas (24) a 6 factores que explican un 63,9% de la varianza (tabla 5). A continuación se muestra individualmente cada uno de los factores.

FACTOR 1: Importancia del conocimiento. Este factor explica el 16,7% de la varianza y representa a las siguientes actitudes hacia los vinos de D.O.: "los mejores vinos son los recomendados por expertos", "las revistas y las guías son una buena fuente de información sobre vinos, "para entender de vino es necesario dedicar mucho tiempo", "la tradición familiar en el consumo de vino es importante", "para beber vino hay que saber apreciarlo", "una persona entendida en vino mejora su reconocimiento social" y "la D.O. es garantía de un buen vino". Este factor se ha denominado "importancia del conocimiento", ya que reúne, por un lado, las principales fuentes de información que posee el consumidor de vino para "aprender" sobre vino, es decir, las opiniones de expertos, las revistas y guías, los referentes familiares o la garantía que ofrece una D.O., y por otro, las consecuencias que se derivan de la dedicación a este conocimiento que se concretan en un sacrificio temporal, una capacidad para apreciar el vino y un mejor reconocimiento social.

FACTOR 2: Ocio. Este factor explica el 14,4% de la varianza y reúne las siguientes actitudes hacia los vinos de D.O.: "el vino es la mejor bebida para las reuniones de amigos", "el vino es un buen producto para regalar", "el vino es el mejor acompañamiento para una buena comida", "el vino debería ser considerado un alimento más que una bebida alcohólica y "el consumidor que cuida su línea debe eliminar el consumo de vino" (correlación negativa). En este factor la dimensión de imagen de un vino de D.O. se expresa a través del vino como instrumento asociado al "ocio" (intercambio social y gastronomía). Por un lado, el vino es entendido como un vehículo de intercambio social, al ser la bebida más apropiada para las reuniones con amigos o constituir un buen regalo. Por otro lado, el vino se vincula con la gastronomía, al considerarse la mejor bebida para acompañar una buena comida, o resaltarse su cualidad como alimento. Además, no es considerado por los consumidores como un alimento que, por su alto valor energético,

se deba restringir para mantener la línea (existe una correlación negativa entre la afirmación "el consumidor que cuida su línea debe eliminar el consumo de vino" y el factor).

FACTOR 3: Salud y Determinantes de la Calidad. Este factor explica el 10,1% de la varianza y representa a las siguientes actitudes hacia los vinos de D.O.: "consumir vino de forma moderada es bueno para la salud", "la elección del vino en la comida debe realizarse cuidadosamente", "un vino sin D.O. puede ser un buen vino" y "en un vino, un precio alto indica alta calidad". En este factor se relaciona el consumo de vino de calidad con los aspectos saludables que conlleva una ingesta moderada, y además se le considera un producto de compra compleja (elección cuidadosa). También en este factor se expresan los atributos asociados a la calidad de un vino, no siendo determinante de la calidad la D.O., pero sí el precio.

FACTOR 4: Origen/marca. Este factor explica el 8,8% de la varianza y representa a las siguientes actitudes hacia los vinos de D.O.: "los vinos que suelo consumir son de DD.OO. muy conocidas" (correlación negativa), "el consumidor suele preferir los vinos de su zona" y "lo primero que se debe mirar en un vino es su marca comercial". Este factor considera la importancia de los atributos extrínsecos: marca, contramarca y origen en la construcción de la dimensión de la imagen de un vino de calidad. Se resalta la importancia del origen y la marca por encima del prestigio de las DD.OO. conocidas.

FACTOR 5: No saludable. Este factor explica el 8,0% de la varianza y representa a las siguientes actitudes hacia los vinos de D.O.: "consumir vino puede conducir al alcoholismo", "beber vino es desaconsejable para muchas enfermedades" y "el vino tinto es una bebida más adecuada para el invierno". En este factor se agrupan aquellos aspectos que hacen alusión a la percepción, por parte de los consumidores, de consecuencias negativas que podrían estar asociadas al consumo de vino (alcoholismo, inadecuación para enfermedades), así como el problema de la estacionalidad que puede suponer su consumo, al considerarse más adecuado para el invierno.

FACTOR 6: Excesivas D.O. Este factor explica el 5,8% de la varianza y representa a las siguientes actitudes hacia los vinos de D.O.: "los distintos tipos de suelos y climas justifican el elevado número de DD.OO (correlación negativa) y "el exceso de D.O. confunde al consumidor". Este factor reúne las opiniones a propósito de la proliferación de D.O., representando el factor una opinión negativa a este respecto, puesto que por un lado se considera que confunden al consumidor, y por otro, no se justifica la existencia de un gran número de D.O. por la variedad edafoclimática existente en nuestro país.

Basado en las actitudes de los consumidores de la Comunidad Valenciana, se han detectado 4 segmentos, los cuales de acuerdo a sus características más sobresalientes se les han denominado: Innovador, Escéptico, Etnocéntrico y Tradicional (tabla 6).

SEGMENTO 1. Innovador. Corresponde al grupo de consumidores de mayor tamaño (50,2%). Del total de la población encuestada, estos consumidores se caracterizan por ser los que más valoran los aspectos relativos a: conocimiento del vino (referentes comerciales y familiares), vinculación positiva del consumo de vino con la gastronomía y el ocio. Por otra parte estos consumidores son los que más consideran que el número de Denominaciones de Origen (DD.OO.) existente genera confusión, así como también no justifican su número por la variabilidad edafoclimática. Además, es el que menos considera que el vino puede ser causante de enfermedades, así como tampoco estiman que el vino sea una bebida

más adecuada para el invierno. En cuanto a las características de segundo orden de este segmento, se puede decir que son consumidores que manifiestan indiferencia hacia aquellos atributos relativos al origen del vino. Por otro lado, estos consumidores expresan una actitud positiva hacia propiedades medicinales del vino. Además, piensan que un vino de precio más alto es sinónimo de mayor calidad y que es un producto de compra compleja. En términos sociodemográficos corresponden a un grupo de personas en que predominan ingresos medios, nivel de educacional de enseñanza escolar completa y trabajo de carácter asalariado. Es un grupo de consumidores que valora significativamente la información. En este sentido, un estudio realizado por Charters et al. (1999) confirma la utilización de la información contenida en la etiqueta como soporte para elegir un vino dada la dificultad para conocer la calidad objetiva de los caldos por parte de los consumidores. Dicha situación es relevante para plantear orientaciones estratégicas de marketing para abordar adecuadamente un segmento como éste.

SEGMENTO 2. Escépticos. Este segmento es el segundo en cuanto a tamaño (29,4%). Sus características más destacables, respecto del total de la población, son: no considerar al vino como un producto beneficioso para la salud y privilegiar las DD.OO. conocidas por sobre el origen y las marcas comerciales. Por otra parte, este segmento se caracteriza por: valorar negativamente las fuentes de información que permiten un mayor conocimiento del vino, no vincular el consumo de vino de D.O. a la alimentación y las actividades lúdicas. Son indiferentes hacia concederle una imagen asociada a alguna enfermedad, así como también se expresan neutros frente al elevado número de Denominaciones de Origen existentes en el mercado español. Son un segmento que privilegia una alimentación sana y una activa vida social. Desde el punto de vista sociodemográfico, en este grupo de personas un 80% de ellas tiene una edad inferior a los 34 años de edad y el 54% de ellos declara tener una frecuencia de consumo ocasional, lo cual es concordante con otros estudios, los cuales han llegado a demostrar que las jóvenes generaciones (los consumidores de menos de 35 años) beben de manera diferente a las generaciones anteriores y tienen tendencia a ser bebedores más ocasionales que regulares (Grego-Onivins-Inra, 2005). Asimismo, un segmento con características similares a este ha sido descrito por Spawton (1991) en una investigación de mercado del consumo de vinos en Australia, quién lo denomina "Aspiracional".

SEGMENTO 3. Etnocentristas. Este segmento constituye el grupo de consumidores menos numeroso de todos (7,8%). Dentro de las características más destacables, respecto de los otros segmentos analizados, se encuentran: no considerar las fuentes de información sobre vino, no vincularlo con la gastronomía y ni con las actividades lúdicas y considerar al vino como un producto que pueda causar enfermedades. Por otra parte, de todos los segmentos, es el que más privilegia el origen (vinos locales) y las marcas por encima de las Denominaciones de Origen conocidas. Por otro lado consideran el vino como un producto que si en consumido con moderación puede resultar beneficioso para la salud. Finalmente, piensan que el alto número de D.O. puede provocar confusión en el consumidor. En general, desde el punto de vista sociodemográfico, este segmento está constituido en su mayoría por personas que se pueden catalogar como adultos y ancianos, predominando los jubilados y dueñas de casa. Al respecto, este segmento registra un alto porcentaje de consumidores que tienen una frecuencia de consumo diaria y semanal de vinos procedentes de sus localidades de residencia; Alicante y Valencia, lo cual tiene relación con lo reportado por Martínez-

Carrasco (2002) quién ha obtenido una relación directa entre intensidad de consumo y variables asociadas al etnocentrismo en los consumidores de vinos de D.O. Alicante. En esta línea, Verlegh y Steenkamp (1999) plantean que el etnocentrismo del consumidor es una importante motivación en la decisión de compra de productos locales. Asimismo, el etnocentrismo ha sido definido por Nijssen y Douglas (2004) como: "cuando los símbolos y valores de la propia etnia o grupo nacional se convierten en objetos de orgullo y unión, mientras que los símbolos de otros grupos pueden convertirse en objetos de desprecio".

SEGMENTO 4. Conservador. Este grupo de consumidores es el tercero en cuanto a tamaño (12,6%). Las actitudes que destacan respecto del resto de los segmentos son: considerar saludable la ingesta moderada de vino de D.O., así como, no estimar excesivo el número de D.O. Respecto de las otras actitudes, estos consumidores se manifiestan escépticos hacia considerar las fuentes de información sobre vino y privilegian las DD.OO. conocidas sobre las marcas y el origen. Por otro lado vinculan el consumo de vino con el ocio y la gastronomía. En último término manifiestan una actitud neutra en cuanto a que el vino pueda ser agente causal de enfermedades. En términos sociodemográficos es un segmento con más de un 52 % de personas con edades inferiores a los 49 años de edad. En este sentido, este grupo de personas tiene similitud con uno descrito en Francia, respecto del cual se señala que los consumidores ocasionales son casi siempre jóvenes, piensan que el vino es bueno para la salud y tienen una percepción positiva del vino pero también de otras bebidas competidoras (ESR-INRA, 2002).

CONCLUSIONES

La elevada proporción de consumidores que registran una frecuencia de consumo ocasional de vinos valencianos, se convierte en un desafío para las Bodegas, Consejos Reguladores, Centros de Investigación y demás actores del sistema, en términos de buscar y consolidar una estrategia productiva/comercial que permita generar un desplazamiento del consumo ocasional al semanal, o a alguno de mayor frecuencia. Por otro lado, es necesario que las acciones comerciales posibiliten un mayor consumo de aquellos vinos de D.O. de la Comunidad Valenciana que no son consumidos por su población, especialmente los de la D.O. Valencia (no los consume un 54,1% de los consumidores), y en segundo lugar aquellos de la D.O. Alicante (38,9%).

En cuanto al conocimiento espontáneo existen marcadas diferencias en las tres D.O. de la Comunidad Valenciana. La D.O Utiel-Requena es la más conocida, seguida de la D.O. Alicante y la D.O. Valencia. En este sentido, especialmente en las D.O. de Alicante y Valencia, este desconocimiento hace recomendable la inversión en esfuerzos publicitarios y promocionales, con el objetivo de lograr un mayor conocimiento de los vinos de estas denominaciones.

Referente a las dimensiones de la imagen de los vinos de calidad, esta investigación arroja resultados que podrían contribuir a un mejor equilibrio entre los requerimientos del consumidor y la oferta vitivinícola de vinos de D.O., especialmente los de la Comunidad Valenciana. A este respecto, se han identificado seis dimensiones en la imagen que conforman los vinos de calidad: (1) la importancia del conocimiento, (2) el consumo de vino asociado al ocio, (3) el aspecto saludable y los determinantes de la calidad, (4) el origen y la marca, (5) el carácter no saludable y (6) la proliferación de D.O. El estudio plantea diferencias significativas en 4 segmentos de consumidores, lo cual significa que requieren de una atención diferenciada en cuanto a la satisfacción de sus respectivas demandas.

En específico, se logró identificar los siguientes segmentos de mercado en la Comunidad Valenciana: Innovador (50,2%), Escéptico (29,4%), Etnocentrista (7,8%), Conservador (12,6%). Dadas las distintas características de los cuatro segmentos, resulta lógico orientar diferenciadamente las acciones del marketing en cada uno de ellos. En caso del primer segmento, el más numeroso, dichas acciones deberían encaminarse hacia mayores esfuerzos comunicacionales que propendan a culturizar al consumidor de vino de D.O. de la Comunidad Valenciana y así éste pueda decantarse hacia un tipo de vino en particular. En este sentido dichos esfuerzos deberían canalizarse a través de la gastronomía y las actividades lúdicas que son aspectos que este tipo de consumidor valora en forma muy positiva. En cuanto, a la confusión que genera la existencia de un alto número de DD.OO en este segmento, una acción comercial puede ser desarrollar distintivos genéricos que faciliten la elección consumidor. En el ámbito de la investigación, dada la magnitud de este segmento es importante la generación de conocimiento que de respuesta a la "indiferencia" de este segmento hacia los atributos de origen, así como hacia considerarlo como un producto que puede ser nocivo para la salud. Respecto al segmento "escéptico", segundo en tamaño, es evidente que manifiestan lealtad hacia las DD.OO. conocidas. En este sentido, se plantea un desafío para la investigación, en términos de buscar alguna vía, diferente a la información que se le proporciona actualmente y que no asocie el consumo de vino al ocio y ni a la gastronomía, de manera que permita que este consumidor profundice su consumo de vino de DD.OO. conocidas o bien "probar" otros vinos distintos. Para los denominados "etnocentristas" la estrategia apunta a fomentar el consumo de sus vinos locales, ya que privilegian el origen y las marcas por sobre las DD.OO. conocidas, pero al igual que en el segmento anterior, tanto su valoración negativa del conocimiento, como la no asociación del consumo con el ocio y la gastronomía, hacen necesaria las búsqueda de nuevos caminos que posibiliten una mayor accesibilidad a este consumidor, ya sea para aumentar el consumo de los vinos locales u otros. Respecto al último segmento, el "Conservador", las acciones del marketing deberían canalizarse a través del ocio y la gastronomía, eso si, considerando que privilegian los vinos de DD.OO. conocidas (pero de menor manera que el segmento 2) y que no les gusta una oferta altamente diferenciada.

LITERATURA CITADA

AIGRAN, P., BOULET, O., LAMBERT, J. L. y LAPORTE, J. P. 1991. "La Consommation du Vin en France: Evolutions Tendencielles et diversité des Comportements", *Revue de L'Economie Méridionale*, 39, 155/156-3 4, pp. 19-52.

ALBISÚ, L.M.; DOMÍNGUEZ, J.A.; ALEJANDRE, J.L. (1989). Actitud del consumidor ante la publicidad de vino. Comunicaciones del INIA. Serie Económica Nº 31, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

BELLO L.; CERVANTES, M. (2002) La propuesta de un modelo positivo del proceso de compra del vino y análisis de la influencia de los factores situacionales en los atributos determinantes. Cuadernos Aragoneses de Economía. Vol. 12. Nº 1, pp. 47-64.

BERNABÉU, R.; TENDERO A.; OLMEDA M.; CASTILLO S. (2001). Actitud del consumidor de vino con Denominación de Origen en la provincia de Albacete. Comunicación presentada al IV Congreso de Economía Agraria. Pamplona. Septiembre 2001.

BERNABÉU, R.; OLMEDA M. (2002). Factores que condicionan la frecuencia de consumo de vino. Distribución y Consumo. N ° 59 (septiembre- octubre), pp. 57-61

BERNABÉU, R.; DÍAZ, M..; CASTILLO, S.; OLMEDA, M. (2003). Posicionamiento relativo de los vinos de las denominaciones de origen de La Mancha y Valdepeñas. II Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología. Orihuela-España. Vol. 1. pp. 451-454.

DELGADO, M.; CALDENTEY, P. (1993a). El comportamiento del consumidor: aplicación de la escala jerárquica Maslow-Alvensleben al consumo de vino. Rev. Estudios Agrosociales y Pesqueros N° 163, pp.195-218.

DELGADO, M.; CALDENTEY, P. (1993b). Segmentación del mercado de consumidores de vino en Córdoba. Investigación Agraria: Economía. Vol. VIII. N°2, pp. 209-221.

ESR-INRA. 2002. "Diversité des comportements individuels de consommation de vin en France et scénarios d'évolution du marché", *Onivins-infos*, 93, mayo, pp. 1-13.

GÓMEZ-LIMÓN, J.; DE ÁNGEL, A.; SAN MARTÍN, R. (2001). El consumo de vino en la población joven de la ciudad de Valladolid. Viticultura y Enología Profesional. N° 73, pp. 7-33.

CREGO-ONIVINS-INRA. 2005. "La consommation du vin en France en 2005", *Conférences de presse SITEVI*, Montpellier, 13-15 septiembre, disponible en: http://www.onivins.fr/pdfs/947.pdf

HAIR, J.; ANDERSON, R.; TATHAN, R.; BLACK, W. (2001). Análisis multivariante. 5° Edición. Prentice Hall.

LUQUE, T. (2000). Técnicas de análisis de datos en investigación de mercados. Ed. Pirámide. Madrid.

M.A.P.A. (2002). Subdirección General de Denominaciones de Calidad y Relaciones Interprofesionales. Datos de las Denominaciones de Origen, Campañas 2000/2001, 2001/2002, 2002/2003.

MARTÍNEZ – CARRASCO L. (2002). Problemática comercial de los vinos con D. O. Alicante. Propuesta de estrategias comerciales a partir del análisis de las preferencias de los consumidores alicantinos. Tesis Doctoral. Departamento de Estudios Económicos y Financieros. Universidad Miguel Hernández de Elche.

NIJSSEN, E.J., DOUGLAS, S.P. (2004). Examining the animosity model in a country with a high level of foreign trade. *International Journal of Research in Marketing*. Vol. 21 Nº 1, pp. 23-48.

SÁNCHEZ, M.; OLMEDA M. (1997). Segmentación del mercado navarro en función de variables funcionales: el caso de las "denominaciones de origen". Rev. Economía Agraria N ° 980 (mayo-agosto), pp. 143-166.

SPAWTON, A.L. (1991). Grapes and wine seminar-Prospering in the 1990s: changing your view of the consumer. *International Marketing Review*. Vol. 5. Nº 4, pp. 32-42.

VERLEGH, P.W.J., STEENKAMP, J.B.E.M. (1999). A review and meta-analysis of country-of-origin research. *Journal of Economic Psychology*. Nº 20, pp. 521-546.

ANEXOS

Tabla 1. Superficie, producción de vino y comercialización de las D.O. de vino de la Comunidad Valenciana. Campaña 2001/02.
Table 1. Surface, production and trade of wine appellations wine Valencia. 2001/02..

	Alicante	Utiel-Requena	Valencia	Total C.V.	Total España
Superficie (ha)	14.254	31.120	18.212	63.586	626.692
Producción de vino (hl)	112.549	383.838	652.163	1.148.550	11.656.391
Comercialización (hl)	93.420	269.189	483.071	845.680	10.460.562

Fuente: M.A.P.A. (2002)

Tabla 2. Características técnicas del estudio.
Table 2. Technical characteristics of the study.

Ficha técnica del estudio	
Universo	Consumidores de vino de D.O.
Ámbito Geográfico	Comunidad Valenciana
Tamaño muestral	Cuestionarios válidos: 717
Error Muestral	3,75%
Nivel de confianza	95 %
Muestreo	Estratificado por provincias, zona productora, zona no productora y edad
Pretest	26 personas
Fecha de trabajo de campo	Enero-Marzo 2004

Tabla 3. Características y descripción de la muestra.
Table 3. Characteristics and description of the sample.

Característica	Descripción de la muestra	
Edad	18-24 años	9,34%
	25-34 años	22,04%
	35-49 años	27,48%
	50-64 años	19,80%
	Más de 65 años	21,34%
Sexo	Hombre	73,78%
	Mujer	26,22%
Nivel de estudios	Elemental	32,08%
	Medio	43,10%
	Superior	24,83%
Nivel de ingreso mensual	Menos de 600 €	0,56%
	600-900 €	6,28%
	900-1500 €	28,87%
	1500-3000 €	49,37%
	Más de 3000 €	14,92%
Zona de origen	Alicante	9,62%
	Utiel-Requena	1,26%
	Valencia	5,16%
	No productora	83,96%
Nivel de conocimiento del vino	Bajo	14,23%
	Medio-bajo	32,08%
	Medio	36,68%
	Medio-alto	14,92%
	Alto	2,09%

Figura 1. Distribución de los consumidores valencianos en función de la frecuencia y cantidad consumida de vino de D.O.
Figure 1. Distribution of consumers according to Valencia in the frequency and amount consumed wine of Apellation of Origin.

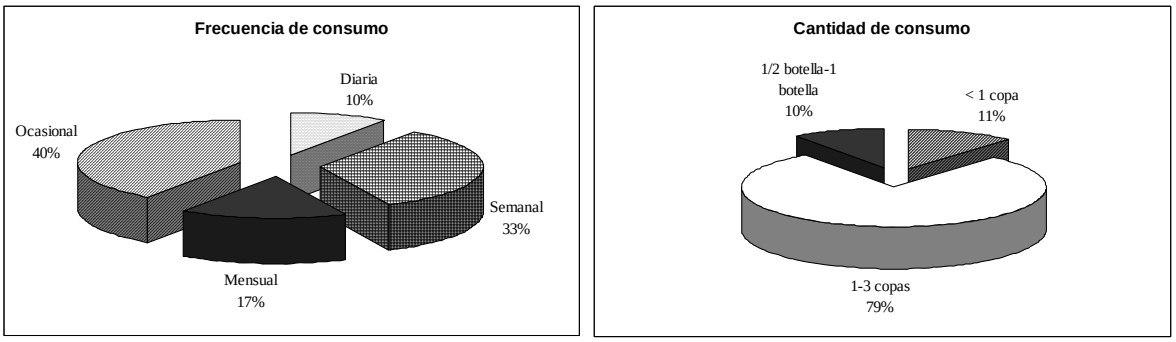


Figura 2. Distribución de los encuestados en función de la frecuencia y la cantidad consumida de vino de D.O. Alicante.
Figure 2. Distribution of respondents according to frequency and amount of wine consumed apellation of origin Alicante.

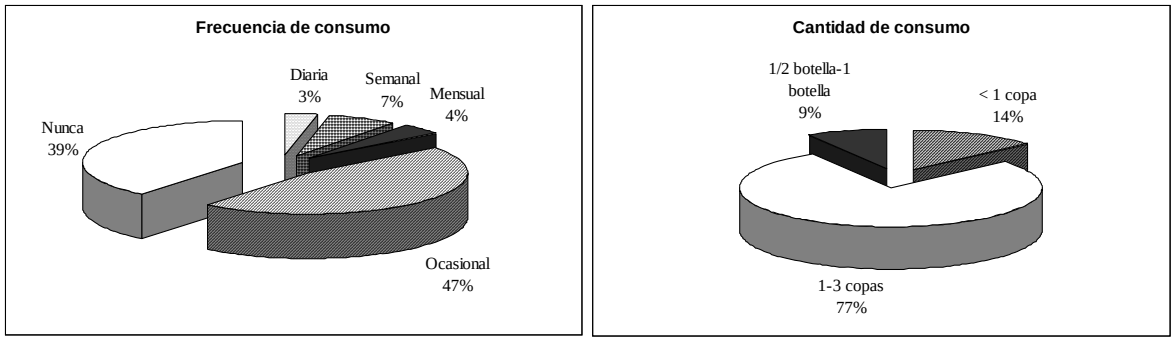


Figura 3. Distribución de los encuestados en función de la frecuencia y la cantidad consumida de vino de D.O. Utiel-Requena.
Figure 3. Distribution of respondents according to frequency and amount of wine consumed apellation origin Utiel-Requena.

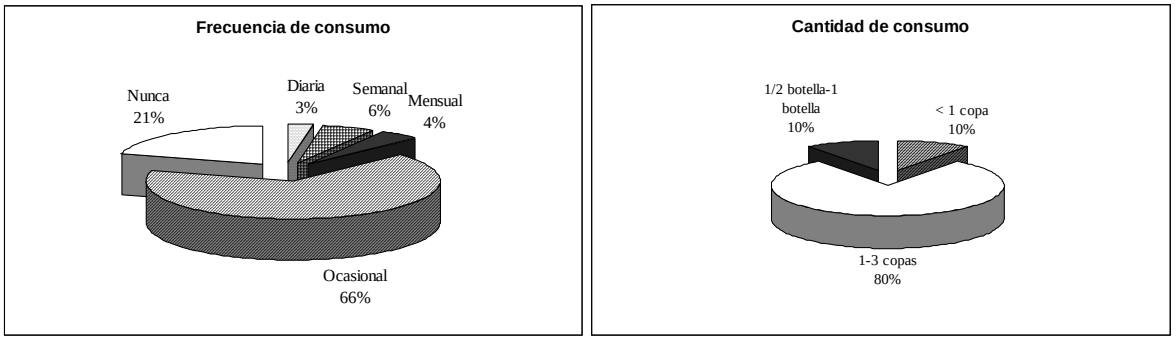


Figura 4. Distribución de los encuestados en función de la frecuencia y la cantidad consumida de vino de D.O. Valencia.
Figure 4. Distribution of respondents according to frequency and amount of wine consumed apellation origin Valencia.

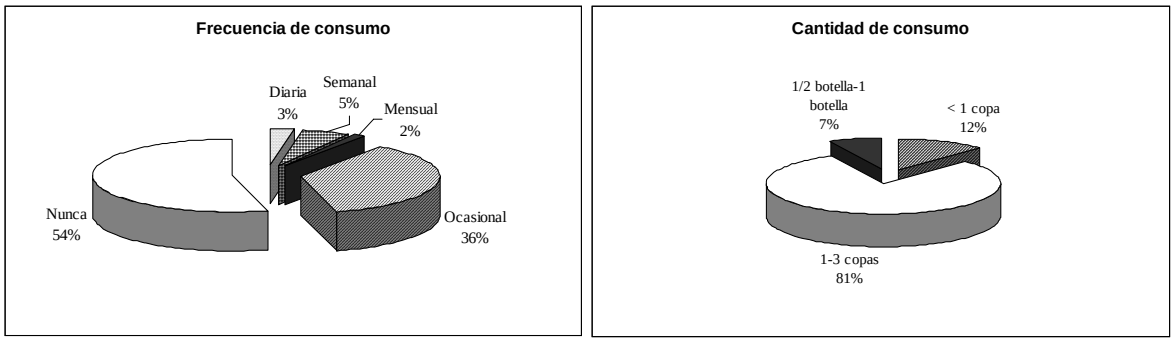


Tabla 4. Actitudes de los consumidores hacia vinos de D.O.
Table 4. Consumer attitudes toward apellation of origin wine.

Actitudes	Media	Desv. típica
Consumir vino de forma moderada es bueno para la salud	4,22	0,88
Un vino sin D.O. puede ser un buen vino	4,13	1,12
El vino es un buen producto para regalar	4,04	1,19
La D.O. es garantía de un buen vino	3,97	1,12
La elección del vino en la comida debe realizarse cuidadosamente	3,79	1,06
Para entender de vino es necesario dedicar mucho tiempo	3,68	1,07
Para beber vino hay que saber apreciarlo	3,66	1,08
Las revistas y las guías son una buena fuente de información sobre vinos	3,63	1,13
El vino es el mejor acompañamiento para una buena comida	3,57	1,07
El exceso de DD.OO. confunde al consumidor	3,56	1,36
Los vinos que suelo consumir son de DD.OO. muy conocidas	3,56	1,46
La tradición familiar en el consumo de vino es importante	3,52	1,24
Una persona entendida en vino mejora su reconocimiento social	3,44	1,27
Los mejores vinos son los recomendados por expertos	3,29	1,13
En un vino, un precio alto indica alta calidad	3,28	1,16
Los distintos tipos de suelos y climas existentes en España justifican el elevado número de DD.OO.**	3,09	1,37
Beber vino es desaconsejable para muchas enfermedades	2,95	1,31
El vino es la mejor bebida para las reuniones de amigos	2,73	1,32
El vino tinto es una bebida más adecuada para el invierno	2,51	1,39
El consumidor que cuida su línea debe eliminar el consumo de vino	2,50	1,20
El vino debería ser considerado un alimento más que una bebida alcohólica	2,19	1,25
El consumidor suele preferir los vinos de su zona	2,16	1,26
Consumir vino puede conducir al alcoholismo	2,09	1,26
Lo primero que se debe mirar en un vino es su marca comercial	1,80	1,01

Tabla 5. Componentes que explican las actitudes hacia los vinos de D.O. por parte de consumidores valencianos.
Table 5. Components that explain attitudes toward apellation of origin wine by consumers Valencia.

Actitud	Importancia del conocimiento	Ocio	Saludable/ Determinantes calidad	Origen/ marca	No saludable	Excesivas D.O.
Los mejores vinos son los recomendados por expertos	0,788	0,151	-0,081	-0,119	-0,051	0,018
Las revistas y las guías son una buena fuente de información sobre vinos	0,753	0,210	0,050	-0,288	-0,115	0,025
Para entender de vino es necesario dedicar mucho tiempo	0,653	0,123	0,328	0,266	-0,134	-0,125
La tradición familiar en el consumo de vino es importante	0,651	0,357	0,255	-0,123	-0,140	-0,112
Para beber vino hay que saber apreciarlo	0,645	0,384	0,099	-0,178	-0,046	0,069
Una persona entendida en vino mejora su reconocimiento social	0,523	0,496	0,353	-0,165	-0,148	-0,054
La D.O. es garantía de un buen vino	0,491	0,252	0,385	-0,249	-0,130	0,070
El vino es la mejor bebida para las reuniones de amigos	0,347	0,709	0,181	0,090	-0,160	0,083
El vino es el mejor acompañamiento para una buena comida	0,252	0,673	0,363	0,105	-0,084	-0,008
El vino debería ser considerado un alimento más que una bebida alcohólica	0,252	0,610	-0,028	0,053	0,158	-0,290
El consumidor que cuida su línea debe eliminar el consumo de vino	-0,020	-0,575	-0,326	0,174	0,332	0,169
El vino es un buen producto para regalar	0,410	0,567	0,162	-0,289	-0,156	0,218
Consumir vino de forma moderada es bueno para la salud	-0,080	0,293	0,678	0,285	-0,042	-0,008
En un vino, un precio alto	0,254	-0,009	0,634	-0,378	-0,073	-0,126

indica alta calidad						
Un vino sin D.O. puede ser un buen vino	0,188	0,268	0,564	0,407	-0,050	0,136
La elección del vino en la comida debe realizarse cuidadosamente	0,245	0,515	0,556	-0,017	-0,044	-0,079
Los vinos que suelo consumir son de DD.OO. muy conocidas	0,098	-0,056	-0,034	-0,730	0,184	0,043
El consumidor suele preferir los vinos de su zona	-0,197	-0,099	0,045	0,713	0,178	0,051
Lo primero que se debe mirar en un vino es su marca comercial	-0,232	-0,406	-0,031	0,417	0,353	0,107
Consumir vino puede conducir al alcoholismo	-0,007	0,080	-0,044	-0,144	0,830	-0,023
Beber vino es desaconsejable para muchas enfermedades	-0,284	-0,323	0,010	0,140	0,674	-0,209
El vino tinto es una bebida más adecuada para el invierno	-0,285	-0,271	-0,294	0,140	0,531	0,236
Los distintos tipos de suelos y climas justifican el elevado número de DD.OO.	0,153	0,003	0,161	-0,003	-0,036	-0,785
El exceso de DD.OO. confunde al consumidor	0,426	-0,176	0,219	0,069	-0,117	0,649
Varianza explicada (%)	**16,749**	**14,427**	**10,071**	**8,792**	**8,040**	**5,842**
Varianza acumulada explicada (%)	**16,749**	**31,176**	**41,247**	**50,039**	**58,079**	**63,921**

Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser. KMO= 0,914.

Tabla 6. Caracterización de segmentos de mercados en consumidores de vino de denominación de origen de la Comunidad Valenciana, España, en función de las actitudes hacia el vino.
Table 6. Characterization of market segments in consumer wine appellation Valencia, Spain, in terms of attitudes towards wine.

Variables funcionales	Segmento 1 Innovador (50,2%)	Segmento 2 Escéptico (29,4%)	Segmento 3 Etnocentrista (7,8%)	Segmento 4 Conservador (12,6%)
Actitudes hacia los vinos de DO				
Importancia del conocimiento *	**0,545**	-0,379	**-1,287**	-0,492
Alimento/ocio*	**0,349**	-0,514	**-0,821**	0,319
Saludable*	0,318	**-0,997**	0,190	**0,949**
Origen*	0,024	**-0,548**	**2,308**	-0,245
No saludable*	**-0,127**	0,028	**0,589**	0,076
*Nº De DO**	**0,383**	-0,008	0,264	**-1,676**

*, **, ***, Diferencias significativas al 1%, 5% y 10%, respectivamente.

APLICACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN ALGORITMO DE SPLIT WINDOW PARA ESTIMAR LA TEMPERATURA DE SUELO

Application and validation of split algorithm window to estimating the land surface temperature

Juan C. Parra[1]; Luis J. Morales[2]; Leonardo Benavente[3] y Gisselle M. Rey[4]

[1] Departamento de Ciencias Físicas. Universidad de La Frontera. Av. Francisco Salazar 01145. Casilla 54-D. Temuco, Chile. Fono: 45 – 325068. Fax: 45 – 325323. e-mail: jparra@ufro.cl

[2] Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables. Universidad de Chile. Casilla 1004, Santiago, Chile.

[3] Programa de Doctorado en Ciencias de Recursos Naturales. Laboratorio de Agroecología y Territorio. Universidad de La Frontera. Av. Francisco Salazar 01145. Casilla 54-D. Temuco, Chile.

[4]Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universidad de La Frontera. Av. Francisco Salazar 01145. Casilla 54-D. Temuco, Chile.

RESUMEN

Un algoritmo del tipo Split-Window es aplicado para estimar la temperatura de suelo desde datos aportados por el sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) a bordo del satélite de la National Oceanic and Atmospheric Administration Satellite (NOAA). Variables de entrada al algoritmo son las temperaturas radiométricas en las bandas 4 y 5 (T_4, T_5), emisividad media (ε), variación de emisividad espectral del suelo ($\Delta\varepsilon$), y el agua precipitable (W), obtenido a partir de los datos aportados por Reanalysis, en el período 1948-2005. Los resultados obtenidos, comparados con mediciones in situ de temperatura de suelo medidos en la Estación Agrometerológica INIA-Carillanca (38°41'lat. S; 72°25'long. O), permiten advertir la buena bondad de ajuste del algoritmo. En efecto, los resultados muestran que la aplicación del algoritmo permite obtener la temperatura de suelo con alto grado de confiabilidad y un error cuadrático medio inferior al 1%.

ABSTRACT

An Split-Window algorithm is applied to estimate the land surface temperature from data measured by the sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) on board of the satellite of the National Oceanic and Atmospheric Administration Satellite (NOAA), Input variables used to the algorithm are the brightness temperature in the bands 4 and 5 (T_4, T_5), emissivity average (ε) and spectral variation of the emissivity ($\Delta\varepsilon$), and total precipitable water (W), Estimations in monthly average of total precipitable water, corrected by altitude, are made from data contributed by Reanalysis, in period 1948-2005, The results obtained, by measurements of temperature of ground in situ in the Agrometerology Station INIA-Carillanca (38°41' lat. S; 72°25' long. O), allow to notice the good kindness of adjustment of the algorithm. In effect, the results showed that the application of the algorithm permits to get the land surface temperature with high grade of confidence and with a Root Mean Square Error (RMSE) inferior to 1%.

INTRODUCCIÓN

En la región del infrarrojo termal, la temperatura de suelo (T_s) puede ser estimada a partir de la información aportada por el sensor multiespectral AVHRR a bordo de los satélites de la serie NOAA. No obstante, uno de los mayores problemas que plantea su medición es la acción combinada de las perturbaciones debidas al efecto atmosférico y la variabilidad en las emisividades de las diferentes coberturas de suelo (Morales y Parra, 2002). En particular, en la ventana del infrarrojo termal (8-13 ◎m), la perturbación atmosférica es debida mayoritariamente al agua precipitable existente en la atmósfera (Coll et. al., 1992). Por lo tanto, una adecuada estimación de la temperatura de suelo a partir de datos aportados por satélites, requiere corregir los efectos antes mencionados.

Entre los distintos algoritmos desarrollados para la estimación de la T_s, y que al mismo tiempo abordan el problema de la corrección atmosférica y de emisividad, se encuentran los basados en el método de Split-Window. Para superficies homogéneas y escasa rugosidad, la técnica de Split-Window ha sido ampliamente divulgada para estimar la temperatura de la superficie del mar (Deschamps and Phulpin, 1980; Mc, Clain et. al., 1985; Sobrino et. al., 1993; El-Karraz, 2003) y de suelo (Sobrino y Raussoni, 2000; Zhilhao et. al., 2001; Sobrino et. al., 2004; Parra et. al., 2006) a partir de la información que aportan los satélites de la serie NOAA.

Para el presente estudio, el algoritmo seleccionado para la estimación de la T_s usando la información aportada por el sensor AVHRR, es del tipo Split-Window desarrollado por Caselles et.al., 1997 y descrito por la relación:

$$T_s = T_4 + \left[1 + 0{,}58\ (T_4 - T_5)\right](T_4 - T_5) + 0{,}51 + \alpha\ (1 - \varepsilon) - \beta\ (\Delta\varepsilon) \quad (1)$$

T_4, T_5 son las temperaturas radiométricas (^{0}K) en las bandas 4 (10,3-11,3 μm) y 5 (11,5-12,5 μm) del sensor AVHRR-NOAA; ε emisividad media ($\varepsilon = \frac{\varepsilon_4 + \varepsilon_5}{2}$); Δε variación espectral ($\Delta\varepsilon = \varepsilon_4 - \varepsilon_5$); ◎ y ◎ son coeficientes descritos por las ecuaciones

$$\alpha = (0{,}190\,W - 0{,}103)\,T_4 - 67\,W + 107 \quad (2)$$

$$\beta = (0{,}100\,W + 1{,}118)\,T_4 - 68\,W - 163 \quad (3)$$

T_4 es la temperatura radiométrica del canal 4 (^{0}K), obtenida directamente de la imagen termal, en tanto, W (g cm^{-2}) es el agua precipitable que puede ser estimada a partir de la información aportada por radiosondeo. No obstante, la complicación que supone disponer de esta información que sea coincidente con la fecha y hora de paso del satélite reduce la operabilidad del método.

Una solución abordada en esta investigación, ha sido recurrir a bases de datos históricas generadas por organismos de meteorología, como la proporcionada por el proyecto, denominado Reanalysis (www,cdc,noaa,gov/cdc/reanalysis), esfuerzo conjunto entre la National Center for Environment Prediction (NCEP) y la National Center for Atmospheric Research (NCAR) y cuyo propósito es generar diversos análisis del estado de la atmósfera usando datos disponibles, tanto históricos (desde 1948) como actuales (Kalnay et. al., 1996; Kistler et. al., 2001).

De lo expuesto anteriormente, el objetivo central del presente trabajo es aplicar un algoritmo del tipo Split-Window para estimar y validar la temperatura de suelo desde datos AVHRR-NOAA.

MATERIALES Y METODO

El área de estudio corresponde al Instituto de Investigaciones Agropecuarias Carillanca (INIA-Carillanca), geográficamente emplazado en la Región de la Araucanía, Chile (figura 1), Con una superficie total de 31840,3 km^2, la región se caracteriza por presentar distintas unidades geográficas: planicie litoral, cordillera de la costa, depresión intermedia, precordillera y cordillera de Los Andes (figura 2), con cotas de altitud que en promedio varían desde los 200 a 2000 m.s.n.m.

En dependencias de INIA-Carillanca se ubica la Estación Agrometerológica (38°41'lat. S; 72°25'long. O), contando entre sus instrumentos con un DataLogger LI-1000 con su correspondiente sensor que realiza mediciones de temperatura de suelo, a intervalos temporales de 30 minutos, y a un centímetro de profundidad. El sensor utilizado consiste en un termistor calibrado en el rango de -10 °C a 50 °C, con un error cuadrático medio de 0,06 °C. La información disponible de temperatura de suelo corresponde a los meses de octubre 2003 y enero 2004.

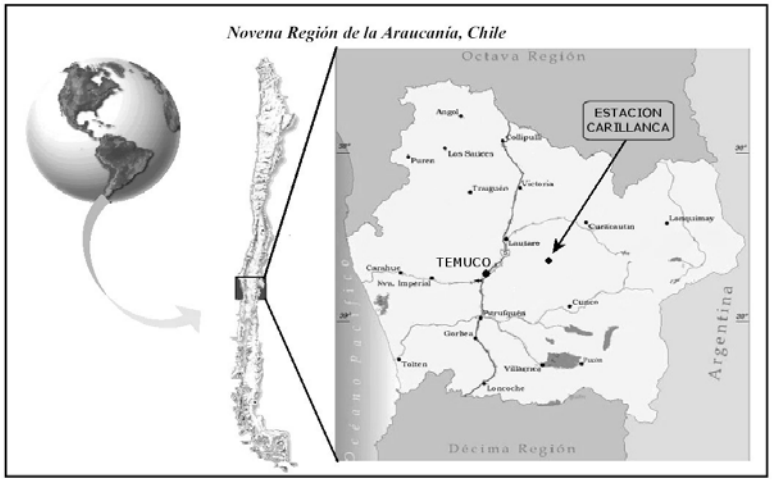


Figura 1. Mapa de ubicación de la Estación Agrometeorológica Carillanca, Región de la Araucanía, Chile.
Figure 1. Map of location of the Station Agrometeorology Carillanca, Region of the Araucanía, Chile.

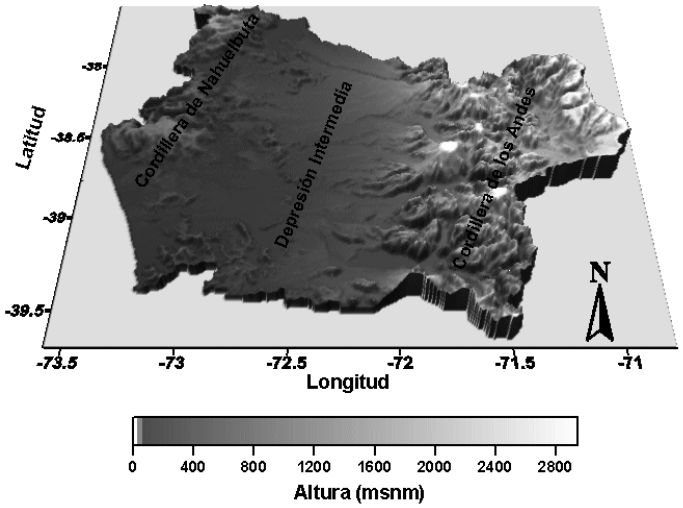


Figura 2. Modelo digital de elevación Región de La Araucanía, Chile.
Figure 2. Digital model of elevation Region of The Araucanía, Chile.

Como fuente de información satelital se utilizaron imágenes correspondientes al satélite NOAA 16 en sus bandas espectrales del visible e infrarrojo térmico, obtenidas gratuitamente del Comprehensive Large Array-data Stewardship System (CLASS). La base de datos de imágenes en formato LAC (Local Area Coverage), nivel 1B, se escogió coincidente con las fechas de las mediciones de terreno (octubre 2003 y enero 2004).

A objeto de evitar la perturbación generada por la nubosidad, se realizó una selección rigurosa de las imágenes considerando solamente aquellos días en que el área de estudio se presenta libre de nubosidad. Atendiendo a este criterio, se seleccionaron 13 imágenes con sus respectivas horas de paso las que se sometieron a un proceso de georeferenciación (Proyección geográfica Latitud/Longitud, Datum SAD 69 Chile).

La aplicación del algoritmo supone contar con la siguiente información: temperaturas radiométricas (^{0}K) en las bandas 4 (10,3-11,3 μm) y 5 (11,5-12,5 μm), emisividad media, variación espectral ($\Delta\varepsilon = \varepsilon_4 - \varepsilon_5$) y agua precipitable.

Con la utilización del programa ENVI en su versión 4.0, se obtuvieron las reflectividades en las bandas visible e infrarrojo cercano y las temperaturas de brillo en las bandas del infrarrojo termal del sensor AVHRR. La emisividad media y su variación espectral, se estimaron mediante la aplicación del método de umbrales (Sobrino and Raussoni, 2000). Este método utiliza el Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) para clasificar los pixeles de acuerdo al porcentaje de cobertura de la vegetación. La búsqueda del umbral para el NDVI se basa en la respuesta de este índice frente a distintas coberturas de suelo y vegetación. En el caso de pixeles ocupados solamente por la vegetación el NDVI > 0.5; con suelo desnudo < 0.2; y en el caso de la mezcla de ambos $0.2 \leq NDVI \leq 0.5$. El agua precipitable es obtenido a partir de los datos aportados por Reanalysis para el período 1948-2005. Los datos, presentados en media diaria y media mensual, son almacenados sobre una red regular de 2.5 grados de latitud x 2,5 grados de longitud y tienen una cobertura espacial de 90 ^{0}N – 90 ^{0}S; 0 ^{0}E – 357,5 ^{0}E. El despliegue gráfico de la información se logra con la utilización del programa Grid Analysis and Display System (www,iges,org/grads). En la figura 3, se aprecia la distribución espacio-temporal en media mensual del W (g cm^{-2}) para el Cono Sur de América, para dos condiciones extremas desde el punto de vista climatológico: enero (verano) y julio (invierno).

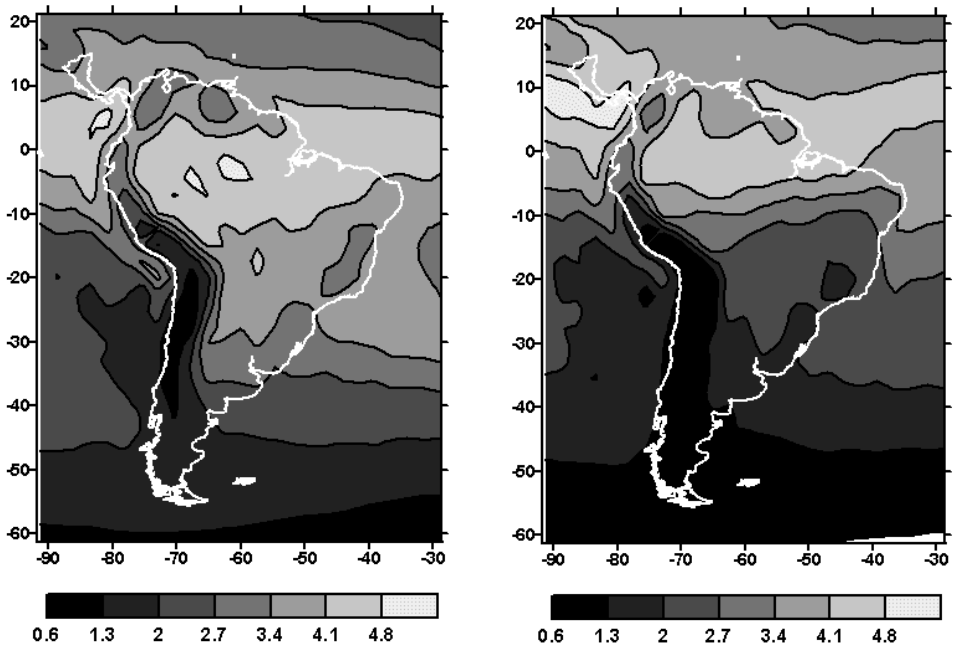


Figura 3. Distribución espacio-temporal de W en términos de la media mensual (g cm^{-2}) para Cono Sur de América, correspondiente a los meses de (a) enero y (b) julio (1948-2005).
Figure 3. Distribution temporary space of W in terms of the monthly average (g cm $^{-2}$) for Cone South of America, correspondent a months of (a) January and (b) July (1948-2005).

RESULTADOS Y DISCUSION

Para comparar los datos de temperatura de suelo medidos en terreno con los obtenidos mediante el método evaluado en este trabajo (algoritmo de Split-Window), se calculó una ecuación de regresión lineal entre los valores observados (X) y los valores simulados (Y) (Shannon, 1988). Los parámetros de tales ecuaciones fueron evaluados planteando pruebas de hipótesis simultáneas para el intercepto (Ho: a = 0) y para la pendiente (Ho: b =1) mediante la prueba "t" de Student y un valor P ≤ 0,05 (Steel y Torrie, 1988). Adicionalmente, se calculó la raíz del error cuadrado medio de la predicción (RMSE), expresando el resultado en unidades absolutas, como también en unidades porcentuales en relación al valor promedio obtenido en las observaciones reales (Rabat, 1995). Este coeficiente indica el grado de sobre o subestimación que realiza el modelo respecto del promedio de los valores observados.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(ValSim_i - ValObs_i)^2}{n}} \left(\frac{100}{ValObs\,\mathrm{Pr}\,om}\right) \quad (4)$$

En la ecuación anterior, $Valsim_i$ y $ValObs_i$, representan los valores de las observaciones simuladas y las medidas en terreno, respectivamente, *ValObsProm*, es el promedio de las observaciones reales y *n* representa el número de pares de datos utilizados en el cálculo.

En la imagen satelital, para el píxel donde se ubica la Estación Agrometeorológica Carillanca se obtuvieron las temperaturas radiométricas, emisividad media (⊚) y variación espectral (⊚⊚) (tabla 1).

Tabla 1. Fechas seleccionadas, horas de paso de satélites, temperaturas radiométricas, emisividad media y variación espectral del satélite NOAA 16.
Table 1. Selected dates, hours of step of satellites, radiometric temperatures, emissivity average and spectral variation of the satellite NOAA 16.

Fecha	Hora de paso (GMT)	T_4 (^{0} K)	T_5 (^{0} K)	⊚	⊚⊚
10/10/2003	18:36	290,2	288,5	0,99	0
14/10/2003	19:32	296,6	295,5	0,99	0
26/10/2003	18:57	291,3	289,8	0,99	0
27/10/2003	18:45	290,8	288,3	0,99	0
28/10/2003	18:34	292,0	288,9	0,99	0
03/01/2004	19:20	297,0	295,5	0,99	0
04/01/2004	19:08	283,6	277,1	0,99	0
05/01/2004	18:57	294,8	291,8	0,99	0
11/01/2004	19:30	289,4	286,1	0,99	0
13/01/2004	19:07	301,3	299,1	0,99	0
14/01/2004	18:55	301,6	298,7	0,99	0
20/01/2004	19:28	300,8	299,3	0,99	0
30/01/2004	19:15	298,9	296,8	0,99	0

En la figura 4, se ilustran las series temporales correspondientes a las temperaturas radiométricas en las bandas 4 y 5. Se observa, que en todo momento las temperaturas radiométricas de la banda 4 (T_4) aparecen sobreestimadas respecto a sus similares de la banda 5 (T_5), aspecto que puede ser atribuido a un mecanismo diferente de absorción del vapor de agua.

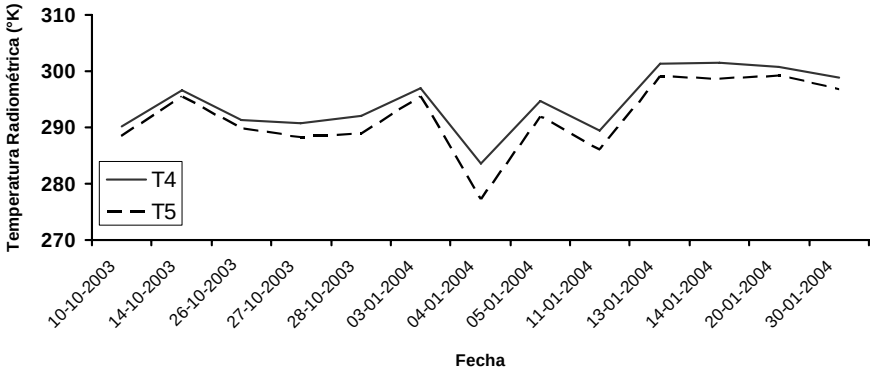


Figura 4. Series temporales correspondientes a las temperaturas radiométricas en las bandas 4 y 5 del NOAA
Figure 4. Temporary series corresponding to the radiometric temperatures in the bands 4 and 5 of the NOAA

En la tabla 2, se ilustran por fecha, las temperaturas radiométricas en las bandas 4 y 5 (T_4, T_5); temperatura de suelo medida in situ ($T_{in\ situ}$), y la estimada (T_s) por el algoritmo utilizado.

Tabla 2. Fechas seleccionadas, horas de paso de satélites, temperaturas radiométricas del satélite NOAA 16 (T_4, T_5), temperatura de suelo medida in situ ($T_{in\ situ}$), y la estimada (T_s) por el algoritmo utilizado.
Table 2. Selected dates, hours of step of satellites, radiometric temperatures of the satellite NOAA 16 (T_4, T_5), temperature of soil measured in situ ($T_{in\ situ}$), and the estimated (T_s) for the used algorithm.

Fecha	Hora de paso (GMT)	T_4 (^{0} K)	T_5 (^{0} K)	$T_{in\ situ}$ (^{0}K)	T_s (^{0}K)
10/10/2003	18:36	290,2	288,5	293,9	294,1
14/10/2003	19:32	296,6	295,5	296,9	298,7
26/10/2003	18:57	291,3	289,8	294,3	294,5
27/10/2003	18:45	290,8	288,3	295,0	297,2
28/10/2003	18:34	292,0	288,9	300,2	301,3
03/01/2004	19:20	297,0	295,5	298,9	301,0
04/01/2004	19:08	283,6	277,1	299,4	301,8

05/01/2004	18:57	294,8	291,8	300,9	303,3
11/01/2004	19:30	289,4	286,1	300,6	299,7
13/01/2004	19:07	301,3	299,1	305,8	305,3
14/01/2004	18:55	301,6	298,7	307,2	308,2
20/01/2004	19:28	300,8	299,3	302,1	302,6
30/01/2004	19:15	298,9	296,8	300,4	302,6

En la figura 5, aparece contrastada la temperatura de suelo medida in situ, con las temperaturas radiométricas en las bandas 4 y 5. Según se advierte de la figura, las temperaturas radiométricas en las bandas 4 y 5 aparecen con valores inferiores respecto de las temperaturas de suelo medidas in situ, obteniéndose diferencias absolutas de hasta 22,3 ^{0} K. Lo anterior deja de manifiesto, el efecto introducido al omitir la emisividad del suelo y el contenido de vapor de agua atmosférico en la temperatura radiométrica.

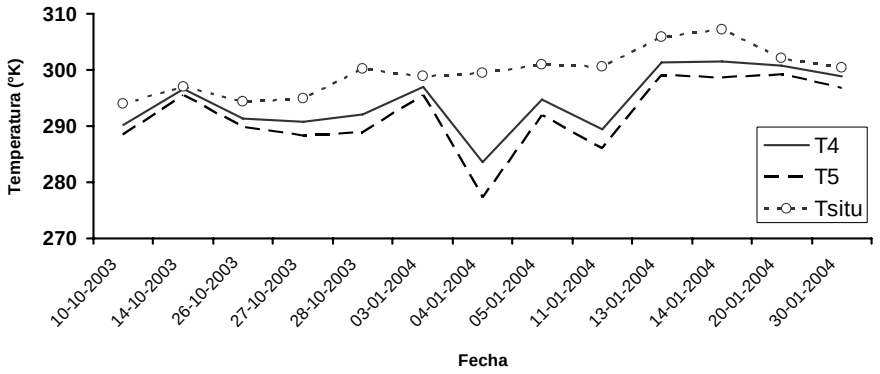


Figura 5. Series temporales correspondientes a las temperaturas radiométricas en las bandas 4 - 5 del NOAA y las temperaturas medidas in-situ.

Figure 5. Temporary series corresponding to the radiometric temperatures in the bands 4 - 5 of the NOAA and the measured temperatures in-situ.

Al incluir la emisividad y el vapor de agua atmosférico, ambos contenidos en la ecuación de Split-Window utilizada, se obtienen diferencias absolutas entre la T_s (°K) estimada y la temperatura medida in situ, de hasta 2,4 ^{0}K. En efecto, al calcular la relación existente entre la T_s (°K) estimada y la $T_{in\ situ}$ (°K), se logró obtener una ecuación significativa ($P < 0,01$) a un nivel de confianza del 99%, con un error estándar de 1,18138 ºK (tabla 3).

El coeficiente de determinación de la regresión lineal indica que este algoritmo permite explicar en un 92,012% la variabilidad de la temperatura de superficie (figura 6). Al realizar los test de hipótesis a los valores del intercepto y la pendiente de dicha ecuación, se pudo concluir que estos no difirieron del valor cero y uno, respectivamente. El error cuadrático medio de la

predicción (RMSE) fue de 0,53 º K, lo que en porcentaje respecto del promedio de los datos observados representó un 0,18%.

Tabla 3. Ecuación de regresión obtenida entre los valores medidos (T_s) y estimados (T_{insitu}) de la temperatura de superficie mediante el algoritmo de Split-Window.

Table 3. Equation of regression obtained between the measured values (T_s) and estimated (T_{insitu}) of the surface temperature by means of Split-Window's algorithm.

Modelo lineal: $T_s = a + bT_{in\ situ}$				
Parámetro	**Estimación**	**Error estándar**	**Valor t**	**Valor p**
a (intercepto)	15,9026	25,3114	0,628278	0,5426
b (pendiente)	0,950705	0,0844596	11,2563	0,0000
Coeficiente de correlación = 0,95923				
R^2 = 92,012%				
Error estándar = 1,18138 ºK				

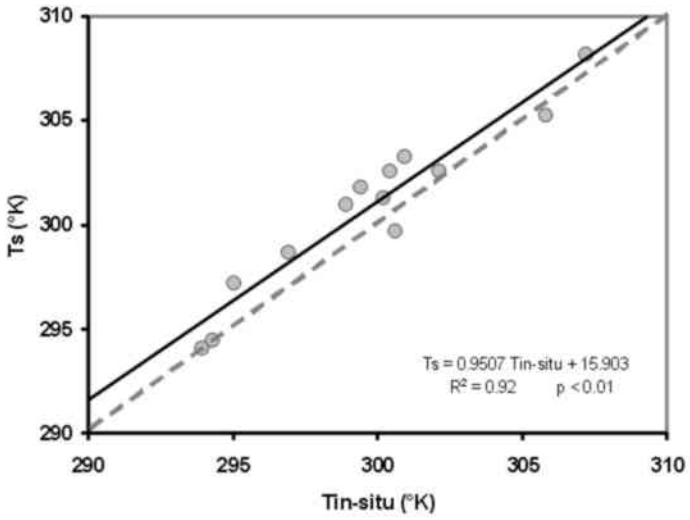


Figura 6. Valores reales (T in-situ) y estimados (Ts) de temperatura de superficie obtenidos mediante la aplicación del algoritmo de Split-Window.

Figure 6. Real values ($T_{in\text{-}situ}$) and estimated (T_s) of surface temperature obtained by means of the application of Split-Window's algorithm.

CONCLUSIONES

La aplicación de un algoritmo Split-Window ha permitido estimar la temperatura de suelo, a partir de los datos suministrados por los canales 4 y 5 del sensor AVHRR. Su implementación requiere de los datos de entrada que corresponden a las temperaturas radiométricas, emisividad media en la ventana atmosférica de 10,3 a 12,5 μm, variación espectral de la emisividad dentro de esta ventana, además del agua precipitable.

Los resultados obtenidos indican que las variaciones encontradas entre la temperatura radiométrica y la medida in situ dejan en evidencia el efecto introducido por omitir la emisividad del terreno y el agua precipitable. Así, las temperaturas radiométricas T_4 y T_5 (°K) aparecen subestimadas al compararlas con la T_{in} (°K), obteniéndose diferencias de hasta 22,3 °K.

La aplicación del algoritmo de Caselles et. al., (1997), que introduce la corrección por emisividad y vapor de agua, permite estimar las temperaturas de suelo con un error cuadrático medio inferior al 1%.

LITERATURA CITADA

Casselles, V.; Coll C. and Valor E., 1997. Land surface emissivity and temperature determination in the whole HAPEX-Sahel area from AVHRR data. International Journal of Remote Sensing 18:1009-1027.

Coll C., Sobrino J.,Casselles V., 1992. Parametrización de la absorción del vapor de agua atmosférico en el infrarrojo térmico. Actas de la IV Reunión Científica de la Asociación Española de Teledetección.

Deschamps P. and Phulpin T., 1980. Atmospheric correction of infrared measurements of sea surface temperature using channels at 3,7; 11 and 12 ◎m. Bound. Layer Meteorology, 18:131-143.

El-Kharraz, 2003. Determinación de la temperatura de la superficie terrestre a partir de datos MODIS. Tesis doctoral. Departamento de Termodinámica, Universidad de Valencia.

Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven and L. Gandin. 1996. The NCEP/NCAR 40 year Reanalysis Project. pp. 437-471. Bull. Am. Meteorol. Soc., Washington D.C., USA.

Kistler, R., E. Lkalnay, W. Collins, S. Saha, G. White and J. Woollen. 2001. The NCEP NCAR 50 year Reanalysis: Monthly Means CD-ROM and documentation. pp. 247-267. Bull. Am. Meteorol. Soc., Washington D.C., USA.

Mc. Clain E., Pichel W.and Walton C., 1985. Comparative performance of AVHRR based multichannel sea surface temperatures. J. Geoph. Res., C6: 11587 - 11601.

Morales L., J.C. Parra, 2002. Estimating thermal infrared radiance emitted by the atmosphere using reanalysis data. Rev. Mex. Fis. 48: 119-121.

Parra J.C., J.A. Sobrino, L. Morales, G. Castellano, J. Uribe, 2006. Aplicación de un algoritmo de Split-Window para la estimación de la temperatura de superficie desde datos AVHRR-NOAA. Agric. Téc., Vol. 66, Nro. 4, p. 385-392.

Rabat, P.M.1995. Modelling and parameterization of the soil - plant - atmosphere system. 513 p. Wageningen Press.

Sobrino J., Coll A. And Casselles V., 1993. La medida de la temperatura desde satélites. EN: La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Climatología y Desertificación. Universitat de Valencia. España.

Sobrino J.A., Raissouni N., 2000. Toward remote sensing methods for land cover dynamics monitoring: Application to M International Journal of Remote Sensing, vol 21, N° 2, 353-366.
Shannon, E. 1988. Simulación de sistemas, diseño, desarrollo e implementación. 427 p. Editorial Trillas, México DF.

Steel R., J. Torrie. 1988. Bioestadística, principios y procedimientos. 622 p. Mc Graw-Hill, New York, USA.

Sobrino J., Jiménez J.C., Paolini L., 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM5. Remote Sensing of Environment 90, 434-440.

Zhilhao Q., G. Dall'Olmo and A. Karnieli., 2001. Derivation os split window algorithm and its sensitivity analysis for retrieving land surface temperature from NOAA-advanced very high resolution radiometer data. J. Geophysical Res., Vol 106, N^0. D19, 22655-22670.

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) TIPO COSTINA EN SUPERMERCADOS DE LA REGIÓN METROPOLITANA

Diagnosis of the quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) Costina type in supermarkets in the Metropolitan Region

Horst Berger S., Maria Alejandra Aguilera G. y Ljubica Galletti G.*

Centro de Estudios Postcosecha, CEPOC. Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile
E mail: hberger@uchile.cl

RESUMEN

Se extrajeron lechugas Costinas desde los estantes de exhibición de tres cadenas de supermercados y se llevaron al Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) para su evaluación. Se determinó el largo de lechuga entera, largo del tallo, perímetro, peso de la unidad entera, peso de parte consumible, defectos de pre y postcosecha.
Como resultado del estudio se observó que existía una diferencia ocasional, es decir, no fueron constantes en el tiempo, sin una tendencia clara en cuanto a sectores ni a supermercados debido a factores tales como proveedores diferentes, época del año, oferta de mercado, preferencias de consumidores.

Palabras claves: defectos de pre y postcosecha

ABSTRACT

Costinas lettuces extracted from display shelves, from three supermarket chains, were evaluated at the Postharvest Research Center (CEPOC). Entire length, stem length, perimeter, weight of the entire unit, weight of consumable part, pre and postharvest defects were determined.

The result of the study showed that there were occasional differences, which were not constant over time, with no clear trend in

sectors or supermarkets due to factors such as different suppliers, time of year, market supply and consumers preferences.

INTRODUCCIÓN

El mercado de las hortalizas frescas en Chile sufrió un drástico cambio luego de la aparición del cólera en el año 1991, para prevenir el contagio, la autoridad sanitaria adoptó una serie de medidas como prohibir regar hortalizas con canales de agua servidas entre ellas.

Esta situación provocó una disminución de la superficie cultivada y obligó a los productores a otorgar a sus productos un grado de tecnificación y procesamiento postcosecha para obtener hortalizas de calidad. Un claro ejemplo de esto son las lechugas, cuya comercialización tradicional a través de mercados mayoristas disminuyó canalizándose hacia los supermercados. Así se inició la práctica de envasarlas en bolsas con etiquetas que señalaban procedencia, si eran regadas con agua de pozo, etc. Esto logró recuperar la confianza del consumidor en la adquisición de estos productos.

La expansión de la industria de los supermercados a nivel global con una participación cada vez mayor en el mercado, constituye el hecho mas determinante para el sistema agroalimentario en el último decenio tanto por su interacción con la demanda y los hábitos de consumo alimentario. El 30% del total de supermercados presentes en el país se ubica en la Región Metropolitana. La sección frutas y hortalizas representa en promedio un 4% de las ventas totales de los supermercados, pero son muy importantes como generadores de tráfico de salas (ODEPA 2002).

No cabe duda que el productor debido a la gran competencia que hoy existe para posicionarse como proveedor, se esmera por entregar un producto con la mayor calidad para que satisfaga al consumidor y con ello permanecer como tal en el mercado. La calidad es subjetiva y puede variar con el tiempo por la edad, las costumbres, ingresos de los consumidores. Estos consumidores fijarían los estándares de calidad a través de sus preferencias definiendo las cualidades que debe tener un producto. En el caso de los productos hortícolas la calidad queda definida en el momento de la cosecha y sería el resultado de lo realizado en precosecha (FIA, 2002).

Fundación Chile, citado por ODEPA (2002), define el óptimo de calidad de un producto hortofrutícola fresco en base a cuatro parámetros. Conformidad con la norma, condición, nivel de sanidad como seguridad y aceptación por el consumidor.

El Instituto Nacional de Normalización (INN) establece a través de la norma NCh 1549 (1980), requisitos generales que deben cumplir frutas y hortalizas para su comercialización al estado natural sin individualizar productos. Define calidad, calibre, color, daños, defectos, enfermedades, especie, clasificaciones por tamaño, color, grado de calidad, presentación.

Por otra parte Bascuñan (1993), se refiere a la desaparecida empresa Punto Verde S.A. la que estableció en 1992 normas de calidad para la comercialización de lechugas con destino a supermercados. En ellas definía grados comerciales, exigencias de calidad, porcentajes de daños; incluía calibres definidos por el tamaño, peso, perímetro y longitud de cada tipo de lechuga.

El mercado interno de frutas y hortalizas, sin embargo, carece de estándares y normas de calidad. Entre las principales cadenas de supermercados existen normas privadas de calidad, utilizadas como referencia al momento de adquirir productos frescos. Para las hortalizas se incluyen aspectos como requerimiento de envase, características varietales y requisitos de calidad asociadas a uniformidad de tamaño, porcentaje de daños y defectos (ODEPA, Fac Cs Vet y Pec. U de Chile y RIMISP, 2002.)

Objetivo: Determinar la variación de la calidad a través de quince semanas de lechugas (*Lactuca sativa* L.), conocidas comúnmente con el nombre de "costinas", en tres cadenas de supermercados ubicados en dos sectores de la Región Metropolitana (sector oriente y sector sur).

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó con lechugas provenientes de tres cadenas de supermercados, específicamente con un tipo denominada a nivel de mercado como: costina (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia* (Lam.) Janchem).

Las cadenas de supermercados se denominaron: S1, S2 y S3 y estuvieron representados en dos

sectores de Santiago, A (sector Sur) y B (sector Oriente).

Ambos sectores se visitaron una vez a la semana retirando desde las góndolas o bins en exhibición las lechugas que se presentaban en bolsas rotuladas, llevándose inmediatamente para su análisis al laboratorio del Centro de Estudios Postcosecha de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. La recolección de muestras se repitió durante 15 semanas consecutivas de Julio a Noviembre.

Evaluaciones
Parámetros físicos: tamaño, largo de hojas y largo del tallo a la base de las hojas, ambos se midieron con regla; perímetro de la lechuga, medido en la parte mas ancha con huincha blanda; peso de lechugas enteras y partes comestibles en adelante peso- consumo, medido en balanza O´Haus con precisión de 0,1 g.

Defectos de precosecha: estos se agruparon en daños de campo como estructuras morfológicas deformes o con daños de quemado por sol o heladas; como enfermedades causadas por hongos, bacterias o virus; desordenes fisiológicos y daños entomológicos causados por insectos, ácaros, etc.

Defectos de postcosecha: entre éstos se encuentran machucones, manchas, heridas, materias extrañas, oxidaciones y pudriciones.

Se consideró que para descartar una hoja de lechuga el defecto observado debía ser mayor al 10% de la superficie total de las hojas.

Diseño experimental
Para cada semana se planteó un diseño completamente al azar, con estructura factorial 3*2 (tres cadenas de supermercados y dos sectores). De cada supermercado se retiraron 4 unidades para cada tipo de lechuga en estudio (4 repeticiones): parte superior, inferior, mitad izquierda y mitad derecha de la góndola o bins.

Análisis estadístico
Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza (ANDEVA) con el propósito de establecer si existían diferencias significativas entre los supermercados y los sectores con respecto a los parámetros evaluados. Cuando se detectaron diferencias significativas se aplicó la Prueba de Rango Múltiple de Duncan. El nivel de confianza fue de 95% ($p \leq 0,05$)

RESULTADOS Y DISCUSION

Parámetros físicos
El largo y el peso en la lechuga Costina son las variables más importantes en los requerimientos de calidad de los supermercados. En largo generalmente se solicita uniformidad y un largo mínimo de 25 cm.
Durante las 15 semanas de evaluación, el largo de los ejemplares varió entre 28,2 y 40,4 cm encontrándose el 67% entre 30 y 35 cm, cumpliendo por lo tanto con este requisito de calidad.
Las diferencias puntuales que se presentaron entre sectores y supermercados durante el período de muestreo no permitieron determinar en forma exclusiva si presentaban lechugas más grandes o pequeñas en forma sostenida.

El peso de las lechugas osciló entre 207 y 855,9 g, El 43% de las unidades se concentraron entre los 400 y 500 g.

El desarrollo del tallo es junto a otros factores, como alargamiento de entrenudos y desarrollo de yemas axilares, indicador de sobre madurez.
El largo de los tallos tuvo un valor mínimo de 3,6 cm y un máximo de 13,2 cm, cumpliendo con el requisito de no superar un tercio del largo de las lechugas.

El perímetro de todas las lechugas varió desde los 28,1 a los 49 cm, concentrándose entre los 35,1 y 45 cm. A través del tiempo los Supermercados, indistintamente, presentaron unidades con perímetros ligeramente más grandes o más pequeños.

El peso-consumo promedio de las lechugas "costinas", que resulta luego de haber descartado las hojas con diferentes daños, se aprecia en la Figura 1. De los tres supermercados, S3 presentó un menor porcentaje de hojas descartadas.

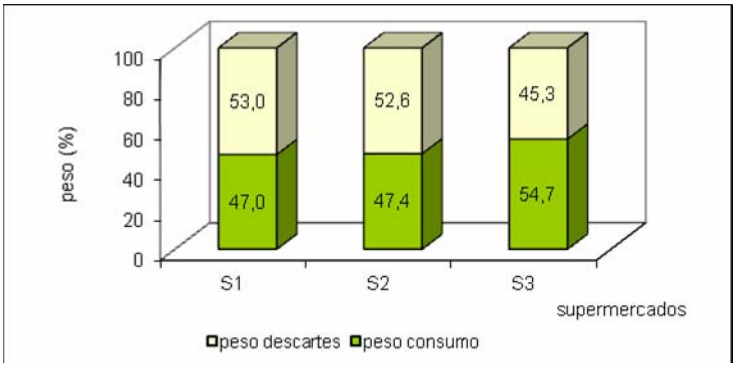


Figura 1. Peso de consumo y peso de descarte promedio de lechugas Costinas por supermercado (%) <
Figure 1. Consumption and discard leaves at supermarket of Costinas lettuce (%)

Comparando el peso-consumo de las lechugas entre supermercados entre los sectores (Cuadro 1), se aprecia que en el sector A, que los supermercados S3 y S2 presentaron en más oportunidades, nueve y ocho semanas respectivamente, los mayores valores para esta variable. Por su parte S1 mostró más veces el menor valor de esta variable, 8 oportunidades.

Cuadro 1. Peso-consumo promedio de lechugas Costinas en supermercados S1, S2 y S3 en sectores A y B a través de 15 semanas
Table1 . Average consumption weight " Costinas " lettuce at supermarkets S1 , S2 and S3 sectors A and B through 15 weeks

.

.	Peso consumo (g)									
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	sem 1		sem 2		sem 3		sem 4		sem 5	
S1	277,2 aA	165,9 bB	121,9 bB	295,8 aB	164,9 B	*	143,4 aB	221,1 aA	153,3 aB	207,2 aB
S2	145,5 bB	234,0 aAB	367,4 aA	200,7 bC	158,5 bB	267,0 aA	324,6 aA	206,6 bA	261,9 bA	427,4 aA
S3	*	287,8 A	397,7 aA	391,8 aA	258,4 aA	331,2 aA	385,3 aA	187,2 bA	245,1 aA	218,5 aB
	sem 6		sem 7		sem 8		sem 9		sem 10	
S1	325,9 aAB	155,1 bB	217,7 aB	191,6 aB	249,2 bAB	333,5 aA	214,0 aB	261,4 aA	132,4 bB	253,2 aA
S2	403,9 aA	372,7 aA	331,7 aA	276,0 aA	300,0 aA	205,7 bB	165,6 aB	207,5 aA	270,3 aA	214,0 aA
S3	277,2 aB	208,3 aB	288,1 aAB	248,1 aAB	168,9 aB	198,0 aB	304,8 aA	285,1 aA	333,3 aA	296,1 aA
	sem 11		sem 12		sem 13		sem 14		sem 15	
S1	279,7 aA	256,0 aB	179,7 aB	247,9 aA	352,9 aA	346,8 aA	227,3 bAB	329,4 aA	*	229,5 B
S2	172,1 aB	73,8 bC	228,0 aAB	259,3 aA	*	309,0 A	291,1 aA	284,8 aA	168,3 bB	316,2 aA
S3	317,0 aA	347,9 aA	303,6 aA	228,1 aA	236,1 aB	286,7 aA	196,6 bB	359,1 aA	376,3 aA	283,1 bAB

Letras mayúsculas distintas indican diferencias entre supermercados ($p<0,05$) y letras minúsculas señalan diferencias significativas ($p<0,05$) entre los sectores. *(semana en que no hubo lechuga "costina" en el supermercado).

.

Las semanas con diferencias significativas de peso-consumo entre los supermercados del sector B se presentaron en menos ocasiones. S2 tuvo en más oportunidades, cuatro semanas, los mayores valores. Los menores valores para la variable los presentó más veces, cinco semanas el S1, el mismo número de semanas en que presentó los menores pesos de la lechuga completa.

Al comparar el peso-consumo de las lechugas entre sectores por supermercado, se aprecia que el supermercado S2 presentó diferencias significativas para la variable entre sus dos sectores en ocho semanas donde los mayores peso-consumo estuvieron distribuidos equitativamente en ambos sectores, S2 (Figura 2), S1 (Figura 3) y S3 (Figura 4), mostraron estas diferencias en seis y tres semanas respectivamente, ninguno de ellos mostró con mayor frecuencia los mayores pesos de consumo de la lechuga "costina" en uno u otro sector.

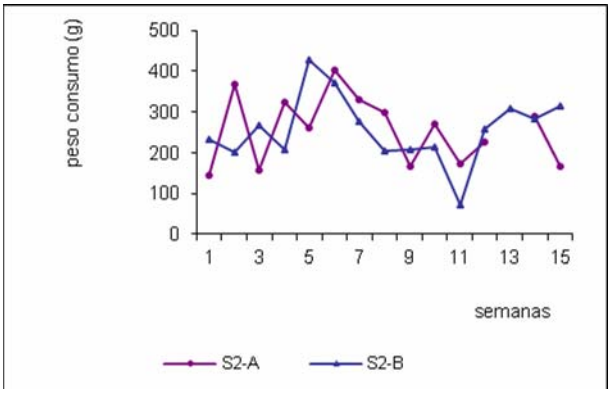


Figura 2. Peso consumo promedio lechugas "Costinas" supermercado S2 sectores A y B
Figure 2. Average consumption weight "Costinas " lettuce at S2, A and B supermarket.

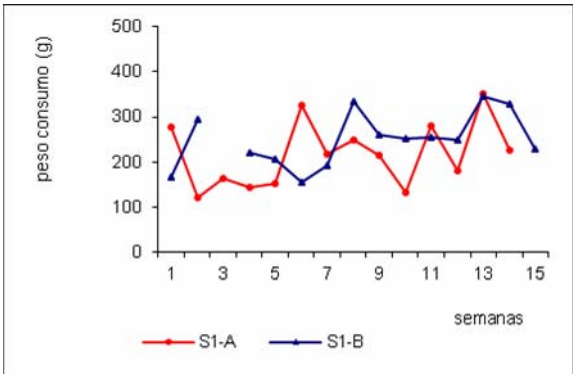


Figura 3. Peso consumo promedio lechugas "Costinas" supermercado S1 sectores A y B
Figure 3. Average consumption weight "Costinas " lettuce at S1, A and B supermarket.

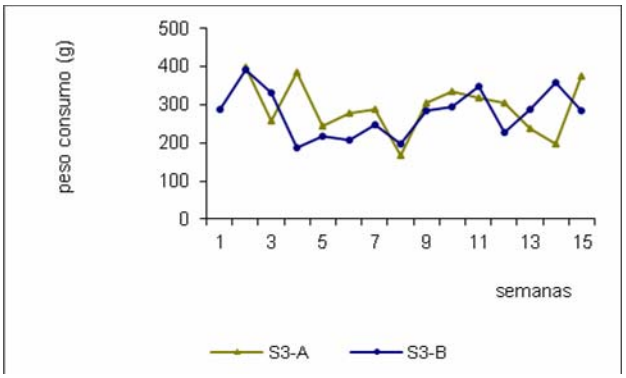


Figura 4. Peso consumo promedio lechugas "Costinas" supermercado S3 sectores A y B
Figure 4. Average consumption weight "Costinas " lettuce at S3, A and B supermarket.

Defectos de precosecha y de postcosecha

En general las lechugas "costinas" muestreadas presentaron un 34% de daños en las hojas originados en la precosecha y un 10% de daños postcosecha producidos al manipular, transportar o almacenar el producto desde la cosecha hasta la exhibición de estos en los anaqueles o bins de los supermercados (Figura 5).

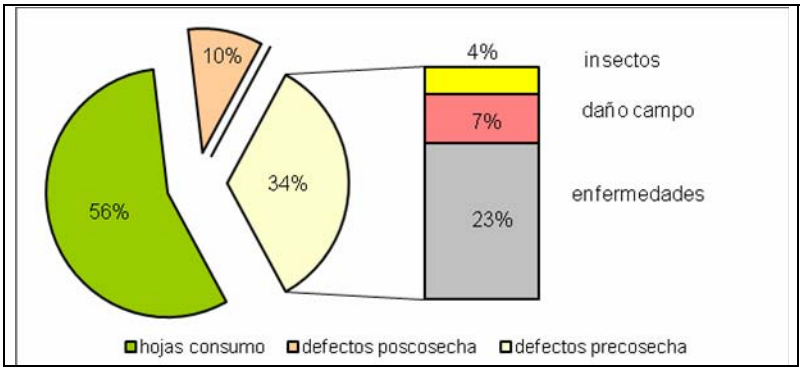


Figura 5. Distribución porcentual del número total de hojas de lechugas "costinas" consumo y descartadas por defectos de pre y postcosecha.
Figure 5. Percentage distribution of the total number of " Costinas " lettuce leaves for consumption and discarded by pre and post-harvest defects.

Al analizar los supermercados por sector en el A, se observó que S1 mostró en ocho semanas la mayor cantidad de defectos de precosecha (Cuadro 2). Por otra parte, S3 presentó en siete semanas los menores valores para esta variable. Los productores muestreados en el S3 también fueron muestreados en el S1, en éste, hubo un 45% de las muestras de lechuga "costina", con defectos y sólo 16% en S3, significativamente diferentes, pudiendo inferirse entonces que los proveedores entregaron lechugas "costina" con menos daños de precosecha al S3, y las con mayores daños al S1. Lo más probable es que los controles de calidad fueron más exigentes para estos defectos en el S3.

Cuadro 2. Porcentaje de defectos de precosecha de lechugas "costinas" supermercados S1, S2 y S3 semanas 1 a la 15 sectores A y B.
Table 2. Percentage of preharvest "costinas" lettuge defects at supermarkets S1 , S2 and S3, weeks 1 through 15 sectors A and B.

	Defectos precosecha (%)									
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	sem 1		sem 2		sem 3		sem 4		sem 5	
S1	30,1 aA	40,7 aA	32,6 aA	29,1 aB	48,1 A	*	41,9 aA	42,6 aA	47,9 aA	38,6 aA
S2	18,6 aB	26,6 aB	11,8 bB	43,4 aA	56,5 aA	44,6 bA	30,1 aB	30,6 aB	25,1 aB	15,4 aB
S3	*	13,1 C	15,0 aB	18,6 aC	46,1 aA	42,7 aA	18,0 bC	39,8 aAB	47,1 aA	30,4 bA
	sem 6		sem 7		sem 8		sem 9		sem 10	
S1	42,8 bA	56,1 aA	44,3 aA	45,4 aA	35,8 aA	23,2 bB	32,7 aB	39,4 aA	49,8 aA	16,2 bB
S2	34,6 aA	39,5 aB	39,1 aA	41,7 aA	29,5 bA	51,8 aA	45,8 aA	28,7 bA	11,5 aC	19,7 aB
S3	34,0 aA	31,7 aB	37,7 aA	45,6 aA	38,0 aA	15,9 bB	30,0 aB	34,7 aA	28,8 aB	33,7 aA
	sem 11		sem 12		sem 13		sem 14		sem 15	
S1	45,7 aA	34,0 bB	47,8 aA		32,3 aA	29,6 aA	23,0 aA	16,2 aB	*	21,8 B
S2	53,1 aA	60,4 aA	29,5 aB	33,0 aA	*	33,3 A	27,8 aA	37,8 aA	52,3 aA	40,8 bA
S3	16,2 aB	22,1 aB	34,1 aB	38,4 aA	15,4 aB	24,9 aA	31,9 aA	17,8 bB	29,0 aB	18,8 aB

Letras mayúsculas distintas indican diferencias entre supermercados (p<0,05) y letras minúsculas señalan diferencias significativas (p<0,05) entre los sectores. *(semana en que no hubo lechuga "costina" en el supermercado).

Los defectos de postcosecha también presentaron diferencias significativas entre los supermercados
(Cuadro 3). Destaca S1 con el menor porcentaje de estos defectos en siete semanas. Le siguen los supermercados S3 y luego S2 con cinco y cuatro semanas respectivamente. Estos menores defectos de S1 se explicaría por el deshoje de las hojas externas realizado por el personal en las salas de venta, lo que se refleja en el menor peso de las unidades.

Para los tres supermercados los mayores porcentajes de defectos de esta variable estuvieron entre una y cuatro semanas, lo que por irregular y puntual no determina que uno de ellos tenga la mayor parte del tiempo las lechugas con peor postcosecha.

Cuadro 3. Porcentaje de defectos de postcosecha de lechugas "costinas" supermercados S1, S2 y S3 semanas 1 a la 15 sectores A y B.
Table 3. Postharvest defects on " Costinas " lettuce at supermarkets S1 , S2 and S3 sectors A and B through 15 weeks

	Defectos poscosecha (%)									
.	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	sem 1		sem 2		sem 3		sem 4		sem 5	
S1	4,7 aA	5,2 aB	2,7 aB	3,6 aA	1,8 A	*	9,1 aA	3,5 aA	2,2 aB	5,5 aC
S2	4,8 aA	9,0 aAB	5,6 aB	2,0 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 bA	9,5 aA	20,5 bA	31,7 aA
S3	*	18,0 A	17,6 aA	9,2 aA	1,5 aA	4,4 aA	0,0 aA	8,0 aA	1,8 bB	17,8 aB
	sem 6		sem 7		sem 8		sem 9		sem 10	
S1	0,0 aB	0,0 aA	9,4 aA	0,0 aA	12,3 aAB	2,1 bB	16,4 aA	3,9 bB	8,6 bB	23,0 aB
S2	18,0 aA	10,9 aA	7,2 aA	1,3 aA	4,1 aB	3,3 aB	4,8 bB	31,9 aA	44,7 aA	43,1 aA
S3	0,8 bB	11,1 aA	4,0 aA	6,0 aA	15,0 aA	18,7 aA	11,6 aAB	2,4 aB	10,9 aB	4,1 aC
	sem 11		sem 12		sem 13		sem 14		sem 15	
S1	8,7 aB	13,3 aB	3,9 aB	3,7 aB	4,9 aB	3,1 aB	11,8 aA	11,1 aA	*	21,8 A
S2	14,8 bB	28,7 aA	20,0 aA	17,9 aA	*	14,6 A	14,3 aA	11,8 aA	5,3 aA	3,9 aB
S3	24,7 aA	10,6 bB	9,6 aB	7,3 aB	22,1 aA	0,0 bB	5,7 aA	8,3 aA	3,1 aA	0,0 aB

Letras mayúsculas distintas indican diferencias entre supermercados (p<0,05) y letras minúsculas señalan diferencias significativas (p<0,05) entre los sectores. *(semana en que no hubo lechuga "costina" en el supermercado).

En la Figura 6 se aprecia en el sector A que S1 acumuló durante el periodo en estudio el mayor porcentaje de defectos de campo, pero el menor de postcosecha. Los mayores defectos de postcosecha los sumó el S2 y el con mayor porcentaje de hojas sanas fue el S3.

En la Figura 7 se aprecia que S2 sumó en las 15 semanas observadas el mayor porcentaje de los defectos de campo y los de postcosecha. S1 presentó el menor porcentaje de defectos de poscosecha al igual que en el sector A. Por otra parte, quien sumó más defectos totales en este sector durante las 15 semanas fue el S1 seguido por el S2.

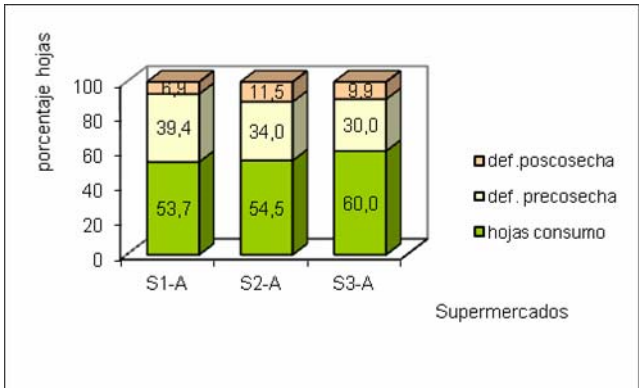


Figura 6. Porcentaje hojas consumo, defectos pre y postcosecha lechugas "costinas" sector A
Figure 6. Percentage consumption leaves, pre and post-harvest " Costinas lettuce defects sector A.

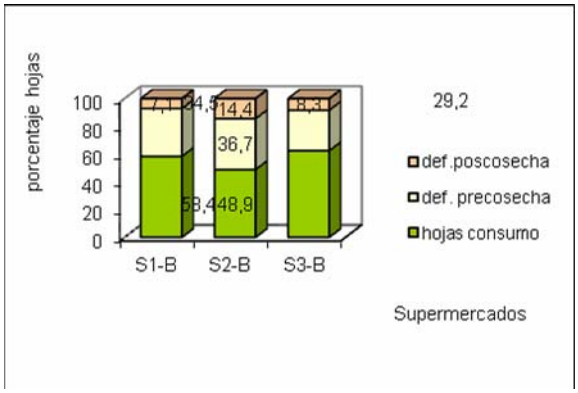


Figura 7. Porcentaje hojas de consumo, defectos precosecha y poscosecha "lechugas costinas" sector B.
Figure 7. Percentage consumption leaves, pre and post-harvest "costinas lettuce defects" sector B.

En el sector A hubo diferencias significativas entre los supermercados para los dos tipos de defectos. Para los de precosecha los mayores porcentajes los presentó en más oportunidades el supermercado S2, cinco semanas y los menores valores el S3 en siete oportunidades. En el sector B los porcentajes más altos para la variable los presentó con mayor frecuencia el Supermercado S2 y los menores los supermercados S1 y S3.

Los menores porcentajes para defectos de postcosecha se observaron en ambos sectores con más frecuencia en los supermercados S1 y S3.

En resumen S2 mostró el mayor porcentaje de defectos totales seguido por S1 y S3 con menor porcentaje y por tanto el mayor porcentaje de hojas sanas.

Cabe señalar que según Cantwell *and Suslow* (2002) "en la lechuga romana la madurez se basa en el número de hojas y en el desarrollo de la cabeza", agrega que aquellas con un número inferior a 30 hojas antes de descartar las hojas externas estarían "inmaduras" para la cosecha. De esto de infiere que aquellas que tuvieron un mayor porcentaje de hojas sanas tendrían una mejor calidad.

Al analizar los defectos de pre y de postcosecha por supermercado entre sectores, se observaron desde tres a cinco semanas en forma irregular, lo que no es suficiente para afirmar que un supermercado tuvo lechugas más sanas en uno u otro sector.

CONCLUSIONES

Las diferencias por sectores no guardan relación con las fechas en que son evaluadas, ni con los supermercados.

En ninguno de los supermercados las diferencias son permanentes de los parámetros evaluados en las lechugas costinas. Los defectos de postcosecha están en función de los controles que se realizan en cada supermercado en forma independiente.

BIBLIOGRAFÍA

BASCUÑAN, A. 1993. Seguimiento técnico del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con destino a supermercado. Tesis Ing. Agr. Quillota, Fac. de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso. 98 p.

CANTWELL. M. and SUSLOW, T. 2002 Lettuce. Recommendations for Maintaining Postharvest Quality.Department of Plant Sciences, University of California, Davis.

FIA. 2002. La calidad intrínseca de las hortalizas. Boletín de Hortalizas 3, 2p.

INN. 1980. Frutas y hortalizas: terminología y requisitos generales, NCh 1549. 8p.

ODEPA, FAC. DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS U DE CHILE, RIMISP. 2002. Estudio de los supermercados en la distribución alimentaria y su impacto sobre el sistema agroalimentario nacional. 111 p

NOTA CIENTÍFICA

DIRECTRICES E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE VIGILANCIA FITOSANITARIA.

Rina Acuña Parra
Ingeniero Agrónomo
Especialista en Vigilancia Fitosanitaria

Ante el escenario de vinculación internacional, las decisiones institucionales de los países en materias de protección fitosanitaria deben considerar la armonización de las normativas que regulan el comercio de los vegetales y productos vegetales y la protección de los recursos agrícolas nacionales, incorporando los conceptos fundamentales de acuerdos y normativas internacionales, entre las que se destaca la **Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF)** y el **Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (Acuerdo MSF)** de la Organización Mundial del Comercio (OMC).

Dentro del contexto señalado, un **Sistema de Vigilancia Fitosanitaria (SVF)** debería constituir un componente de la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF), institución competente de un país o parte contratante de la CIPF, con el objetivo de disponer de un conocimiento actualizado de su situación fitosanitaria, en base a una vigilancia en el territorio nacional, y la vigilancia de información internacional sobre plagas de los vegetales.

Cabe indicar que, 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", considerando por lo tanto a organismos como ácaros, insectos, moluscos y malezas, además de los diversos fitopatógenos.

Cuando una ONPF dispone de información científica reconocida a nivel nacional e internacional, se facilita y apoya la determinación de las políticas y estrategias de protección fitosanitaria del patrimonio agrícola nacional, apoyando el establecimiento de la lista de plagas cuarentenarias para el país y, en forma paralela, respaldando la certificación fitosanitaria de productos y subproductos vegetales para el comercio internacional.

El incremento del comercio de productos agrícolas a nivel mundial, trae consigo la posibilidad de la introducción y dispersión de plagas reglamentadas a otras áreas o países, razón por la cual las ONPFs deberían implementar o fortalecer su Sistema de Vigilancia Fitosanitaria, considerando la detección oportuna de la ocurrencia de nuevas plagas, ya sea nuevas detecciones o introducciones en el territorio nacional, como así también la verificación de la ausencia de plagas cuarentenarias para los mercados de exportación.

Dentro de los marcos internacionales de un SVF, se destaca el artículo 5 del Acuerdo MSF referido a la evaluación del riesgo y determinación del nivel adecuado de protección fitosanitaria, en base a la situación fitosanitaria de los países, basada en información registrada y actualizada.

En el marco de la CIPF, el artículo IV (b) define a la vigilancia de las plantas, incluyendo las áreas cultivadas, la flora silvestre, las plantas y productos vegetales en almacenamiento o en

transporte, particularmente con el fin de informar la presencia, el brote y la diseminación de plagas. Además, se indica la cooperación en el intercambio de información sobre plagas de los vegetales y la vigilancia de áreas libres de plagas.

Además existen las **Normas Internacionales de Medidas Fitosanitarias (NIMF)**, elaboradas por la Secretaría de la Convención, con objeto de armonizar las medidas fitosanitarias en el intercambio internacional en virtud del Acuerdo MSF de la OMC. Se destacan las siguientes Normas relacionadas con la Vigilancia Fitosanitaria:

- **NIMF N° 4,1996: "Requisitos para el establecimiento de áreas libres de plagas".**

Al respecto, algunas actividades enmarcadas en un SVF, permiten el establecimiento y posterior verificación de áreas libres de plagas, las que pueden ser de interés nacional, para evitar la dispersión de plagas relevantes hacia otras áreas, como también con el objeto de señalar la distribución limitada de una plaga en el país, como una opción para la certificación fitosanitaria en el comercio internacional.

- **NIMF N° 6,1997:"Directrices para la vigilancia".**

Esta norma señala el propósito de los sistemas de prospección y verificación para la detección de plagas y el suministro de información para uso en los Análisis del Riesgo de Plagas (ARPs), establecimiento de áreas libres de plagas y la preparación de listas de plagas, a través de acciones de Vigilancia General y Prospecciones Específicas.

En la **Vigilancia General**, la ONPF recolecta y utiliza la información procedente de otras fuentes existentes a nivel nacional, tales como instituciones de investigación, universidades, sociedades científicas, productores, técnicos, museos, como también de bases de datos y contactos a nivel internacional.

Las **Prospecciones Específicas** se definen como actividades oficiales diseñadas para obtener información sobre plagas de interés en lugares específicos y durante un período de tiempo definido con el fin de determinar la presencia o la diseminación de plagas específicas en un área, o en un hospedero, producto u otro artículo reglamentado, o verificar su ausencia en un área. Estas prospecciones pueden ser de delimitación (para establecer los límites de un área considerada infestada por una plaga o libre de una plaga), de detección (dentro de un área para determinar si hay plagas presentes) o de monitoreo o verificación (para verificar las características de la población de una plaga).

- **NIMF N° 8/1998: Determinación de la situación de una plaga en un área".**

En esta Norma se describe el contenido de un registro de plaga y las distintas formas para categorizar las plagas con respecto a su situación en un área, considerando la presencia, ausencia o transitoriedad de una plaga, y situaciones derivadas, tales como "presente sólo en algunas áreas", "ausente, plaga erradicada" o "transitoria, accionable, bajo vigilancia", entre otras.

La situación de una plaga se determina usando la información de registros individuales, registros de la plaga o ausencia de ella, proveniente de prospecciones realizadas dentro de una Vigilancia Interna, por información sobre detecciones de plagas a través de la Vigilancia General, así como publicaciones y bases de datos científicos.

- **NIMF N° 9,1998: "Directrices para los programas de erradicación de plagas".**

Mediante el desarrollo de una prospección de delimitación de cada brote de una plaga, se respalda su distribución y la definición del área bajo erradicación; por otra parte, para verificar la erradicación de una plaga se necesita implementar la ejecución de una prospección de detección. En ambas acciones de un SVF se debe recopilar información sobre su localización geográfica, hospederos infestados o infectados, nivel de prevalencia de la plaga, las condiciones favorables y mecanismos para su diseminación y establecimiento, entre otros antecedentes.

- **NIMF Nº 17, 2002: "Notificación de Plagas".**

Esta Norma describe las responsabilidades de una ONPF, con respecto al reporte de la presencia, brote y diseminación de plagas en el país, basadas en la información obtenida a través de la Vigilancia General o de Prospecciones Específicas, con el objetivo de comunicar a otras ONPFs sobre el riesgo inmediato o potencial que se origina por la presencia, brote o diseminación de una plaga que es cuarentenaria en el país donde se detecta, o para países vecinos y contrapartes comerciales. También se debería efectuar reportes relacionados sobre el cambio de estatus de una plaga, ausencia (en particular) o corrección de reportes anteriores, categorización de áreas libres y resultados de una erradicación exitosa.

Implementación y Objetivos de un Sistema de Vigilancia Fitosanitaria.

Un SVF debe estar contemplado dentro de las funciones y la organización de la ONPF, de acuerdo al marco legal institucional que establece la estructura orgánica u organizacional y funcional del Ministerio al cual pertenece la ONPF, y/o que define la estructura organizacional, funciones y atribuciones de la ONPF.

Su diseño e implementación puede ser responsabilidad de una unidad central de la ONPF, idealmente con un nivel de ejecución sistematizada en todo el territorio nacional; sin embargo, sus actividades pueden ser priorizadas en regiones o unidades administrativas según riesgo fitosanitario y/o interés productivo y recursos de la ONPF.

El SVF debe contar con los recursos de personal técnico, materiales e insumos para sus acciones en terreno, así como también de procedimientos de comunicación, sistemas de información, programas de capacitación, asistencia técnica y divulgación. Cabe señalar que es indispensable disponer del apoyo de Laboratorios de diagnóstico fitosanitario, debido a su estrecha relación con el respaldo técnico y científico para la identificación de las plagas de los vegetales.

El objetivo general del Sistema de Vigilancia Fitosanitaria, de acuerdo con los conceptos que lo respaldan sería "La Vigilancia de los vegetales para informar la presencia, el brote y la diseminación de plagas y mantener actualizada la situación fitosanitaria nacional, apoyando el desarrollo de la competitividad del sector agrícola y la exportación de productos y subproductos vegetales"

Los principales objetivos específicos de un SVF, que se definen de acuerdo a las funciones y responsabilidades de la ONPF de cada país, son los siguientes:

- Obtener y mantener actualizada la información fitosanitaria nacional con respecto a la presencia, ausencia, brotes, distribución e incidencia y hospederos de plagas.
- Detectar en forma temprana y oportuna la introducción de plagas cuarentenarias al país.

- Apoyar la actualización de las Listas de Plagas Cuarentenarias ausentes para el país.
- Respaldar los requisitos fitosanitarios para la importación de material vegetal al país, apoyando la elaboración de Análisis del Riesgo de Plagas.
- Respaldar y verificar el establecimiento de áreas libres de plagas.
- Apoyar y respaldar la erradicación, exclusión o control de plagas cuarentenarias de reciente introducción o detección.
- Respaldar la situación de una plaga en un área, aclarar reportes de plagas para el país e informar la situación sanitaria de productos exportables, para el mantenimiento y apertura de mercados.
- Cooperar con el intercambio de información fitosanitaria a nivel nacional e internacional.

Estrategias de un Sistema de Vigilancia Fitosanitaria.

Para cumplir con los objetivos planteados y de acuerdo a los ámbitos donde se genera la información fitosanitaria, un Sistema de Vigilancia Fitosanitaria puede considerar las siguientes estrategias de acción:

- **Vigilancia Externa**, referida a la recopilación y mantenimiento actualizado de información fitosanitaria internacional, obtenida desde diferentes fuentes, tales como publicaciones científicas, bases de datos, otras organizaciones de protección fitosanitaria, organismos e instituciones internacionales, eventos científicos y expertos, a la que se agrega la información correspondiente a las acciones de Cuarentena Vegetal (intercepción de plagas en los puestos de control fronterizo, puertos y aeropuertos internacionales y cuarentenas de post-entrada).
- **Vigilancia Interna**, que corresponde a la ejecución de actividades para recopilar, registrar y mantener información nacional actualizada del sector agrícola nacional obtenida a través de una vigilancia activa en el territorio nacional (**Vigilancia Específica**), y la recopilación de información proveniente de otras fuentes externas a la ONPF (**Vigilancia General**), constituidas por diversas instancias del sector privado y estatal.

De acuerdo a la Norma correspondiente de la FAO, la **Vigilancia Específica** se puede realizar a través de las actividades de **prospección,** las que pueden ser de dos tipos:

- **Prospecciones de Plagas Específicas.**

Corresponden a actividades de inspección, trampeo o monitoreo que se efectúan en los cultivos en crecimiento activo o en lugares de almacenamiento o acopio de productos vegetales para verificar la presencia, ausencia o dispersión de plagas determinadas.

Estas prospecciones se establecen principalmente con el objeto de detectar en forma temprana y oportuna la introducción de plagas cuarentenarias, respaldar situaciones de erradicación de plagas y de áreas libres de plagas, verificar el reporte de una plaga para el país y reportar la situación de una plaga en un área.

- **Prospecciones de cultivos y productos.**

Corresponden a inspecciones de campo a cultivos en crecimiento y a productos almacenados o en etapas de cosecha, acopio, selección, empaque, entre otros, que se realizan para obtener datos actualizados sobre la ocurrencia e incidencia de plagas, con el objetivo de actualizar los registros de plagas por cultivo y los registros de hospederos de plagas específicas, elaborar los informes de

situación sanitaria para su acceso al mercado internacional, la adopción de medidas fitosanitarias o el establecimiento de Programas específicos de vigilancia.

En forma paralela a la detección de plagas se puede realizar una evaluación de su ataque mediante procedimientos generales o parámetros específicos (Porcentaje de Incidencia, Intensidad de Ataque, Población) según el tipo de plaga, relevancia económica o en el caso de una plaga introducida o en expansión.

Dentro de las prospecciones de cultivos y productos agrícolas a veces es necesario priorizarlas en lugares identificados como **áreas de riesgo** relacionadas con el potencial ingreso de plagas cuarentenarias, tales como áreas localizadas en el entorno de puestos de control fronterizo, puertos y aeropuertos internacionales, lugares de recepción, almacenamiento o industrialización de productos agrícolas importados, rutas internacionales.

También los **cultivos bajo vigilancia** se pueden seleccionar basándose en los objetivos de las prospecciones, pudiendo identificarse los siguientes ámbitos:

- Cultivos localizados en áreas con riesgo de introducción de plagas cuarentenarias
- Cultivos con productos básicos de consumo interno e importancia socioeconómica, relacionados con programas de cuarentena interna
- Cultivos nuevos o emergentes, alternativos de producción o en expansión para exportación, que requieren información actualizada de su condición sanitaria para respaldar y gestionar su acceso a mercados de exportación
- Cultivos que requieren la verificación de reportes de plagas, cuando sea necesario o ante requerimientos de actualización de su estatus fitosanitario
- Cultivos hospederos de plagas con distribución nacional restringida, con el objetivo de verificar el estatus de plagas presentes con distribución localizada o restringida o en el caso de brotes de plagas cuarentenarias,

Cabe señalar que una ONPF puede establecer otras actividades de Vigilancia Interna, no definidas en la norma sobre Vigilancia señalada, tales como la vigilancia de predios pilotos con diversidad de cultivos representativos de un área, la vigilancia de cultivos agrícolas relevantes, y procedimientos de Denuncia Fitosanitaria y Reporte de Plagas.

Finalmente, la **Vigilancia General** corresponde a una vigilancia pasiva en la que se obtiene información desde fuentes nacionales externas a la ONPF, constituidas por diversas instancias del sector privado y estatal (instituciones de investigación, universidades, asociaciones de productores, técnicos del agro, empresas y otros organismos públicos) que pueden contribuir al conocimiento de la situación fitosanitaria nacional.

LITERATURA CITADA.

FAO, 1999. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. Roma. 26 p.

ISPM N° 4,1996: "Requisitos para el establecimiento de áreas libres de plagas". Secretaría de la CIPF, FAO, Roma.15 p.

ISPM N° 6,1997:"Directrices para la vigilancia". Secretaría de la CIPF, FAO, Roma.13 p.

ISPM N° 8/1998: "Determinación de la situación de una plaga en un área". Secretaría de la CIPF, FAO, Roma.15 p.

ISPM N° 9,1998: "Directrices para los programas de erradicación de plagas". Secretaría de la CIPF, FAO, Roma. 15 p.

ISPM Nº 17, 2002: "Notificación de Plagas". Normas Internacionaqles para Medidas Fitosanitarias. Ed. 2006, p: 217-225. Secretaría de la CIPF, FAO, Roma.

Organización Mundial del Comercio, 2005. Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias. Serie de los Acuerdos de la OMC. 4. Medidas Sanitarias y Fitosanitarias. Ginebra. 54 p.