

SIMIENTE

VOLUMEN 86 (3-4) JULIO-DICIEMBRE 2016



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 2016

Consejo Directivo 2016

Presidente: Horst Berger S., Ing. Agrónomo

Vicepresidenta: Paz Schachtebeck M., Ing. Agrónomo

Tesorero: Ximena López. Ing. Agrónomo

Secretaria: Christel Oberpaur, Ing. Agr. M.Sc.

Consejeros:

Edmundo Acevedo H., Ing. Agr., Ph.D., M.S.

Jaime Montealegre a. Ing. Agr.

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

Patricio Almarza, Ing. Agr.

Peter Seemann, Ing. Agr., Dr.

Patricia Rojas, Ing. Agr.

Rina Acuña R., Ing. Agr.

Pedro Calandra B., Bibliotecario.

ISSN: 0037-5403

SIMIENTE

Representante Legal

Horst Berger S.

Ingeniero Agrónomo

Presidente SACH

Editora

María Luisa Tapia F.

Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

Editores asociados

Postcosecha y Agroindustria

Ljubica Galletti G., Ing. Agr.

Horst Berger S., Ing. Agr.

María Luisa Tapia F., Ing. Agr. M Sc.

Ana Cecilia Silveira, Ing. Agr. Dr.

Victor Hugo Escalona, Ing. Agr. Dr.

Cultivos y Hortalizas

Ximena López, Ing. Agr.

Christel Oberpaur, Ing. Agr. M.Sc.

María Luisa Tapia F., Ing. Agr. M Sc.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

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

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

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

Una vez aceptado el trabajo, el (los) autor (es) deberán incorporar las sugerencias de los revisores y remitir CD o correo electrónico, escrito con los procesadores de texto Word, a 1½; espacio, sin sangría. Las tablas y gráficos deben enviarse en archivos separados, señalándose en el texto su ubicación. Las fotos en blanco y negro, deben enviarse por separado, adecuadamente identificadas, en papel brillante y en aplicación de 12 x 18 cm.

Se recibirán trabajos para publicar en las siguientes secciones:

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

- I. **Resumen**, que debe contener una condensación de los objetivos, métodos, resultados y conclusiones principales.
- II. **Abstract**, traducción del Resumen al idioma inglés.
- III. **Palabras clave**, cinco como máximo, no usadas en el Título, que sirven como índices identificatorios. 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 establecido para los trabajos de investigación, por tratarse de notas cortas sobre avances de investigaciones, determinación de especies, descripción de métodos de investigación, etc. Sin embargo, debe incluir un Resumen, un Abstract y la Literatura Citada.

REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS. Trabajos de investigación Bibliográfica en la especialidad del autor y estructura libre. 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

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

Autor (es). 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 papel 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: WITHERS, 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. 2ª Ed. Omega. Barcelona, España. 325 p.

Capítulo de Libro: WARSON, LA. 1970. The utilization of wild species in the breeding of cultivated crops resistant to plant pathogens. Págs., 441-457. In Frankel, O.H (ed.). Genetic resource in plants. Blackwell Scientific Publications. 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

Control de Calidad de Productos de IV Gama 1

Belén Diezma Iglesias

Sensibilidad de Genotipos de Lupino Al Lixiviado de Rastrojos de Trigo (*Triticum aestivum* L.) 9

Paola Silva; M. Becerra y Edmundo Acevedo

Uso de la Radiación Gamma en el Proceso de Elaboración de Hortalizas de IV Gamma 25

Ana L. Noboa; Evelyn J. Granja; Silvia Valencia Chamorro y Catalina Vasco

NOTA CIENTÍFICA

***Lobesia Botrana* en Chile. Resultados del Programa Nacional de *Lobesia Botrana* del Servicio Agrícola y Ganadero. Temporada 2014-2015** 33

Andrés Álvarez A.; María Paz Azócar R.; Claudio Rozas F.; Yoanna Nabalón N.; Kenneth Florio M. y Álvaro Garrido J.

CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS DE IV GAMA

Diezma Iglesias, Belén¹

¹Universidad Politécnica de Madrid. Dpto. Ingeniería Agroforestal. Laboratorio de Propiedades Físicas y Técnicas Avanzadas en Agrolimentación (LPF_TAGRALIA). E.T.S.I. Agrónomos, Avda. Complutense s/n, 28040 Madrid, España. belen.diezma@upm.es

RESUMEN

La producción de frutas y hortalizas de IV gama implica la eliminación de su protección contra la deshidratación y la contaminación y potencia los procesos de oxidación y respiración, lo que contribuye a acelerar el deterioro de la calidad sensorial del producto y a reducir su vida útil. El control de microorganismos solo es posible con una higienización muy estricta durante las etapas de elaboración y una adecuada conservación en atmósfera modificada en condiciones de refrigeración. La calidad de los productos vegetales listos para consumir es el resultado de una combinación compleja de atributos. Algunos relativos a la calidad organoléptica como son la apariencia, la textura, el olor y el sabor, y otros relativos a la calidad nutricional y a la seguridad alimentaria. Es en este último aspecto en el que se centran las principales normas y regulaciones que afectan a la producción, distribución y venta de los productos vegetales IV gama. En este trabajo se presentan, aun no pretendiendo una revisión exhaustiva, estas normas y regulaciones, que establecen los límites microbianos admisibles en las distintas etapas de vida útil del producto y dan pautas a seguir a lo largo del proceso de elaboración de productos IV gama.

Palabras clave: calidad organoléptica, seguridad alimentaria, guías de buenas prácticas, estándares de calidad privados, codex alimentarius

ABSTRACT

The production of fresh cut fruit and vegetables involves removing their protection against dehydration and contamination and enhances the processes of oxidation and breathing, which helps accelerate the deterioration of the sensory quality of the product and reduce its shelf life. The control of microorganisms is only possible with a very strict hygienization during the processing steps and appropriate packaging in modified atmosphere under refrigeration. The quality of vegetables ready to eat is the result of a complex combination of attributes. Some related to the organoleptic quality such as appearance, texture, smell and taste, and others relating to nutritional quality and food safety. It is this latter aspect that the main standards and regulations affecting production, distribution and sale of fresh cut products focus. In this work are presented, not even pretending to an exhaustive review, these standards and regulations, which establish the permissible microbial limits in the different stages of product life and give guidelines to follow throughout the process of developing fresh cut products.

Keywords: organoleptic quality, food safety, good practice guidelines, private quality standards, codex alimentarius

INTRODUCCIÓN

La definición y las condiciones básicas según Escalona y Luchsinger (2008) los productos de IV Gama son vegetales, frutas y hortalizas frescos sin tratamiento térmico, preparados, lavados y envasados que han podido ser objeto de troceado, corte o cualquier otra operación relativa a la integridad física del producto, listos para consumir o cocinar y destinados al consumo humano. El producto mantiene sus propiedades naturales y frescas, con la diferencia de que viene lavado, troceado y envasado, sin incorporar ningún tipo de aditivo ni conservante, y exige como requisito imprescindible el mantenimiento de la cadena de frío para su perfecta conservación presentando una fecha de caducidad en torno a los 7 días.

Se suele decir que el proceso de fabricación de frutas y hortalizas de IV Gama comienza en el campo, donde se ha de obtener una materia prima en las mejores condiciones higiénicas, sin residuos de agroquímicos y en el momento óptimo de madurez, asegurando así un punto de partida adecuado en el posterior proceso de manipulación del producto. Desde el punto de vista industrial, el proceso comienza con la recepción y el almacenamiento de frutas y hortalizas en las plantas de tratamiento, donde la selección de la parte óptima, operación que suele realizarse de manera manual, puede suponer una pérdida del 20 al 70% del producto. El lavado se realiza habitualmente en dos fases intensivas, con el fin de eliminar la suciedad del campo. Se emplea agua fría que debe estar sometida continuamente a estrictos controles de seguridad. El secado superficial es fundamental para la conservación del producto, pero ha de realizarse con sumo cuidado ya que un secado excesivamente rápido podría dañar el producto. El pesado y envasado de los productos troceados es la fase final del proceso.

Los alimentos de cuarta gama se envasan en atmósferas modificadas, una técnica mediante la cual se modifica la composición gaseosa de la atmósfera a la que está sometido el producto, disminuyendo la concentración de oxígeno en el interior del envase. De esta manera se logra reducir la velocidad de respiración del vegetal sin que se deteriore. En cada caso, y en función del producto, se busca el envase más adecuado, que incluye desde bolsas a barquetas, tarrinas o bandejas. Siempre son envases transparentes para que el consumidor pueda evaluar el estado del producto. El almacenamiento se realiza en condiciones de refrigeración hasta su consumo. La temperatura a la que tiene que estar el producto en todo el proceso, desde que se recolecta la materia prima hasta la colocación en el punto de venta debe oscilar entre 1 y 4 grados.

LOS CONDICIONANTES DE LOS PRODUCTOS IV GAMA

Las frutas y hortalizas frescas listas para consumir son el resultado de extender la cadena de producción tradicional de frutas y hortalizas, trasladando tareas que antes realizaba el consumidor al sector productor, de quien dependen los nuevos métodos de producción y la logística del transporte y la distribución. La producción de este tipo de alimentos no solo requiere etapas adicionales en el proceso sino que precisa también de medidas de higiene más exhaustivas.

La preparación de los productos de IV gama elimina su protección natural contra deshidratación y contaminación; la operación de cortado incrementa la superficie de contacto entre el producto y el oxígeno, aumenta la respiración, acelera las reacciones de oxidación enzimáticas, e incrementa la liberación de agua y sustancias nutritivas, constituyendo un ambiente ideal para la proliferación de organismos indeseables. Todo lo anterior contribuye a

acelerar el deterioro de la calidad sensorial del producto y a reducir su vida útil.

No debe olvidarse que, en las etapas de elaboración de los productos vegetales de IV gama, no se emplean procedimientos que puedan garantizar la asepsia completa, como sería la aplicación de tratamientos térmicos. Por tanto, el control de los microorganismos sólo podrá conseguirse mediante una higienización muy estricta durante las etapas de elaboración y una adecuada conservación en atmósfera modificada en condiciones de refrigeración. Hay que considerar también que estos tratamientos de higienización han de no comprometer la calidad organoléptica del producto, que debe asimilarse a la del producto original entero. Por todo ello la producción de productos IV gama requiere acentuar los niveles de control con respecto a los existentes en la producción y comercialización de frutas y hortalizas, especialmente en las primeras etapas de la producción donde los agentes contaminantes pueden ser numerosos y difíciles de eliminar.

LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS IV GAMA

La calidad de los productos vegetales listos para consumir es el resultado de una combinación compleja de atributos. Algunos relativos a la calidad organoléptica como son la apariencia, la textura, el olor y el sabor, y otros relativos a la calidad nutricional y a la seguridad alimentaria (Francis *et al.*, 2012).

Los síntomas del deterioro de estos productos incluyen alteraciones del color, aparición de pardeamientos oxidativos en las superficies cortadas, flaccidez como resultado de la deshidratación y pérdidas del valor nutricional. Por otra parte, como se ha mencionado anteriormente, estos tejidos vegetales son un buen sustrato para los microorganismos, incluyendo tanto especies alterantes como

especies patógenas. Entre estas últimas las más preocupantes son *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* sobre todo O157:H7, y *Salmonella spp.*

En este documento se tratarán principalmente los procedimientos relativos a la prevención de contaminaciones microbiológicas y/o con residuos químicos o físicos, mediante una aproximación a las principales normas y regulaciones que afectan a la producción, distribución y venta de los productos vegetales IV gama, aún no pretendiendo una revisión exhaustiva de las mismas.

ALGUNAS LEGISLACIONES DE APLICACIÓN

Es oportuno diferenciar entre las legislaciones y regulaciones vinculantes y otros instrumentos de carácter voluntario, como son las guías de buenas prácticas que siguen los actores del sector a lo largo de la cadena de producción. En la práctica, ambos tipos de instrumentos conviven y es frecuente que los instrumentos legalmente vinculantes tomen lo esencial de procedimientos voluntarios, como las guías de buenas prácticas, y lo incorporen como ley. El resultado práctico son unas colecciones de normas, con carácter voluntario ó vinculante, nacionales ó internacionales, públicas ó privadas, con las que conviene estar familiarizado (Martín-Belloso *et al.*, 2011).

El Codex Alimentarius puede considerarse el conjunto de normas no vinculantes por excelencia, estando en su esencia la vocación de posibilitar consensos que permitan la adopción de sus normas a nivel internacional. Hay tres textos del Codex de aplicación en los productos vegetales de IV gama: “Código Internacional Recomendado de Prácticas- Principios Generales de Higiene de los Alimentos” (CAC/RCP 1-1969), publicado en su primera versión en 1969 y

que constituye el documento básico sobre higiene de alimentos a nivel mundial; más específicamente la Comisión del Codex Alimentarius publicó el “Código de Prácticas de higiene para las frutas y hortalizas frescas” (CAC/RCP 53-2003; FAO, 2003), en el que se incluye un anexo (Anexo I) sobre frutas y hortalizas precortadas listas para el consumo. La U.S. Food and Drug Administration (FDA) presenta un documento análogo, “Analysis and Evaluation of Preventive Control Measures for the Control and Reduction/Elimination of Microbial Hazards on Fresh and Fresh-cut Produce” (2001), en el que se identifican los riesgos potenciales y se revisan los métodos de intervención para reducir los riesgos microbiológicos en estos productos. La FDA estableció en 2008 las recomendaciones para la industria “Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards of Fresh-Cut Fruits and Vegetables”, que no son obligatorias.

El Anexo I del CAC/RCP 53-2003 se ocupa de las buenas prácticas de fabricación (BPF) en todas las etapas que intervienen en la producción, desde la recepción de las materias primas hasta la distribución de los productos terminados, proporcionando un marco general de recomendaciones para ser adoptadas de manera uniforme por el sector. En el proyecto de diseño de la planta de IV gama debe considerar los Principios Generales de Higiene de los Alimentos y el Código de Prácticas de Higiene para Frutas y Hortalizas Frescas. Su objetivo principal es la identificación de BPF que ayuden a controlar los peligros microbiológicos, físicos y químicos. El Anejo resalta medidas de control relativas a las instalaciones, programas de capacitación de personal así como el mantenimiento de registros durante la fabricación y el almacenamiento del producto.

Aspectos incluidos en el Anexo I CAC/RCP 53-2003:

- ✓ Las materias primas han de ser inspeccionadas en recepción para eliminar peligros físicos (restos animales o vegetales, metales o materias extrañas).
- ✓ El agua utilizada para el enjuague final debe ser potable.
- ✓ El riesgo de contaminación durante los procesos de corte, rebanado o picado debe minimizarse y deben lavarse los productos una vez cortados.
- ✓ En el proceso de lavado el agua debe cambiarse con frecuencia suficiente para evitar acumulación de materia orgánica y contaminaciones cruzadas; cuando proceda deberán emplearse agentes antimicrobianos, verificando que los residuos químicos no exceden los niveles permitidos.
- ✓ El producto debe mantenerse en almacenamiento en frío en todas las fases
- ✓ Los registros con información precisa sobre el producto y los controles de las operaciones deben mantenerse más allá de la vida útil del producto: registros de los proveedores, registros de la calidad del agua y su abastecimiento, registro de la vigilancia y mantenimiento del equipo...
- ✓ Los programas de capacitación del personal deben contemplar los sistemas de envasado, incluidos los riesgos de contaminación o proliferación microbiana que entrañan y la importancia del control de la temperatura y las BPF.

En lo que a normas y leyes vinculantes se refiere yendo de lo más general a lo específico, en la Unión Europea hay que mencionar: a) el Reglamento CE 178/2002 que refuerza las normas aplicables a la seguridad de los alimentos que circulan en el mercado interior, establece un marco de control y de seguimiento de la producción, de prevención y de gestión del riesgo, y crea, asimismo, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) que constituye la referencia para el control y la evaluación científica de los alimentos; el Artículo 14

establece los criterios para considerar un alimento no seguro (nocivo o no apto para consumo). b) Reglamento CE 852/2004 relativo a la higiene de los productos alimenticios, que establece las prescripciones básicas para todos los niveles de la cadena alimentaria distinguiendo entre producción primaria y el resto de operadores, obliga a éstos a establecer y poner en marcha programas y procedimientos de seguridad alimentaria basados en los principios de análisis de peligros y puntos de control crítico (APPCC) y señala aspectos sobre los que se desarrollan normas específicas (controles oficiales, criterios microbiológicos en alimentos...). Los sistemas APPCC persiguen garantizar la seguridad microbiológica de los alimentos mediante el control de todo el proceso de elaboración. c) El Reglamento CE 1441/2007

que modifica el Reglamento CE 2073/2005 relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios, y que en lo que refiere a frutas y hortalizas troceadas (listas para el consumo) exige ausencia de: *Salmonella* en 25 g durante toda la vida útil del producto.

En España la Federación Española de Asociaciones de Productores Exportadores de Frutas, Hortalizas, Flores y Plantas vivas (FEPEX, 2012), una organización sectorial, de carácter privado, en su Guía de Buenas Prácticas de Producción Frutas y Hortalizas Preparadas adopta y adapta los requisitos de los Reglamentos CE en cuanto a la calidad microbiológica, según la Cuadro 1.

Cuadro 1. Criterios microbiológicos para la supervisión de frutas y hortalizas preparadas.

Guía Buenas Prácticas de Producción Frutas y Hortalizas Preparadas v.3

Requisitos					
7.4 Criterios microbiológicos (2.3)					
Los productos acogidos a la presente Guía deben cumplir las siguientes normas microbiológicas [24]:					
Microorganismos	Plan de toma de muestras		Límites		Fase en la que se aplica el criterio
	n	c	m	M	
<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ² ufc/g	10 ³ ufc/g	Proceso de elaboración
<i>Salmonella</i>	5	0	Ausencia/ 25 g		Productos comercializados durante su vida útil
<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100 ufc/g ⁽¹⁾		Productos comercializados durante su vida útil
	5	0	Ausencia/ 25 g ⁽²⁾		Antes de que el alimento haya dejado el control inmediato del explotador de la empresa alimentaria que lo ha producido

en donde:
n = número de unidades que componen la muestra.
c = número de unidades de la muestra con valores superiores a m o comprendidos entre m y M.
m = valor umbral del nº de bacterias. El resultado se considerará satisfactorio si todas las unidades que componen la muestra tienen un nº de bacterias menor o igual a m.
M = valor límite del nº de bacterias. El resultado se considerará no satisfactorio si una o más unidades de la muestra tienen un nº de bacterias igual o superior a M.

⁽¹⁾ Este criterio se aplica si el fabricante puede demostrar, a satisfacción de la autoridad competente, que el producto no superará el límite de 100 ufc/g durante su vida útil. El explotador podrá fijar límites intermedios durante el proceso que deberían ser lo suficientemente bajos para garantizar que no se supere el límite de 100 ufc/g al final de la vida útil.
⁽²⁾ Este criterio se aplica a los productos antes de que hayan abandonado el control inmediato del explotador de la empresa alimentaria cuando éste no pueda demostrar, a satisfacción de la autoridad competente, que el producto no superará el límite de 100 cfu/g durante su vida útil.

Los límites indicados se refieren a cada muestra analizada. Los resultados de las pruebas demuestran la calidad microbiológica del lote (proceso) analizado.
Listeria monocytogenes en alimentos listos para el consumo que puedan permitir el desarrollo de *L. monocytogenes* antes de que el alimento haya dejado el control inmediato del explotador de la empresa alimentaria que los haya producido, cuando no pueda demostrar que el producto no superará el límite de 100 ufc/g durante su vida útil:
- satisfactorio, si todos los valores observados indican ausencia de la bacteria,
- insatisfactorio, si se detecta la presencia de la bacteria en cualquiera de las muestras.
Salmonella en diferentes categorías de productos alimenticios:
- satisfactorio, si todos los valores observados indican ausencia de la bacteria,
- insatisfactorio, si se detecta la presencia de la bacteria en cualquiera de las muestras.
Escherichia coli en frutas y hortalizas troceadas (listas para el consumo) y en zumos de frutas y hortalizas no pasteurizados (listos para el consumo):
- satisfactorio, si todos los valores observados son ≤ m,
- aceptable, si un máximo de c/n valores se encuentran entre m y M y el resto de los valores observados son ≤ m,
- insatisfactorio, si uno o varios valores observados son > M o más de c/n valores se encuentran entre m y M.

Fuente: Fepex, 2012.

En lo que a los riesgos de contaminación física y química de los productos refiere, la misma Guía de Buenas Prácticas recomienda realizar auditorías regulares del estado de las instalaciones para identificar riesgos potenciales de contaminación, asegurando las acciones que minimicen dichos riesgos. A este respecto se señalan también los siguientes requisitos:

- ✓ Instalaciones apropiadas para el control y el almacenamiento de los productos químicos.
- ✓ Procedimientos escritos para la manipulación de las roturas de cristal o plástico duro en las áreas de materias primas, preparación, procesamiento, envasado y almacenamiento, con el fin de asegurar que se toman las precauciones necesarias.
- ✓ Detectores de metales que se utilicen para el control de todas las unidades de producto terminado, y con unos límites de detección adecuados teniendo en cuenta la naturaleza del producto, la ubicación del detector y todos los demás factores que influyan sobre la sensibilidad del detector. El detector de metales debe incorporar una alarma, un sistema de parada o un dispositivo automático de rechazo para indicar la presencia de metal. Debe estar disponible un procedimiento que especifique las acciones a realizar en caso de detección positiva, incluyendo las de comunicación, aislamiento y re-inspección de las unidades producidas desde el último ensayo de aceptación, así como procedimientos para la operación, observación rutinaria y verificación de los detectores de metales.

ESTÁNDARES INTERNACIONALES PRIVADOS

Durante las dos últimas décadas, junto con la aparición de numerosos estándares y normas públicos, cuyo principal objetivo es el aseguramiento de la calidad y la seguridad de los alimentos, han surgido estándares privados,

que a menudo persiguen también objetivos comerciales, sociales, medioambientales... y que son promovidos por organizaciones empresariales, de consumidores, organismos no gubernamentales, etc. La implantación de estos sistemas supone cumplir con los requisitos de acuerdo a las necesidades de los clientes y consumidores, lo que puede mejorar la comercialización de los productos al ser la única vía para introducir los productos en algunos canales comerciales. Estos estándares están bien representados por cuatro ejemplos:

- ✓ GLOBALGAP, Global Partnership for Good Agricultural Practice (www.globalgap.org), es un organismo privado internacional que establece normas a través de las cuales se pueden certificar productos en todo el mundo. Esta asociación surgió para dar confianza al consumidor sobre cómo se lleva a cabo la producción agrícola y ganadera, minimizando el impacto perjudicial en el medio ambiente, reduciendo el uso de pesticidas y elementos químicos y estableciendo condiciones saludables para los trabajadores.
- ✓ BRC, British Retail Consortium www.brcglobalstandards.com, es la norma exigida por distribuidores y minoristas británicos cuya finalidad es asegurar que sus proveedores cumplen con los requisitos que garantizan la seguridad alimentaria.
- ✓ IFS, International Food Standard, es una norma creada por grandes empresas de distribución alemanas y francesas que regula los sistemas de gestión de la calidad en empresas del sector de la alimentación con el objetivo de lograr la máxima seguridad en los procesos de fabricación y/o manipulación de alimentos.
- ✓ SQF, Safe Quality Food (<http://www.sqfi.com/standards/>) desarrollado en Australia, es internacionalmente aceptado, y persigue el aseguramiento de la calidad y la seguridad a lo largo de toda la cadena, desde la producción hasta el detallista.

Aunque la implantación de estos estándares supone avances en el aseguramiento de la seguridad alimentaria, plantea también inconvenientes. En lo que refiere a los productos de frutas y verduras mínimamente procesados, cabe suponer dificultades en las industrias menos tecnificadas para alcanzar las exigencias de estas certificaciones, lo que unido a los costes de acreditación, puede excluir de los mismos a un porcentaje importante de pequeñas empresas.

NORMAS GENÉRICAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

La norma ISO 9001:2008 establece los requerimientos de un sistema de gestión de la calidad y es el único estándar de la familia ISO 900 que se puede certificar; es aplicable a cualquier tipo de organización. La norma ISO 9001:2008 promueve la adopción de un enfoque basado en procesos, y propone el empleo del ciclo PHVA que comprende las fases de planificar, hacer, verificar y actuar. Todas las actividades de la organización deben recogerse en procedimientos en los que se designan responsabilidades y se describen claramente los procesos. Pero, aunque persigue la detección de productos defectuosos, es claramente insuficiente para garantizar un alimento seguro al mercado. Por ello, y manteniendo la filosofía de las normas ISO de gestión, en 2005 aparece la ISO 22000, específicamente desarrollada para la implementación de sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos en cualquier organización de la cadena alimentaria. La norma integra los principios del sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control y las etapas de aplicación desarrollados por la Comisión del Codex Alimentarius. Por medio de requisitos auditables, combina el plan de APPCC con programas de buenas prácticas. La ISO 22000 combina los procedimientos de gestión de ISO 9000, la comunicación interactiva

a lo largo de la cadena, el mantenimiento de unas instalaciones apropiadas, el manejo de un APPCC y un programa de buenas prácticas, para dar satisfacción tanto a los clientes/consumidores como a las autoridades competentes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Red Hortyfresco (www.hortyfresco.cl) por el apoyo técnico brindado a esta publicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Comisión Codex Alimentarius, CAC/RCP 1-1969, Rev. 4-2003. Recommended International Code of Practice-General Principles of Food Hygiene Including Annex on Hazards Analysis and Critical Control Point System and Guidelines for its Application <http://www.fao.org/docrep/w6419e/w6419e03.htm> (consultada febrero 2015).

Comisión Codex Alimentarius, CAC/RCP 53-2003 Code of Hygienic Practice for Fresh Fruits and Vegetables, Annex I, Annex for Ready-to-Eat Fresh Pre-cut Fruits and Vegetables ftp://ftp.fao.org/codex/publications/Booklets/FreshFruitsVeg/FFV_2007_EN.pdf (consultada febrero 2015).

Comunidad Europea, Reglamento nº178/2002 de 28 de enero de 2002 por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:031:0001:0024:ES:PDF> (consultada febrero 2015).

Comunidad Europea, Reglamento (CE) N° 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 relativo a la higiene de los productos alimenticios <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:139:0001:0054:es:PDF> (consultada febrero 2015).

Comunidad Europea, Reglamento (CE) n° 1441/2007 de la Comisión, de 5 de diciembre de 2007, que modifica el Reglamento (CE) n° 2073/2005 relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios. <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2007-82244> (consultada febrero 2015).

Federación Española de Asociaciones de Productores Exportadores de Frutas y Hortalizas, Flores y Plantas Vivas. 2012. Guía de Buenas Prácticas de Producción de Frutas y Hortalizas Preparadas. www.fepex.es (consultada febrero 2015).

Escalona, V.H. y Luchsinger, L. (2008). Frutas y hortalizas mínimamente procesadas en fresco. *Revista Aconex* 99 (julio- septiembre): 23-28.

Francis, G.A., Gallone, A., Nvchas, G.J., Sofos, J.N., Colelli, G., Amodio, M.L., Spano, G. (2012). Factors affecting quality and safety of fresh-cut produce. *Crit. Rev. Sci. Nutr.* 52(7), 595-610.

Martín-Belloso, O. & Soliva-Fortuny, R. (2011). *Advances in Fresh-Cut Fruits and Vegetables Processing*. Food Preservation Technology Series. CRC Press. Taylor and Francis Group.

US Food and Drug Administration (2001). Analysis and Evaluation of Preventive Control Measures for the Control and Reduction/Elimination of Microbial Hazards on Fresh and Fresh-Cut produce. <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/SafePracticesforFoodProcesses/ucm090977.htm> (consultada febrero 2015).

US Food and Drug Administration (2008). Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards of Fresh-cut Fruits and Vegetables.

SENSIBILIDAD DE GENOTIPOS DE LUPINO AL LIXIVIADO DE RASTROJOS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)

Sensibility of lupin genotypes to lixiviates of wheat (*Triticum aestivum* L.) straw

Silva, P., Becerra, M. y Acevedo, E.

Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile.
Casilla 1004. Santiago. Chile. E-mail: psilva@uchile.cl

RESUMEN

La descomposición de rastrojos de cultivos en el campo libera metabolitos secundarios que tienen efectos alelopáticos sobre otras plantas; así, la presencia de rastrojos de trigo sobre el suelo provoca problemas de establecimiento en el cultivo de lupino. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la variabilidad intra e interespecífica de dos especies cultivadas del género *Lupinus* al extracto de rastrojo de trigo, durante la germinación y crecimiento inicial de la plántula. Para ello se embebió semilla de siete genotipos de *L. albus* y nueve genotipos de *L. angustifolius* con concentraciones de 0, 23, 47 y 70 g de rastrojo de trigo L⁻¹. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. A los diez días de embebida la semilla se evaluó la capacidad germinativa, la velocidad máxima de germinación (VM), la longitud de radícula (LR), longitud de hipocotilo (LH), peso fresco de radícula, peso fresco de hipocotilo, la relación LR/LH y la longitud de plántula. Hubo diferencia interespecífica en la respuesta a los extractos de rastrojo de trigo entre *L. albus* y *L. angustifolius*, observándose una mayor sensibilidad en *L. angustifolius*. Se encontraron diferencias intraespecíficas al extracto de rastrojo de trigo en ambas especies. Sólo en *L. angustifolius* se observó interacción entre genotipo y concentración de extracto de rastrojo. Se identificó tres criterios de selección; velocidad máxima de germinación, capacidad germinativa y longitud de hipocotilo.

Palabras clave: *L. angustifolius*, *L. albus*, velocidad máxima de germinación, longitud de hipocotilo, alelopatía

ABSTRACT

The decomposition of crop residues in the field releases secondary metabolites that have allelopathic effects on other plants; thus, the presence of wheat stubble on the ground causes problems in the establishment of the lupine crop. The aim of this study was to characterize the intra- and interspecific variability of two cultivated species of the genus *Lupinus* to the extract of wheat stubble, during germination and early seedling growth. For this, seed of seven genotypes of *L. albus* and of nine *L. angustifolius* were soaked in concentrations of 0, 23, 47 and 70 g of wheat stubble L⁻¹. The experimental design was randomized complete block with four replications. After ten days of seed imbibition the seed germination capacity, the maximum germination (VM), radicle length (LR), hypocotyl length (LH), fresh weight of radicle, fresh weight of hypocotyl, the ratio was evaluated LR/LH and the length of seedling were evaluated. There were interspecific differences in response to the wheat stubble extracts between *L. albus* and *L. angustifolius*, the latter showing a greater sensitivity. Intraspecific differences to the wheat stubble extract in both

species was found. An interaction between genotype and stubble extract concentration was observed in *L. angustifolius* only. Three selection criteria were identified; maximum germination, germination capacity and hypocotyl length.

Keywords: *L. angustifolius*, *L. albus*, maximum germination, hypocotyls length, allelopathy

INTRODUCCIÓN

El lupino se siembra en Chile en el valle central y precordillera entre los paralelos 38° y 40° Sur en rotación después de trigo (Silva *et al.*, 2005). En esta zona, de clima mediterráneo, se ha observado un efecto inhibitorio en el establecimiento y rendimiento cuando se siembra en otoño en cero labranza (CL) después de trigo (Vidal y Troncoso, 2003). En CL, con rastrojos sobre el suelo, los cultivos germinan próximos al residuo en descomposición del que se lixivian compuestos químicos fitotóxicos (Guenzi *et al.*, 1967), reduciendo la tasa de emergencia (Roth *et al.*, 2000) y el establecimiento de plantas (Lovett y Jessop, 1982; Purvis, 1990; Purvis y Jones, 1990). En Australia, los rastrojos de trigo reducen el rendimiento de otros cultivos (Purvis 1990; Bruce *et al.*, 2005) y en Chile disminuyen el rendimiento de raps y lupino (Acevedo y Silva, 2003).

La inhibición del crecimiento se ha descrito como alelopatía, es decir, una planta desprende al ambiente uno o varios compuestos químicos que inhiben el crecimiento de otra planta en el mismo hábitat (Molisch, 1937). El efecto de estos compuestos es más pronunciado sobre el crecimiento de la radícula que sobre la germinación (Dias, 1991, Hedge y Miller, 1990) o el crecimiento de brotes, lo que resulta en una reducción de la relación raíz: brote (Kimber, 1973, Lovett y Jessop, 1982).

Una posible solución al efecto dañino de los compuestos alelopáticos de los rastrojos es la selección o desarrollo de cultivares tolerantes. Herrin *et al.* (1986) encontraron cultivares de soya que tenían mayor o menor reducción de biomasa ante la presencia de rastrojos de trigo, señalando la posibilidad de seleccionar cultivares de soya más adaptados para sembrar después de trigo. También se ha observado diferencias varietales en germinación y elongación de la radícula en cultivares de raps ante la presencia de lixiviados de rastrojos de trigo (Bruce *et al.*, 2005). Sin embargo, la información sobre sensibilidad de especies y variedades de *Lupinus* a los rastrojos de trigo es muy escasa.

El objetivo de este trabajo fue caracterizar la variabilidad intra e interespecífica de dos especies cultivadas del género *Lupinus* al extracto de rastrojo de trigo, durante la germinación y crecimiento inicial de la plántula.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se hizo germinar dieciséis genotipos de lupino, siete de *Lupinus albus* L. y nueve de *Lupinus angustifolius* L. provenientes de la Empresa Semillas Baer (Cuadro 1), en extractos acuosos de rastrojo de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) cv. Canelo-INIA colectado en la Estación Experimental Antumapu de la Universidad de Chile en enero de 2004 y con un alto efecto alelopático (Silva, 2007).

Extracto

El rastrojo se cortó en trozos de 3 cm de largo y se prepararon suspensiones de 23, 47 y 70 g de rastrojo L⁻¹ de agua destilada y esterilizada. El rastrojo se agitó 2 horas a temperatura ambiente (18 – 20 °C) y los lixiviados fueron decantados y centrifugados para remover material particulado y pasaron a través de filtro (Miliporo 0,2 µm) para remover microorganismos. Se almacenaron

a 4 °C para mantener sus propiedades químicas hasta su uso (Bruce *et al.*, 2005).

Bioensayo

Se esterilizaron semillas de lupino, sumergiéndolas 3 min en etanol 95%, enjuagándolas con agua destilada y esterilizada, luego sumergiéndolas 5 min en agua oxigenada al 10% enjuagándolas tres veces en agua destilada y esterilizada. Se puso a germinar 25 semillas de cada genotipo de lupino en placas Petri sobre papel filtro Whatman N°1 usando una cámara de flujo laminar para evitar posibles contaminaciones. Las semillas se trataron con las tres concentraciones de extracto acuoso de rastrojo de trigo, el control fue en papel filtro embebido en agua destilada y esterilizada. Las placas se dejaron 10 días en una cámara de crecimiento en oscuridad a 20 °C.

Las semillas se consideraron germinadas cuando la radícula alcanzó 2 mm de largo. El conteo de semillas germinadas se realizó cada 24 horas y se calculó la capacidad germinativa (CG) como el porcentaje de germinación al final del ensayo (10 días). Se calculó la velocidad máxima de germinación (VM) como el valor máximo del cociente entre el porcentaje de germinación acumulado y los días desde el inicio del ensayo (Figura 1). Después de 10 días de iniciado el experimento, se cortó la radícula y el hipocotilo y se midió la longitud de radícula (LR), longitud de hipocotilo (LH), peso fresco de radícula (PR) y peso fresco de hipocotilo (PH). Se calculó la relación LR/LH y la longitud de plántula (LP), sumando LR y LH. El diseño experimental fue de bloques en arreglo factorial con cuatro repeticiones. La unidad experimental para el ensayo fue una placa Petri.

Análisis estadístico

El efecto de la concentración de extracto de rastrojo sobre la germinación se determinó por las medias de VM y CG, mientras que el crecimiento inicial se determinó por las medias

de LR, LH, PR, PH y LR/LH. Los datos no tuvieron varianzas homogéneas ni se distribuyeron normalmente por lo que se analizaron con un análisis de varianza no paramétrico (Kruskal y Wallis, 1952). Para clasificar grupos discretos de genotipos se usó la distancia Euclidiana. La interacción genotipo x concentración de extracto de rastrojo se estudió a través de análisis de componentes principales (Annicchiarico, 2002). Los análisis se realizaron con el programa InfoGen versión 2011 (Balzarini y Di Rienzo, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación de las especies de lupino

Las semillas *L. albus* fueron dos veces y media más grandes que *L. angustifolius* (Cuadro 1), la CG fue similar en ambas especies de lupino, pero el VM fue menor en *L. albus*, dejando en evidencia la lenta germinación de esta especie. Después de 10 días de imbibición de la semilla en agua destilada sin extracto, *L. albus* tuvo una LR mayor y una menor LH que *L. angustifolius*, mientras que la relación LR/LH fue mayor en *L. albus* (Cuadro 2). El dendograma (Figura 2) separó los genotipos en tres grandes grupos: *L. albus*, *L. angustifolius* y un tercer grupo con el genotipo 7 de *L. albus*.

Las especies de *Lupinus* estudiadas en este trabajo poseen características diferentes en germinación y crecimiento inicial. La mayor VM de *L. angustifolius* probablemente este asociado a su menor tamaño de semilla. Semillas pequeñas generalmente germinan más rápido que semillas grandes, debido a su mayor tasa de imbibición relativa (Wilson y Thurling, 1996).

Diferencia de respuesta al extracto de rastrojo de trigo entre especies de lupino

Los variables de germinación y crecimiento inicial de *L. albus* y *L. angustifolius* a distintas concentraciones de extracto de rastrojo se

observan en el Cuadro 2. Hubo diferente respuesta de las especies de *Lupinus* a las concentraciones del extracto de rastrojo de trigo en VM y LR. Con la mayor concentración del extracto, la VM en *L. angustifolius* se redujo 27 a 20% de germinación por día, mientras que en *L. albus* la mayor concentración de extracto de rastrojo de trigo no cambió la VM (Figura 3). El extracto de rastrojo de trigo retrasó la velocidad de germinación en *L. angustifolius*, lo que coincide con lo observado en otras especies (Días, 1991; Chung *et al.*, 2003). El efecto de la reducción en la velocidad de germinación tiene un impacto mayor en el campo donde un retardo en la germinación aumenta los riesgos de un ataque de patógenos. La menor sensibilidad en VM encontrada en *L. albus* embebida con extracto de rastrojo de trigo coincide con la mayor tolerancia encontrada en campo, que permitió un mayor establecimiento de plantas de *L. albus* que de *L. angustifolius* cuando hubo residuos de trigo en el suelo (Silva, 2007).

El LR fue mayor en *L. albus* que en *L. angustifolius* y la mayor concentración del extracto de rastrojo de trigo provocó una mayor elongación de radícula en *L. angustifolius* (5,3 a 6,7 cm), mientras que *L. albus*, no mostró diferencias estadísticamente significativas en la longitud de radícula con las concentraciones de extracto (Figura 4). Este mayor LR de *L. angustifolius* es un resultado contrastante con la literatura, sin embargo la mayoría de las experiencias revisadas se han hecho en gramíneas, las que reducen su LR cuando son embebidas con extractos (Lovett y Jessop, 1982; Hedge y Miller, 1990; Wu *et al.*, 2000), en cambio Días (1991) señaló un aumento en LR cuando la leguminosa, trébol subterráneo, fue embebida con extracto de rastrojo de avena o trigo. En otros experimentos donde se sometió el lupino a un bajo potencial mátrico, se observó un aumento en su longitud de radícula (Dracup *et al.*, 1993). En maíz la respuesta fue similar y

parece estar mediada por elevados niveles de ácido abscísico, que inhibe el crecimiento del brote, pero no reduce el crecimiento de la raíz (Saab *et al.*, 1990; Saab *et al.*, 1992).

En ambas especies las variables CG y LR/LH se afectaron por el extracto de rastrojo de manera similar. Los extractos de rastrojo generaron un aumento en la relación LR/LH con 47 g L⁻¹ de rastrojo de trigo respecto al control. *L. albus* tuvo una mayor relación LR/LH que *L. angustifolius*. La radícula de *L. albus* fue tres veces más larga que su hipocotilo, mientras que en *L. angustifolius* la LR fue sólo levemente mayor que el hipocotilo.

La CG fue similar entre especies (valor medio 90,4%) y hubo una disminución de CG en ambas especies con la más alta concentración de extracto de rastrojo (70 g L⁻¹).

En LH, PR y PH solo hubo diferencias atribuibles a especie. *L. albus* tuvo menor LH y PH que *L. angustifolius* y un mayor PR que *L. angustifolius*.

Variación intraespecífica

En el cuadro 3 se muestra las respuestas de VM, CG y LH en los 16 genotipos de *Lupinus* germinados en agua destilada y con 70 g L⁻¹ de extracto. Los genotipos de *L. albus* tuvieron una disminución en VM de 0 a 10%, excepto el genotipo 7 con 17%, mientras que en los genotipos de *L. angustifolius* la disminución fue 7 a 35%. La respuesta de la CG al extracto de rastrojo fue similar en los genotipos de ambas especies, de -10 a 3% con respecto al control, excepto el genotipo 7 de *L. albus* con 19%. El LH, sin embargo, cambió entre -11 y 11% en los genotipos de *L. albus*, y -15 a 29% en los genotipos de *L. angustifolius*.

No hubo interacción de los genotipos de *L. albus* con la concentración de extracto en VM (Figura 5A), por lo que genotipos con alto VM en agua

destilada tuvieron alto VM con extracto de rastrojo. En cambio, los genotipos de *L. angustifolius* tuvieron interacción con la concentración de extracto (Figura 5B), observándose distintas tasas de descenso de VM de acuerdo a genotipo.

En el control con agua destilada la mayor VM se asoció positivamente a CG y LH, tanto en *L. albus* (Figura 6A) como en *L. angustifolius* (Figura 6B), por lo que estas variables también se usaron como criterio de selección

En la Figura 7A se muestra un biplot con los genotipos de *L. albus*, a la mayor concentración de extracto de rastrojo (70 g L⁻¹). Se observa una asociación positiva entre VM y CG, destacando el genotipo 4 como tolerante al extracto de rastrojo. En la Figura 7B se muestra un biplot con los genotipos de *L. angustifolius* a la mayor concentración de extracto de rastrojo (70 g L⁻¹) donde LH tuvo una asociación negativa con VM y CG (Figura 7B). Por tanto, genotipos tolerantes al extracto de rastrojo de trigo en *L. angustifolius* debe tener mayor VM y CG y sin cambio en LH, en este sentido destacan los genotipos 9, 10 y 14.

La VM disminuyó en casi todos los genotipos de *L. angustifolius*, a una tasa diferente entre ellos, la que estuvo asociada a una menor CG, lo que coincide con lo señalado por Días (1991), Ahn y Chung (2000) y Chung *et al.*, (2003) para otra especie. Ambas variables influyen en el vigor de la plántula pudiendo afectar el establecimiento del cultivo en el campo. En lupino LH es una característica importante debido a su emergencia epigea, por lo que una menor elongación de hipocotilo puede provocar problemas de establecimiento. Por lo tanto, VM, CG y LH, pueden constituir criterios adecuados de selección para buscar genotipos tolerantes a los extractos de rastrojo de trigo.

La interacción entre los genotipos de *L. angustifolius* y la concentración de extracto de rastrojo evidenció un efecto del extracto de

rastrojo de trigo que cambia con el genotipo de *L. angustifolius*, por lo tanto la selección de genotipos tolerantes debe ser hecha en presencia de extractos.

CONCLUSIONES

Las especies de *Lupinus* estudiadas tienen diferente sensibilidad al extracto de rastrojo de trigo, siendo *L. albus* más tolerante que *L. angustifolius*. Dentro de cada especie la velocidad máxima de germinación, la capacidad germinativa y la longitud de hipocotilo aparecen como potenciales criterios de selección para una mayor tolerancia a extractos de rastrojo de trigo. Las diferencias intraespecíficas en *L. albus* se mantienen a diferentes concentraciones de extracto de rastrojo, mientras que las diferencias entre los genotipos de *L. angustifolius* dependen de la concentración de extracto de rastrojo.

LITERATURA CITADA

- Acevedo, E. y Silva, P. 2003. Agronomía de la Cero Labranza. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Serie Ciencias Agronómicas N° 10. 118pp.
- Ahn, J.K. & Chung, I.M. 2000. Allelopathic potential of rice hulls on germination and seedling growth of banyardgrass. *Agronomy Journal* 92:1162-1167.
- Annicchiarico, P. 2002. Genotype x Environment, challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. Ed FAO, Roma, Italia, 115pp.
- Balzarini, M. y Di Rienzo, J. 2011. InfoGen versión. FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. URL: <http://www.info-gen.com.ar>

-
- Bruce, S.; Kirkegaard, J.A.; Pratley, J. & Howe, G. 2005. Impacts of retained wheat stubble on canola in southern NSW. *Australian Journal Agricultural Research* 45: 1-12.
- Chung, I.M.; Kim, K.H.; Ahn, J.K.; Lee, S.B.; Kim, S.H. & Hahn, S.J. 2003. Comparison of allelopathic potential of rice leaves, straw, and hull extracts on barnyard grass. *Agronomy Journal* 95:1063-1070.
- Dias, L.S. 1991. Allelopathic activity of decomposing straw of wheat and oat associated soil on some crop species. *Soil & Tillage Research* 21:113-120.
- Dracup, M.; Davies, C. & Tapscott, H. 1993. Temperature and water requirements for germination and emergence of lupin. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 33:759-766.
- Guenzi, W.D.; Mccalla, T.M. & Norstadt, F.A. 1967. Presence and persistence of phytotoxic substances in wheat, oat, corn, and sorghum residues. *Agronomy Journal* 59:163-165.
- Hedge, R.S. & Miller, D.A. 1990. Allelopathy and autotoxicity in alfalfa: Characterization and effects of preceding crops are residue incorporation. *Crop Science* 30:1255-1259.
- Herrin, L.L.; Collins, F.C. & Caviness, C.E. 1986. Techniques for identifying tolerance of soybean to phytotoxic substances in wheat straw. *Crop Science* 26:641-643.
- Kimber, R.W. 1973. Phytotoxicity from plant residues.II. The effect of time of rotting of straw from grasses and legumes on the growth of wheat seedlings. *Plant Soil* 38:347-361.
- Kruskal, W.H. & Wallis, A.W. 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association* 47(260):583-621.
- Lovett, J.V. & Jessop, R.S. 1982. Effects of residues of crop plants on germination and early growth of wheat. *Australian Journal Agricultural Research* 33:909-1016.
- Molisch, H. 1937. *Der Einfluss einer Pflanze auf die andere-Allelopathie*. Fischer, Jena, Germany.
- Purvis, C.E. 1990. Differential responses of wheat to retained crop stubbles: I. Effect of stubble type and degree of decomposition. *Australian Journal Agricultural Research* 41:225-242.
- Purvis, C.E. & Jones, G.P.D. 1990. Differential response of wheat to retained crop stubbles. II. Other factors influencing allelopathic potential; intraspecific variation, soil type and stubble quantity. *Australian Journal Agricultural Research* 41:243-251.
- Roth, C. M.; Shroyer, J.P. & Paulsen, G.M. 2000. Allelopathy of sorghum on wheat under several tillage systems. *Agronomy Journal* 92:855-860.
- Saab, I.N.; Sharp, R.E.; Pritchard, J. & Voetberg, G.S. 1990. Increased endogenous abscisic acid maintains primary root growth and inhibits shoot growth of maize seedlings at low water potentials. *Plant Physiology* 93:1329-1336.
- Saab, I.N.; Sharp, R.E. & Pritchard, J. 1992. Effect of inhibition of abscisic acid accumulation on the spatial distribution of elongation in the primary root and mesocotyl of maize at low water potentials. *Plant Physiology* 99:26-33.

Silva, P. 2007. Cero labranza: Alelopatía del rastrojo de trigo sobre lupino. Tesis de Doctorado Tesis para optar al grado académico de Doctor en Ciencias Silvoagropecuarias y Veterinarias. Campus Sur, Universidad de Chile. 101 p.

Silva, P.; Acevedo, E. y Rouanet, J.L. 2005. Zonas agroecológicas de producción agrícola. 5-10. In: Rotaciones de Cultivos y sus Beneficios para la Agricultura del Sur. Rouanet, J.L. (Ed.). Fundación Chile. Santiago, Chile.

Vidal, I. y Troncoso, H. 2003. Manejo de rastrojos en cultivos bajo cero labranza. 57-82. In: Sustentabilidad en Cultivos Anuales: Cero

Labranza, Manejo de Rastrojos. Acevedo, E. (ed.). Santiago, Universidad de Chile. Fac. de Cs. Agronómicas, serie Ciencias Agronómicas N°8.

Wilson, C.E. & Thurling, N. 1996. Effect of sowing depth and water potential on seedling emergence of *Lupinus* species. Australian Journal of Experimental Agriculture 36:463-471.

Wu, H.; Pratley, J.; Lemerle, D. & Haig, T. 2000. Laboratory screening for allelopathic potential of wheat (*Triticum aestivum*) accessions against annual ryegrass (*Lolium rigidum*). Australian Journal Agricultural Research 51:259-266.

ANEXOS

Cuadro 1. Genotipos de lupino usados en el experimento.

Table 1. Lupin genotypes used in the experiment.

Genotipo	Nombre	Especie	Peso de 100 semillas (g)
1	61	<i>L. albus</i>	42
2	62	<i>L. albus</i>	35
3	64	<i>L. albus</i>	30
4	65	<i>L. albus</i>	32
5	Typ-Top	<i>L. albus</i>	43
6	Rumbo	<i>L. albus</i>	40
7	Gigante	<i>L. albus</i>	67
8	71	<i>L. angustifolius</i>	16
9	72	<i>L. angustifolius</i>	15
10	73	<i>L. angustifolius</i>	15
11	74	<i>L. angustifolius</i>	16
12	75	<i>L. angustifolius</i>	16
13	76	<i>L. angustifolius</i>	16
14	77	<i>L. angustifolius</i>	15
15	Gungurru	<i>L. angustifolius</i>	14
16	Danja	<i>L. angustifolius</i>	14
	Media	<i>L. albus</i>	41,3
	Media	<i>L. angustifolius</i>	15,2

Cuadro 2. Germinación y crecimiento inicial de *L. albus* y *L. angustifolius* expuestos a distintas concentraciones de extracto de rastrojo.

Table 2. Germination and initial growth of *L. albus* and *L. angustifolius* soaked in various concentrations of wheat residue extract.

Especie	Extracto (g L ⁻¹)	VM (% día ⁻¹)	CG (%)	LR (cm)	LH (cm)	PR (g)	PH (g)	LR/LH
<i>L. albus</i>	0	18,53	93,3	6,7	2,4	0,18	0,23	2,78
	23	17,60	90,7	7,8	2,3	0,18	0,23	3,51
	47	17,88	90,3	8,2	2,3	0,19	0,24	3,58
	70	17,37	89,5	7,7	2,3	0,17	0,22	3,25
	Media		17,85	91,0	7,6	2,3	0,18	0,23
EE		0,25	0,82	0,32	0,03	0,01	0,01	0,18
<i>L. angustifolius</i>	0	27,11	90,3	5,3	4,5	0,11	0,27	1,22
	23	25,89	92,4	5,1	4,4	0,11	0,26	1,23
	47	22,87	91,1	6,7	4,3	0,13	0,27	1,72
	70	20,51	86,3	6,2	4,3	0,12	0,25	1,48
	Media		24,10	90,0	5,8	4,4	0,12	0,26
EE		1,49	1,31	0,38	0,05	0,01	0,01	0,12

VM: velocidad máxima de germinación; CG: capacidad germinativa; LR: longitud de radícula; LH: longitud de hipocotilo; PR: peso fresco de radícula; PH: peso fresco de hipocotilo; LP: longitud de plántula; EE: Error estándar.

Cuadro 3. Respuesta en velocidad máxima de germinación (VM), capacidad germinativa (CG) y longitud de hipototilo (LH) para siete genotipos de *L. albus* y nueve de *L. angustifolius* en el control y extracto de 70 g L⁻¹.

Table 3. Response in maximum germination value (VM), germination capacity (CG) and hipocotyle length (LH) in seven *L. albus* and nine *L. angustifolius* genotypes to a concentration of 70 gL⁻¹ of wheat stubble extract and to a distilled water control.

Especie	Control			70 g L ⁻¹		
	VM (% día ⁻¹)	CG (%)	LH (cm)	VM (% día ⁻¹)	CG (%)	LH (cm)
<i>L. albus</i>						
1	18,8	99	2,2	17,7	97	2,1
2	22,4	100	2,5	22,5	99	2,8
3	20,3	98	2,9	18,3	88	3,1
4	22,0	95	2,7	21,1	97	2,4
5	17,6	93	2,6	17,1	96	2,4
6	17,8	86	2,2	15,9	83	2,2
7	11,0	82	1,7	9,1	66	1,5
Media	18,6	93	2,4	17,4	89	2,4
EE	1,45	2,6	0,15	1,63	4,48	0,19
<i>L. angustifolius</i>						
8	27,0	92	4,4	19,0	84	4,2
9	28,0	95	4,4	20,8	89	3,9
10	31,3	98	4,7	23,8	93	4,2
11	26,5	92	4,8	19,5	91	4,1
12	26,8	94	4,7	18,8	85	4,2
13	26,8	94	4,3	22,9	97	3,6
14	34,8	98	5,1	22,6	89	4,6
15	21,2	79	3,6	19,7	81	4,1
16	21,9	71	4,1	17,8	68	5,3
Media	27,1	90	4,5	20,5	86	4,2
EE	1,4	3,06	0,15	0,7	2,80	0,16

VM: velocidad máxima de germinación; CG: capacidad germinativa; LR: longitud de radícula; LH: longitud de hipocotilo; PR: peso fresco de radícula; PH: peso fresco de hipocotilo; LP: longitud de plántula; EE: Error estándar.

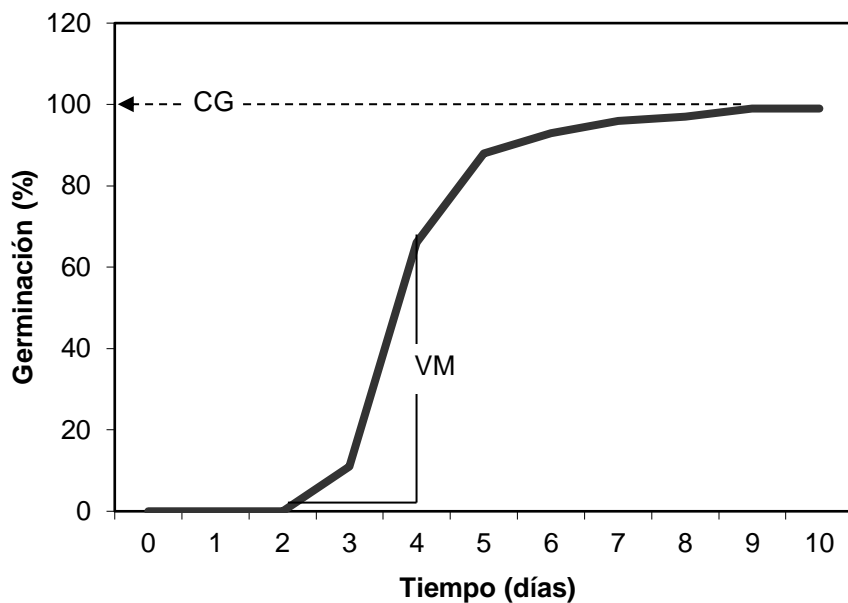


Figura 1. Curva de germinación versus tiempo. CG: capacidad germinativa; VM: velocidad máxima de germinación.
Figure 2. Germination versus time curve. CG: germination capacity; VM: maximum germination velocity.

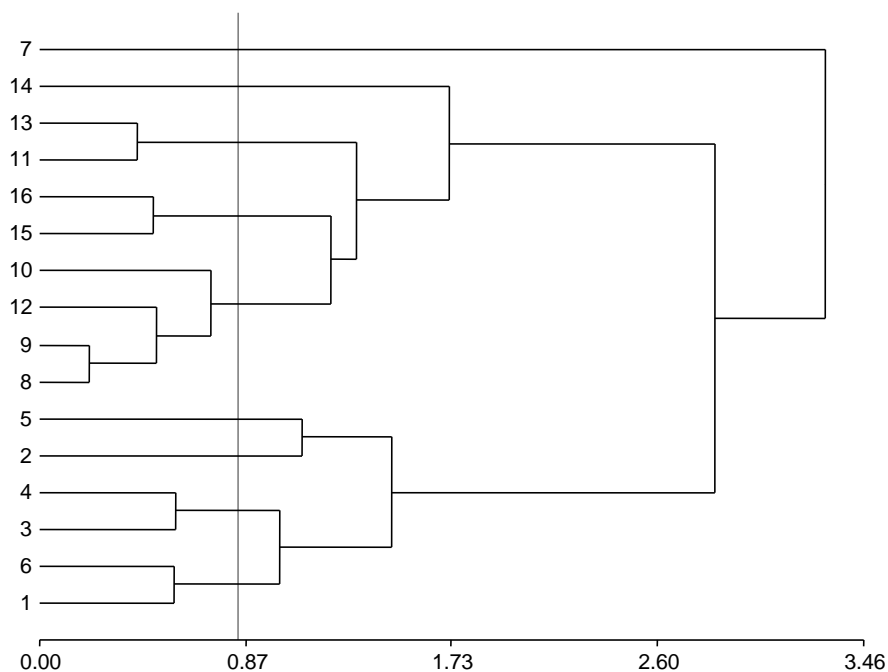


Figura 2. Dendrograma de clasificación de 16 genotipos de *Lupinus* según las variables de germinación y crecimiento inicial en agua destilada. Correlación cofenética = 0,83.
Figure 2. Dendrogram showing the classification of the 16 lupin genotypes according to the germination variables and initial growth in distilled water. Cofenetic correlation=0.83

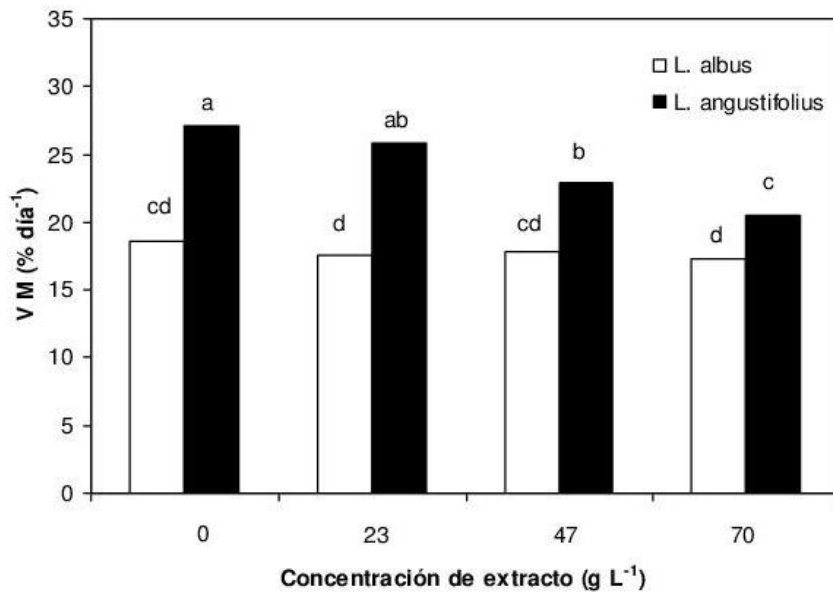


Figura 3. Velocidad máxima de germinación (VM) de *L. albus* y *L. angustifolius* a distintas concentraciones del extracto de rastrojo.

Figure 3. Maximum germination velocity (VM) of *L. albus* and *L. angustifolius* in various wheat stubble extract concentrations.

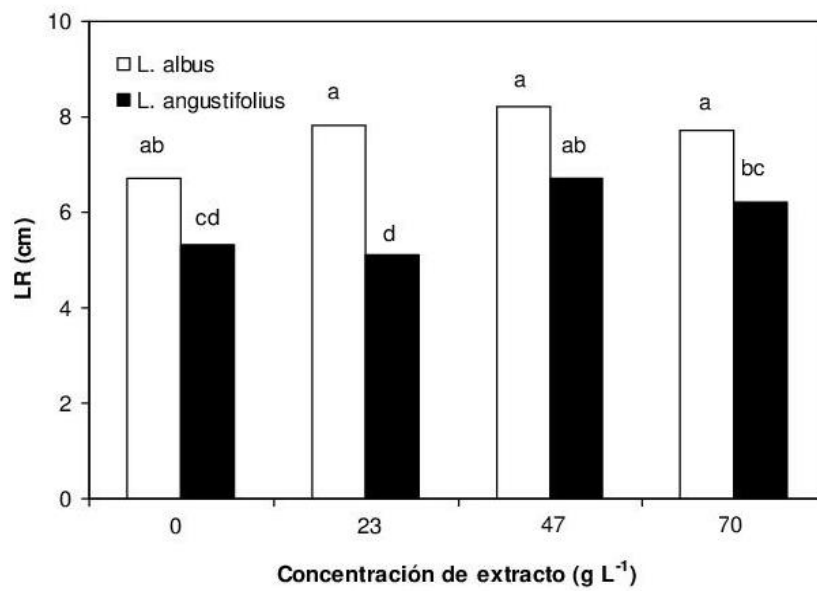


Figura 4. Longitud de radícula (LR) de *L. albus* y *L. angustifolius* a distintas concentraciones del extracto de rastrojo.
Figure 4. Radicle length (LR) of *L. albus* and *L. angustifolius* at various wheat stubble extract concentrations.

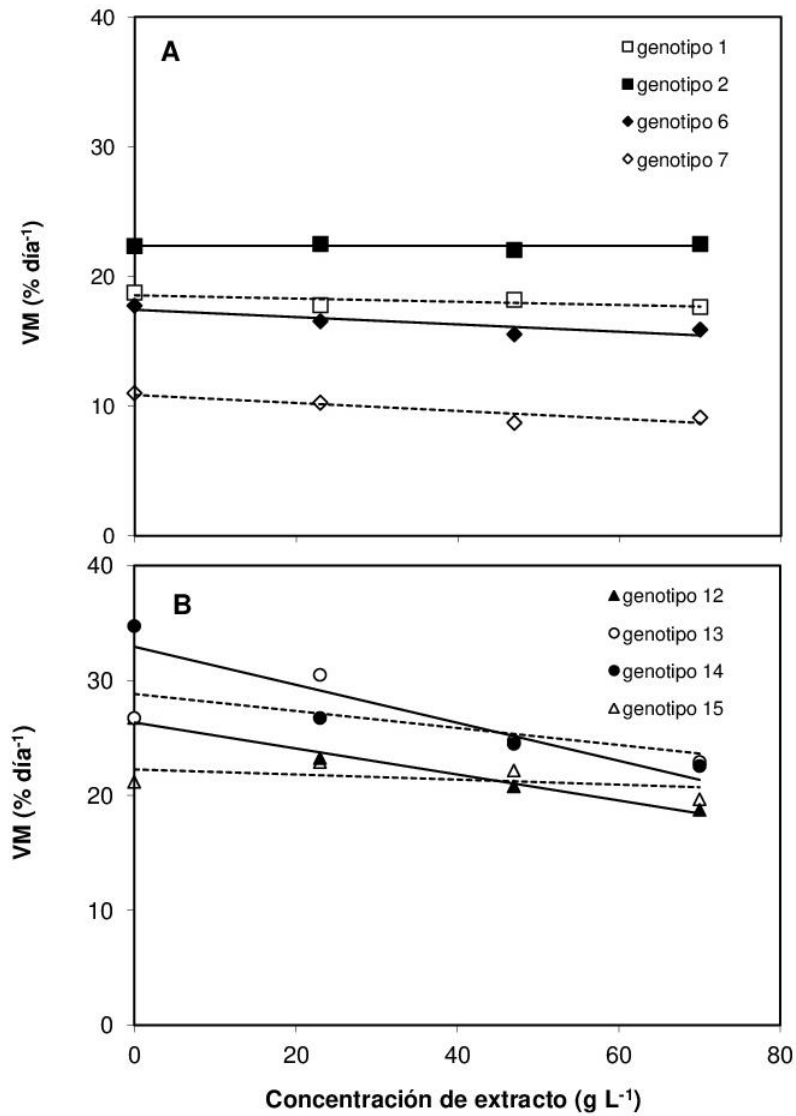


Figura 5. Velocidad máxima de germinación (VM) de genotipos de *Lupinus albus* (A) y genotipos de *Lupinus angustifolius* (B) en distintas concentraciones de extracto de rastrojo de trigo.

Figure 5. Maximum germination velocity (VM) of *Lupinus albus* genotypes (A) and *Lupinus angustifolius* genotypes (B) in various wheat extract concentrations.

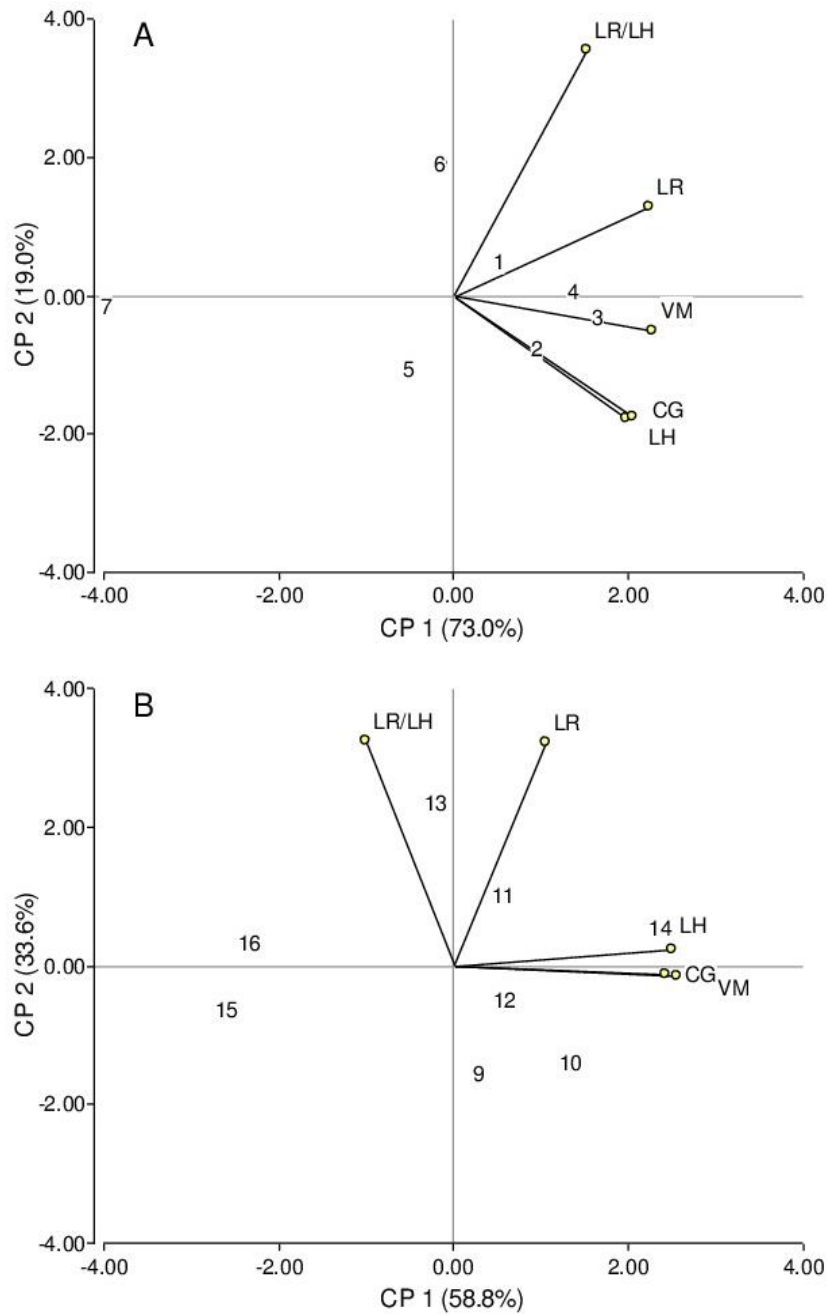


Figura 6. Biplot componente principal para siete genotipos de *L. albus* en agua destilada (A) y nueve genotipos de *L. angustifolius* en agua destilada (B). Los genotipos son números y las variables de germinación y crecimiento son vectores.
Figure 6. Principal component analysis for seven *L. albus* (A) and *L. angustifolius* (B) genotypes germinated in distilled water. The numbers correspond to genotypes and the vectors to the germination and growth variables.

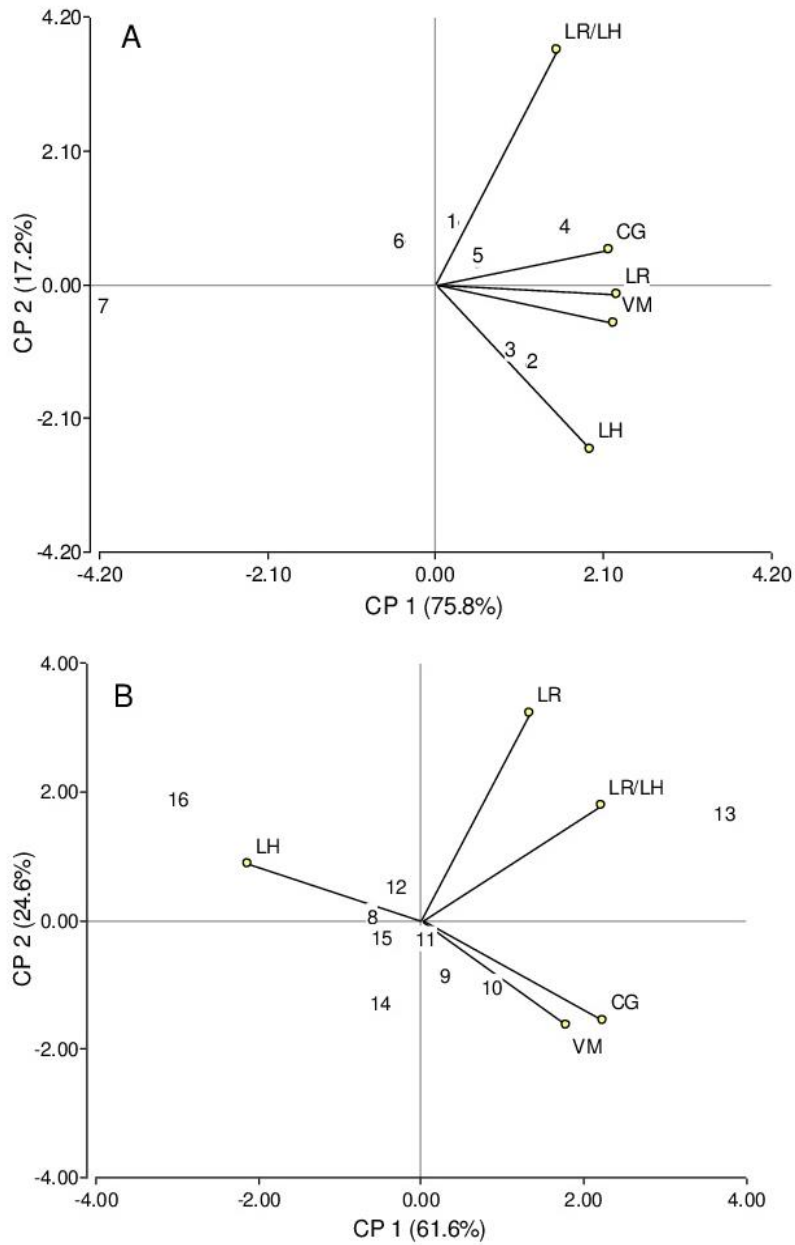


Figura 7. Biplot de componente principal para siete genotipos de *L. albus* en 70 g L⁻¹ de extracto de rastrojo (A) y nueve genotipos de *L. angustifolius* en 70 g L⁻¹ de extracto de rastrojo (B). Los genotipos son números y las variables de germinación y crecimiento son vectores.

Figure 7. Principal component analysis for seven *L. albus* genotypes grown in 70 g L⁻¹ wheat stubble extract (A) and nine *L. angustifolius* genotypes grown in 70 g L⁻¹ wheat stubble extract (B). The numbers correspond to genotypes and the vectors to the germination and growth variables.

USO DE LA RADIACIÓN GAMMA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE HORTALIZAS DE IV GAMMA

Ana L. Noboa^{1}, Evelyn J. Granja², Silvia Valencia Chamorro¹ y Catalina Vasco¹*

¹Departamento de Ciencias Nucleares, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador

²Departamento de Ciencias de Alimentos y Biotecnología, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador
silvia.valencia@epn.edu.ec

INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente demanda de frutas y hortalizas por parte de los consumidores, quienes actualmente son más exigentes y requieren de productos más elaborados, surgen los alimentos mínimamente procesados para brindar al consumidor productos frescos y nutritivos (Vargas *et al.*, 2010). Los alimentos mínimamente procesados o de IV gamma, son productos inocuos, listos para consumir, y conservan la calidad sensorial y nutricional (Aguayo *et al.*, 2009). Varios métodos físicos y químicos han sido aplicados para la conservación de los alimentos de IV gama. Entre de los métodos físicos se encuentran la refrigeración, tratamientos térmicos, la irradiación y el empacado en atmósferas modificadas, entre otros. El empacado de productos de IV gama en atmósferas modificadas, se efectúa con la finalidad de conservar la calidad sensorial del alimento y aumentar su tiempo de vida útil (García *et al.*, 2002).

El tratamiento de irradiación de alimentos con rayos gamma se presenta como una tecnología emergente alternativa a los procesos tradicionales y su principal objetivo es retardar los procesos de maduración de los productos frescos y extender su tiempo de vida útil (Maraver Mora *et al.*, 2006). El tratamiento de irradiación en alimentos ha demostrado ser efectivo para prolongar la vida en percha de hortalizas frescas mínimamente procesadas sin producir cambios significativos en sus

características organolépticas y nutricionales (Lacroix y Ouattara, 2000). Además, el mayor beneficio que brinda este proceso a los alimentos de IV gama, es la disminución de la carga microbiana y en muchos casos la destrucción de agentes patógenos presentes en los productos (Fellows, 2000).

PRODUCTOS DE IV GAMMA

La vida útil de los vegetales cortados o de IV gamma se caracteriza por ser corta, el tiempo de duración de estos productos oscila entre 7 y 10 días, siendo la calidad de la materia prima el factor más importante para extender el tiempo de vida de los productos (Lamikanra, 2002). Los tejidos vegetales de los alimentos cortados sufren estrés y daño físico al momento de ser procesados lo que conduce a un rápido deterioro (Achón *et al.*, 2006). El comportamiento de estos productos se caracteriza por el incremento de la tasa de respiración y la producción de etileno, además del pardeamiento, rancidez y pérdida de agua (Prakash y Foley, 2004).

Una de las principales causas de la pérdida de calidad de los productos de IV gamma es el ataque de agentes patógenos, los microorganismos se reproducen fácilmente debido a la presencia de factores intrínsecos del alimento, como el pH, la actividad de agua, el oxígeno disponible y cantidad de nutrientes, los

cuales favorecen a su desarrollo y crecimiento (Gil *et al.*, 2009).

PRESERVACIÓN DE HORTALIZAS MINIMAMENTE PROCESADAS

Debido a que los productos mínimamente procesados son más susceptibles a la pérdida de calidad y deterioro, existe la necesidad de aplicar tecnologías poscosecha para extender su tiempo de vida útil (Gil *et al.*, 2009). Entre los métodos físicos más aplicados a nivel mundial se encuentran la refrigeración y el empaqueo en atmósferas controladas y/o modificadas (Rotondo *et al.*, 2008). Entre los tratamientos químicos, uno de los más usados es la inmersión por periodos muy cortos de tiempo en compuestos generalmente reconocidos como seguros (GRAS, por sus siglas en inglés) como ácidos (cítrico, ascórbico, etc.). El objetivo de estos tratamientos es reducir/controlar tanto las reacciones enzimáticas como el crecimiento de microorganismos de manera que los productos conserven su calidad sensorial y nutricional y se extienda su tiempo de vida útil (Ospina y Cartagena, 2008). Sin embargo, estas técnicas solo inhiben el crecimiento microbiano y no destruyen a los microorganismos, por lo que se ha visto la necesidad de aplicar tecnologías emergentes como la irradiación con rayos gamma, que si es capaz de eliminar tanto esporas como microorganismos viables sin alterar significativamente las características organolépticas del alimento (ICGFI, 1999).

EFFECTOS DE LA IRRADIACIÓN EN LAS HORTALIZAS CORTADAS

Efecto en los microorganismos

El nivel de efectividad del proceso de irradiación, al igual que otros métodos físicos, dependerá del alimento a irradiar y de la

metodología a seguir; siendo la dosis de radiación la variable más importante a considerar (Parzanase, 2015). Algunos de los factores que influyen en el efecto de la irradiación sobre los alimentos y que a la vez determinan las dosis requeridas para esterilizarlos son: la carga inicial de microorganismos, tipo y especie de microorganismo, composición del alimento, estado físico del alimento, la cantidad tanto de agua como la concentración de iones y la cantidad de oxígeno disponible en los alimentos (Suárez, 2001).

La sensibilidad de los microorganismos frente a la radiación depende de la fase de crecimiento en la que se encuentre, de su estado: vegetativo o espora y de la temperatura de crecimiento. De esta manera, las bacterias en la fase de adaptación son las más sensibles a la radiación conforme ingresan a la fase de crecimiento (Suárez, 2001).

Algunos patógenos presentes en los alimentos como *Campylobacter jejuni*, *Aeromonas hydrophila*, *Yersinia Enterocolitica*, *Listeria Monocytogenes* y *Escherichia Coli* 0157:H7 toleran muy poco la radiación; en cambio, esporas de *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens* y *Bacillus cereus* son mucho más resistentes (Prakash y Foley, 2004).

La aplicación de la irradiación no siempre elimina a los microorganismos, algunas veces solo sufren daños y al cabo de un tiempo se recuperan y continúan reproduciéndose, y es aquí donde radica la importancia de aplicar las dosis adecuadas, según el efecto que se quiera provocar en los microorganismos (Roberts, 2014). A continuación, en la Cuadro 1, se presentan algunos ejemplos de reducción en el recuento de microorganismos presentes en los alimentos con respecto a la dosis aplicada.

Cuadro 1. Reducción de microorganismos (log CFU/g) a diferentes dosis

Dosis (kGy)	Microorganismo	Reducción logarítmica de microorganismos (log CFU/g)
1,0	<i>L. monocytogenes</i> en col y rábano	4-5
2,0	Conteo de aerobios totales	2-3
2,0	Conteo de coliformes totales	5
3,3	<i>L. monocytogenes</i> en alfalfa	6

(Kamolprasert y Morehouse, 2004)

Los microorganismos también son responsables de la pérdida de calidad, pueden generar olores, sabores extraños y cambios en la apariencia. Esta es otra razón por la que la aplicación de irradiación en productos frescos cortados es importante, debido a que es la única técnica, no térmica, capaz de eliminar los microorganismos presentes en el alimento (Kamolprasert y Morehouse, 2004).

Tiempo de vida útil

La vida útil de los productos de IV gamma está limitada principalmente por la cantidad de microorganismos presentes en el producto, de esta manera la irradiación se convierte en una de las mejores tecnologías aplicables a productos de IV gamma para reducir y/o eliminar los microorganismos presentes en el producto (Kamolprasert y Morehouse, 2004). La extensión de la vida útil de los productos hortofrutícolas es posible mediante la reducción global de las células vegetativas.

Para la eliminación de bacterias, levaduras y mohos se requieren de dosis parcialmente bajas (2- 5 kGy), mientras que para microorganismo esporulados, hongos y virus se requiere dosis mucho más altas, las cuales provocarían cambios indeseables en el alimento y generarían disminución en su tiempo de vida útil (Pradell, 2005).

Algunas de las bacterias que sobreviven al tratamiento de irradiación, se quedan mucho más sensibles a procesos térmicos, por lo que

muchas de las veces se combinan varios tipos de tratamientos con el objetivo de lograr una mayor reducción de microorganismos (Fellows, 2007).

Efecto en la tasa de respiración y producción de etileno

Los efectos que resultan de la irradiación con rayos gamma dependen tanto del tipo de hortaliza como de la dosis aplicada. Varios estudios han demostrado que la radiación acelera la tasa de respiración y la producción de etileno en los alimentos (Kamolprasert y Morehouse, 2004). Factores como daños celulares, pérdida de agua, pardeamiento enzimático y rancidez, al ser consecuencias de la irradiación, estimulan a una mayor producción de etileno y CO₂, por lo que el deterioro y senescencia de los productos se acelera (Grandison, 2012).

Kamolprasert y Morehouse (2004) reportaron que en lechuga irradiada a 0,19 kGy, se incrementó la tasa de respiración en un 33 % un día después del procesamiento con respecto al control, y disminuyó paulatinamente hasta los 13 días. A mayores dosis como 0,5, 1 y 2 kGy, la tasa de respiración en la lechuga, sufrió una reducción significativa inicial muy rápida por efecto de la radiación. La tasa de respiración de zanahoria rallada e irradiada con rayos gamma a 2 kGy, se redujo al 50% después de 2 días del procesamiento, de igual manera la producción de etileno se redujo en un 80%. Por lo tanto, altas dosis de radiación reducen la tasa de respiración

en hortalizas mínimamente procesadas (Komolprasert y Morehouse, 2004).

Efecto sobre las enzimas

El efecto directo de la irradiación sobre las enzimas es la remoción de un grupo amino y su descarboxilación (Komolprasert y Morehouse, 2004), lo que resulta en la disminución de la actividad enzimática. Indirectamente, la irradiación puede afectar la integridad de las membranas celulares de los productos hortofrutícolas y provocar reacciones de pardeamiento y cambios en la textura (Pradell, 2005).

En un estudio con hongos mínimamente procesados, se reportó que la actividad de la polifenol oxidasa se redujo a dosis de 0,5 y 1,0 kGy. En otra investigación realizada en lechuga cortada y empacada en atmósfera modificada con altos niveles de CO₂, se observó que a dosis de 1,0 y 2,0 kGy el contenido de fenoles se incrementó, mientras que el pardeamiento se redujo, por lo que el efecto de la radiación y de la atmósfera modificada beneficiaron significativamente a la calidad de la lechuga (Komolprasert y Morehouse, 2004).

Efectos en los componentes nutricionales

Para analizar el efecto de la irradiación con rayos gamma en los componentes nutricionales de un alimento, se debe tomar en cuenta tanto los macronutrientes (grasas, proteínas e hidratos de carbono) como los micronutrientes (vitaminas y minerales). Los macronutrientes sufren cambios mínimos; sin embargo, cuando la cantidad de grasa es alta en el alimento, ésta se oxida y se producen sabores y olores desagradables (Pradell, 2005). Cuando una hortaliza es cortada e irradiada, su contenido vitamínico corre el riesgo de reducirse, factores tales como el contenido de agua en el alimento, condiciones de almacenamiento antes y después de la irradiación, dosis y tasa de radiación, naturaleza y concentración de la vitamina, determinan una

mayor o menor pérdida de estos nutrientes (Fellows, 2000). Las vitaminas más radiosensibles son la E, A, B1 (tiamina), C (ácido ascórbico), B2 (riboflavina), B12 (cianocobalamina) y B10 (biotina); entre las más resistentes están la B6 (picrodoxina), ácidos pantoténicos y fólico. Las pérdidas de vitaminas no superan el 15% (Cammarata, 2010).

Efectos en los factores de calidad

A diferencia de los productos enteros, los productos cortados tienen elevada tasa de respiración lo que provoca un deterioro de los varios factores de calidad: textura, aroma y sabor (González-Aguilar *et al.*, 2011).

Textura

La textura es el factor de calidad que más se ve afectado por la irradiación. Algunos frutos son sensibles a la irradiación a bajas dosis, sin embargo, en los vegetales los efectos son variados (Basbayraktar *et al.*, 2006).

La pérdida de textura se ha atribuido a la despolimerización de los componentes de la pared celular como los polisacáridos, celulosa y pectina con daños en las membranas celulares; así como a la desactivación de algunas enzimas específicas para la síntesis de los componentes mencionados (Silva *et al.*, 2012)

Dependiendo de la dosis de irradiación se puede tener diferentes efectos, por ejemplo en algunos alimentos irradiados a bajas dosis se puede afectar notablemente la firmeza pero para otros el efecto puede ser mínimo. En zanahoria rallada y lechuga cortada, ambos productos irradiados a dosis de 1 y 2 kGy, no registraron variación alguna en su firmeza, mientras que para el apio a dosis mayores de 1 kGy ya se reportó una reducción en la firmeza (Komolprasert y Morehouse, 2004).

Aroma

El efecto en el aroma de hortalizas mínimamente procesadas e irradiadas, a diferentes dosis, se ha comprobado que es mínimo (Grandison, 2012). En un estudio realizado en pimiento cortado e irradiado a 1,2 kGy se reportó la aparición de sabores extraños y daño por microorganismos a partir de los 9 días, mientras que a 3,7 kGy se presentaron sabores extraños desde los primeros días del procesamiento (Prakash y Foley, 2004). En un estudio con lechuga y espinaca cortadas almacenadas hasta 14 días a 4 °C e irradiadas a las dosis de 1, 2, 3 y 4 kGy, los consumidores prefirieron los productos irradiados a dosis de 1 y 2 kGy, mientras que los irradiados a dosis mayores de 2 kGy fueron reportados como totalmente inaceptables (Fan *et al.*, 2012).

Bajas dosis de irradiación han mostrado efectos positivos en el aroma y sabor de hortalizas mínimamente procesadas, debido a que se logra una reducción de microorganismos causantes de olores extraños (Komolprasert y Morehouse, 2004).

Color

Generalmente, la diferencia es mínima en el color cuando el vegetal es irradiado a bajas dosis (Arvanitoyannis, 2010). En pimientos en cuadritos irradiados a 1,8 kGy no se observaron cambios en el color, pero a dosis mayores de 3,7 kGy la tonalidad verde disminuyó y se incrementó el brillo así como el color amarillo de la superficie de los pimientos (Prakash y Foley, 2004).

CONCLUSIONES

La irradiación es la única tecnología emergente capaz de eliminar microorganismos sin provocar cambios significativos en las propiedades de los alimentos. El nivel de efectividad del proceso de irradiación de alimentos de IV gama, dependerá de la calidad inicial de la materia prima, del

adecuado procesamiento y de la dosis de radiación aplicada. El uso de radiación gamma garantiza la inocuidad y extensión del tiempo de vida útil de los productos cortados al reducir y/o eliminar los microorganismos presentes en ellos y causantes de su deterioro. La irradiación puede influir en la reducción de la tasa de respiración y producción de etileno, retardando sus procesos de deterioro y extendiendo su tiempo de vida útil. Con respecto a la textura, el aroma y el color de los productos de IV gama irradiados, se presentan cambios pocos significativos a dosis menores de 2 kGy.

RECONOCIMIENTOS

A la Escuela Politécnica Nacional por el financiamiento a través de los Proyectos Semilla PIS 13-08 y PIS 14-34. Los autores agradecen también a la Red Hortyfresco (www.hortyfresco.cl) por el apoyo técnico brindado a esta publicación.

LITERATURA CITADA

Achón, M.; Alonso, E.; Varela, G. y García, A. 2006. Alimentos precocinados. Disponible en: <http://www.fen.org.es/imgPublicaciones/3152007612.pdf>. Consultado en junio de 2014.

Aguayo, E.; Artés, F.; Artés-Hernández, F. Y Gómez, P. 2009. Productos vegetales mínimamente procesados o de la "cuarta gama". Horticom, 69:52-57. Disponible en: http://www.horticom.com/revistasonline/extras/extra09/52_57.pdf. Consultado en mayo de 2015.

Artés, F.; Gómez, P. & Artés-Hernández, F. 2007. Physical, physiological and microbial deterioration. Food Science and Technology International, 13(3): 177-188.

- Arvanitoyannis, I. 2010. Irradiation of fruits and vegetables. In: Irradiation of food commodities: Techniques, Applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion, 1° ed., Arvanitoyannis, I. (ed.), Academic Press, London, United Kingdom, 467-526.
- Bas Bayraktar, V.; Halkman, H.; Yucel, P. & Cetinkaya, N. 2006. Use of irradiation to improve the safety and quality of minimally processed fruits and vegetables. Disponible en: https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=R N:38024799. Consultado en julio de 2015.
- Grandison, A. 2012. Irradiation In: Food Processing Handbook, 2° ed. Brennan, J. (ed.), WILEY-VCH, Weinheim, Alemania, 147-171.
- Cammarata, G. 2010. *Las tesinas de Belgrano: Conservación de los productos por irradiación*. Disponible en: http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/2_04_del_carril.pdf Consultado en febrero de 2015.
- Fan, X.; Wenqiang, G. & Sokorai, K. 2012. Quality of fresh-cut Iceberg lettuce and spinach irradiated at doses up to 4 kGy. *Radiation Physics and Chemistry* 81: 1071-1075.
- Fellows, P. 2007. *Tecnología del procesado de alimentos: Principios y Práctica*, 2da. Ed. ACRIBIA S.A, 708 p.
- García, E.; Gago, L. y Fernández, J. 2002. Tecnologías de envasado en atmósfera protectora. De la Sota Ruiz, J. (ed). *Elecc Industrias Gráficas*, Madrid, España, 8-9.
- Gil, M.; Allende, M.; López-Gálvez, F. & Selma, A. 2009. Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: problems and solution. *International Journal of Food Microbiology*, 134: 37-45.
- González-Aguilar, G.; Kader, A.A.; Brecht, J. & Toivonen, P. 2011. Fresh-cut tropical and subtropical products. In: *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*, vol. 1. Fundamental Issues, 1° ed. Yahia, E. (ed.). Woodhead Publishing, Cambridge, Reino Unido, 381-412.
- International Consultative Group in Food Irradiation, (CGFI). 1999. International Consultative Group on Food Irradiation FAO/IAEA. Facts about food irradiation. Disponible en: <http://www.piwet.pulawy.pl/irradiacja/factsaboutfoodirradiation.pdf> Consultado en mayo de 2015.
- Komolprasert, V. & Morehouse, K. 2004. Irradiation of Food and Packaging: an overview. In: *Irradiation of Food and Packaging*, Komolprasert, V., Morehouse, K.M. (eds.). American Chemical Society, Washington, DC, Estados Unidos, 1-11.
- Lacroix, M. & Ouattara, B. 2005. Combined industrial processes with irradiation to assure innocuity and preservation of food products- a review. *Food Research International*, 33(9): 719-724.
- Lamikanra, O. 2002. Microbiology of fresh-cut products. In: *Fresh-cut Fruits and Vegetables*, 1era ed., Lamikanra, O. (ed.), CRC Press, Boca Ratón, USA, 187-249.
- Maraver Mora, J.; Moreno Navarro, I. M.; Jos Gallego, A. y Cameán Fernández, A.M. 2006. Irradiación de Alimentos. In: *Toxicología Alimentaria*. Cameán, A., Repetto, M. (eds.). Díaz de Santos S.A., Madrid, España.
- Ospina, S. y Cartagena, J. 2008. La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2): 112-123.

Parzanese, M. 2015. Tecnologías para la industria alimentaria: Irradiación de alimentos. Ficha 21. Disponible en: <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha%20Nº%2021%20Irradiación%20de%20Alimentos.pdf> Consultado en agosto de 2015.

Pradell, T. 2005. Irradiación de alimentos. In: Industria alimentaria Tecnologías emergentes, 1era ed. Raventós, M. (ed.). Ediciones UPC, Barcelona, España, 101-128.

Prakash, A. & Foley, D. 2004. Improving Safety and Extending Shelf Life of Fresh-Cut Fruits and Vegetables Using Irradiation. In: Irradiation of Food and Packaging, Komolprasert, V., Morehouse, K.M. (eds.). American Chemical Society, Washington, DC, Estados Unidos, 90-106.

Roberts, P. B. 2014. Food irradiation is safe: half a century of studies. Radiation Physics and Chemistry, 105: 78-82.

Rotondo, R.; Ferrato, J. & Firpo I. 2008. Hortalizas mínimamente procesadas o de IV Gama. Revista Agromensajes de la Facultad, 26(12). Disponible en: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/26/3AM26.htm>. Consultado en diciembre de 2014.

Silva, J. M.; Villar, H.P. & Pimentel, R.M. 2012. Structure of the cell wall of mango after application of ionizing radiation. Radiation Physics and Chemistry, 81 (11): 1770-1775.

Suárez R. 2001. Conservación de alimentos por irradiación. Invenio, 4 (6): 85-124.

Vargas L.; Tamayo J.; Centurión A.; Tamayo E.; Saucedo C. y Sauri E. 2010. Vida útil de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mínimamente procesada. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 11(2): 154-161.

Nota Científica

LOBESIA BOTRANA EN CHILE. RESULTADOS DEL PROGRAMA NACIONAL DE LOBESIA BOTRANA DEL SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO. TEMPORADA 2014-2015

*Andrés Álvarez A., María Paz Azócar R., Claudio Rozas F., Yoanna Nabalón N.,
Kenneth Florio M., Álvaro Garrido J.*

Servicio Agrícola y Ganadero
Casilla 4048, Santiago, Chile
e-mail: andres.alvarez@sag.gob.cl

RESUMEN

Lobesia botrana (Denis and Schiffermüller) (Lepidoptera, Tortricidae) o Polilla del Racimo de la Vid, es considerada en Europa como la plaga principal en toda la cuenca del Mediterráneo (C. Ioratti et al, 2011 a). Hoy la plaga se distribuye en varios países. Recientemente ha expandido su rango geográfico y ha sido encontrada en América (Ioratti C. et al, 2011), primero en Chile en 2008 (SAG, 2008 and Gonzalez, R. 2008 and 2015), luego en California, Estados Unidos en 2009 (Varela, 2010) y en Argentina en 2010 (SENASA, 2010). Es importante mencionar que en Estados Unidos, Argentina y Chile, la plaga se encuentra sujeta a controles oficiales.

En 2008 el SAG emitió la resolución N° 2.109 que declara el Control Obligatorio en la especie *Vitis vinífera*. Desde la detección de *Lobesia botrana*, Chile ha implementado un Programa de Control Oficial de la plaga, ahora llamado Programa Nacional de *Lobesia botrana* (PNLb) administrado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), cuyo objetivo actual es el de supresión y contención o supresión y erradicación del insecto de acuerdo a la realidad de cada región afectada en el país. En la actualidad, la resolución vigente es la N° 4.287 emitida en junio 2014, la que tiene como alcance desde las regiones de Atacama a

Araucanía e incluye las especies vid (*Vitis vinífera*), arándano (*Vaccinium corymbosum*) y ciruela (*Prunus salicina* y *Prunus domestica*).

El Control Oficial incluye 5 componentes o líneas de trabajo: a) monitoreo de la plaga mediante trampas y prospecciones visuales. b) cuarentena interna para prevenir la dispersión de la plaga desde el sitio de detección. c) control: confusión sexual y control químico. d) plan comunicacional. e) proyectos de investigación.

ABSTRACT

Lobesia botrana (Denis and Schiffermüller) (Lepidoptera, Tortricidae) or European Grapevine Moth, is regarded in Europe as the major pest throughout the Mediterranean basin (C. Ioratti et al, 2011 a).

Today the Grapevine Moth is distributed in several countries. Recently expanded its geographic range and has been found in the Americas (Ioratti C. et al, 2011), first in Chile in 2008 (SAG, 2008 and Gonzalez, R. 2008 and 2015), then in California, United States in 2009 (Varela, 2010) and in Argentina in 2010 (SENASA, 2010). It is important to note that in

the United States, Argentina and Chile, the pest is subject to official controls.

In 2008 the SAG issued resolution No. 2.109 that declared mandatory monitoring the species *Vitis vinifera*. Since the detection of *Lobesia botrana*, Chile implemented an official control program of the pest, now called National Program *Lobesia botrana* (PNLb) administered by the Agriculture and Livestock Service (SAG), which now objectives suppression and containment or eradication insect according to the reality of each affected region in the country. At present the resolution is the No. 4,287 issued in June 2014 from the Atacama region to Araucanía, including the species of grapevine (*Vitis vinifera*), blueberry (*Vaccinium corymbosum*) and plum (*Prunus salicina* y *Prunus domestica*).

Official control includes 5 components or lines of work, acting closely linked and integrated with each other, corresponding to: a) monitoring the pest, which is done by trapping and visual surveys.

b) Internal quarantine to prevent spread of the pest from its original area of occurrence. c) Control: mating disruption and Chemical Control d) Communication plan. e) Research Projects.

1. Antecedentes Generales

Lobesia botrana (Denis and Schiffermüller) (Lepidoptera, Tortricidae) o Polilla del Racimo de la Vid, es considerada en Europa como la plaga principal en toda la cuenca del Mediterráneo (C. Ioratti *et al*, 2011 a). Nativa del sur de Italia, la distribución geográfica original descrita para *L. botrana* sigue un patrón de distribución paleártico. En la actualidad la especie se encuentra distribuida en Europa (Albania, Alemania, Austria, Bielorrusia, Bélgica, Bulgaria, Croacia, Chipre, República Checa, (ex) Checoslovaquia, Finlandia, Francia (continental y Córcega), Grecia (continental y

Creta), Hungría, Italia (continental, Cerdeña y Sicilia), Lituania, Luxemburgo, Macedonia, Malta, Moldavia, Montenegro, Países Bajos, Polonia, Portugal, Rumania, Rusia, Serbia, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suiza, Reino Unido (Inglaterra y Gales), Ucrania, Serbia y Montenegro; África (Argelia, Egipto, Eritrea, Etiopía, Kenia, Libia, Marruecos); Asia (Armenia, Azerbaiyán, Irán, Iraq, Israel, Jordania, Kazajstán, Líbano, República de Georgia, Siria, Tayikistán, Turquía, Turkmenistán, Uzbekistán). Por otra parte, CABI (2015) señala que reportes que indican a la plaga como presente en Japón, corresponderían a errores de identificación y por lo tanto, *L. botrana* no se encontraría presente en dicho país.

Recientemente la plaga ha expandido su rango geográfico y ha sido encontrada en el continente americano (C. Ioratti *et al*, 2011 a), primero en Chile en el año 2008 (SAG, 2008 y González, R. 2008 y 2015), luego en California, Estados Unidos en el 2009 (Varela, 2010) y en Argentina en el 2010 (SENASA, 2010). Es importante indicar que en Estados Unidos, Argentina y Chile, la plaga se encuentra sujeta a controles oficiales.

Lobesia botrana es la plaga más destructiva de la uva de mesa y vinífera a lo largo de la zona central y norte de Europa, la cuenca del Mediterráneo, norte de África y varios países de Asia (Vassiliou, 2011). En el sur de Francia, sur y centro de España, Portugal, Grecia, Italia y en las islas de la cuenca del Mediterráneo, *L. botrana* es la única especie que causa daño económico en la producción vitivinícola (C. Ioratti *et al*, 2011 a). El grado de infestación varía año a año siendo incluso no uniforme dentro de una misma viña (Breuer *et al*, 2006), lo que causa que la magnitud de los daños sea muy variable: desde insignificante en algunos casos a la pérdida total de la cosecha en otros, si no se aplicaran medidas de control (R. Coscollá, 1997).

Coscollá (1997) resume que los ataques de la primera generación de la plaga, salvo casos excepcionales, no se traducen en pérdidas de cantidad ni calidad de cosecha. Las larvas de segunda y tercera generación al perforar las bayas y alimentarse de su pulpa, pueden producir pérdidas de cosecha tanto cuantitativas como sobre todo cualitativas, siendo esto último lo que más preocupa al sector productor de uva de mesa.

A los daños directos antes mencionados, hay que sumar los daños que causan las podredumbres del racimo, consecuencia de los ataques de las larvas. Bacterias y hongos, especialmente *Botrytis cinerea*, se desarrollan rápidamente en las bayas dañadas por las larvas, pudiendo deteriorar el racimo por completo. (Fermaud y Giboulot, 1992).

1.1 Taxonomía de *Lobesia botrana*

Nombre científico : *Lobesia botrana* Denis & Schiffermüller, 1776
Phylum : Arthropoda
Subphylum : Uniramia
Clase : Insecta
Orden : Lepidoptera
Familia : Tortricidae

1.2 Biología de *Lobesia botrana*

Lobesia botrana Denis & Schiffermüller, 1776 es una especie polivoltina, de acuerdo a su localización geográfica, puede presentar de 1 a 5 generaciones anuales (CABI, 2015). Factores como la temperatura y el fotoperiodo tienen impacto en el número de generaciones y determinarán la velocidad de desarrollo y la inducción de diapausa respectivamente (Torres-Vila, 2013). En invierno, el insecto inverna protegido en su hospedante en capullos de una seda más rígida que el de pupas no diapausantes, el capullo evita su deshidratación y pérdida de peso, manteniendo el potencial de fecundidad de las hembras (CABI, 2015).

Observaciones realizadas en vides por Coscollá (1981), señalan que en primavera, los adultos emergen de manera escalonada, teniendo estos un vuelo típicamente crepuscular, alcanzando su madurez poco tiempo después de su emergencia; luego de su apareamiento, la hembra ovipone de manera aislada, a diferencia de otros tortricidos que ponen huevos agrupados (Zalom *et al.*, 2011) y lo hace preferentemente en flores aun cerradas. La eclosión de los huevos ocurre 3 a 11 días después, dependiendo de si las condiciones son óptimas o poco favorables, la larva que emerge, se alimenta de los botones florales, siendo el periodo de duración total del estadio larval de 20 a 28 días, presentando en total cinco estadios larvales (Zalom *et al.*, 2011), luego del periodo larvario teje un capullo sedoso y pupa al interior de este. Las pupas no diapausantes se desarrollarán en racimos y hojas, y pueden tener una duración promedio de 12 a 14 días (CABI, 2015), luego de este periodo de pupación, nuevamente emergen los adultos, dando origen al segundo vuelo, cuyas hembras pondrán huevos esta vez en frutos (Coscollá, 1981). El número de generaciones que se desarrolle durante la temporada dependerá de las condiciones climáticas existentes.

Los umbrales de desarrollo inferior y superior de *L. botrana* son de 10°C y 30°C respectivamente, aunque algunos autores sostienen que el umbral inferior es de 7°C. Las condiciones óptimas para su desarrollo son de 26-29°C y 40-70% de humedad. Longitud de días cortos y temperaturas más frescas inician la diapausa del insecto. Aunque las larvas pueden morir con temperaturas bajo los 8°C, las pupas en diapausa pueden soportar las temperaturas frías de los inviernos europeos. Existen reportes de que las larvas pueden morir con temperaturas superiores a 34°C (Zalom *et al.*, 2011).

De acuerdo a las evaluaciones que ha realizado el SAG sobre la biología del insecto en la zona central de Chile, *L. botrana* presenta un ciclo vital multivoltino, registrando tres generaciones (vuelos de adultos) durante el período de desarrollo de la vid (septiembre del año 1 a mayo del año 2). Luego de su período de receso (diapausa) invernal, como pupa, el insecto inicia su etapa activa a inicios de primavera (septiembre) hasta el otoño del año siguiente (abril - mayo), período en el cual se ha verificado el desarrollo de 3 ciclos vitales consecutivos del insecto (vuelos de adultos) antes de entrar nuevamente en diapausa invernal. Según a lo anterior, tanto la estrategia, el desarrollo de las acciones en terreno y la evaluación del Programa Nacional de *Lobesia botrana* se realiza por temporadas, las que se inician la primera semana de septiembre de cada año, y finaliza la última semana de agosto del año siguiente.

2. Programa Nacional de *Lobesia botrana*

En Chile, la plaga fue identificada en el mes de abril del año 2008, luego de que el SAG recibiera una denuncia sobre la presencia de la plaga en la localidad de Linderos en la Región Metropolitana. Rápidamente se envió una muestra al experto norteamericano en tortricidos, Dr. J. Brown del Instituto Smithsonian de EE.UU, quien confirmó el diagnóstico. Con esta ratificación, en el mes de abril del mismo año, el SAG emitió la Resolución N° 2.109 la cual declaró el Control Obligatorio en todas las variedades de la especie vid (*Vitis vinífera*). Desde la detección de *Lobesia botrana*, Chile implementó un Programa de Control Oficial de la plaga, actualmente llamado Programa Nacional de *Lobesia botrana* (PNLb) administrado por el Servicio Agrícola y Ganadero, que hoy tiene como objetivo la supresión y contención o supresión y erradicación del insecto de acuerdo a la realidad de cada región afectada en el país. La estrategia para la temporada 2014-2015 clasificó las regiones según el siguiente criterio:

1.-Estrategia de supresión y erradicación. Se aplicó en las regiones de Atacama, Coquimbo, Valparaíso, Biobío y La Araucanía, donde en la temporada 2013-2014, la plaga presentó baja prevalencia. Las capturas en predios comerciales en estas regiones representaron en el período 2014-2015 sólo el 0,1 % de las capturas a nivel nacional y no se detectaron estados inmaduros en predios de vid y arándanos.

2.- Estrategia de supresión y contención. Se aplicó en las regiones Metropolitana (RM), de O'Higgins y del Maule, donde la plaga presentó en la anterior temporada (2013-2014) poblaciones mayores.

El Control Oficial contempla diversos componentes o líneas de trabajo, las que actúan estrechamente ligadas e integradas entre sí, y que corresponden a: a) Vigilancia de la plaga, la cual se realiza por medio de trampas y prospecciones visuales. Tienen por objetivo definir y delimitar la real área de distribución del insecto en el país, además de monitorear las áreas libres de la plaga y verificar el resultado de las estrategias de control y cuarentena interna utilizadas en el Programa. b) Cuarentena interna para evitar la dispersión de la plaga desde su área original de ocurrencia. Realiza la fiscalización necesaria para corroborar la correcta aplicación de las medidas requeridas por el programa por parte de los privados. c) Control el cual busca suprimir, contener y erradicar la plaga de acuerdo a la situación de las distintas áreas donde *L. botrana* se encuentra presente, integrando distintas estrategias de control como son, principalmente el uso de plaguicidas y la confusión sexual. d) Plan comunicacional para comunicar, informar y sensibilizar a los productores, exportadores, comercializadores y la población en general sobre los distintos aspectos de Programa, a fin de obtener su apoyo y cooperación. e) Proyectos de investigación.

Actualmente la Resolución que norma el Programa es la N° 4.287 emitida en junio del 2014, la cual incluye en el Control Oficial aparte de la vid desde la región de Atacama hasta la Araucanía, las especies arándano (*Vaccinium corymbosum*) en las regiones Metropolitana, O'Higgins y Maule y ciruelo (*Prunus salicina* y *Prunus domestica*) en las regiones Metropolitana, O'Higgins y Maule, luego de que en la temporada 2013-2014 se detectara la presencia de estados inmaduros de la plaga en algunos huertos y sitios de inspección en las regiones de O'Higgins, Maule y Biobío.

2.1 Resultados de Vigilancia en PNLb

A continuación se presentan los principales resultados de la vigilancia obtenidos mediante trampas específicas para la detección de *Lobesia botrana* y prospecciones visuales.

El Gráfico 1 muestra la evolución de las capturas de adultos en predios de vid desde la temporada 2011-12 hasta la temporada 2014-15. Se puede apreciar el número de capturas de adultos en diferentes temporadas, que constata un aumento constante de las capturas, especialmente desde el último vuelo de la temporada 2011-12. Se destaca, a lo largo de todas las temporadas, el importante aumento del tercer vuelo, el cual se hace presente desde el mes de febrero hasta fines de mayo aproximadamente. La cantidad de ejemplares que en él se obtiene, así como en los otros vuelos, corresponde a la descendencia de los ejemplares no controlados de la generación anterior. Considerando que el tercer ciclo de la plaga coincide con la época de cosecha, dificulta la realización de las aplicaciones de insecticidas para aplacar los niveles poblacionales. Esto implica que para la siguiente temporada, el primer vuelo comience con un piso poblacional mayor que al término del tercer ciclo, situación que se repite a contar del año 2012. En el gráfico se puede apreciar además, los 3 vuelos diferenciados que presenta la plaga en el país. Por ser las regiones de contención las que más

capturas aportan al sistema, el gráfico representan básicamente a las regiones Metropolitana, de O'Higgins y Maule.

Durante la temporada 2014-2015, el total de machos adultos de *Lobesia botrana* capturados en trampas instaladas en predios en las especies reglamentadas fue de 851.966 ejemplares, siendo la especie con más capturas la vid (Cuadro 1). Se entiende por temporada, desde septiembre a agosto del año siguiente.

Considerando que la cantidad de trampas en cada región varía de acuerdo a la superficie y N° de predios, los valores de captura por región y comuna no se pueden comparar directamente. Por tanto, para tener una base normalizada de comparación regional o comunal de los valores de captura, se utiliza el criterio de captura trampa día (CTD). En forma totalizada a nivel país, el CTD específico para uvas y arándanos obtenido para la temporada 2014-2015 lo presenta la Figura 1.

Si bien el sistema de trampas detecta una gran cantidad de adultos en los sectores productivos y también urbanos, existe un porcentaje importante de trampas en algunas regiones, que no presentan capturas de la plaga. Las trampas instaladas en vides versus las trampas positivas en la misma especie, muestran que las regiones en erradicación presentan una condición muy favorable para el logro de los objetivos planteados, presentando todas porcentajes de trampas sin detección en predios sobre el 96%. Las regiones bajo el sistema de contención, a pesar de la gran cantidad de detecciones, presentan en las regiones Metropolitana, O'Higgins y Maule un 40%, 47% y 41% de las trampas instaladas sin detecciones.

En cuanto a las prospecciones, el PNLb revisa visualmente los frutos en búsqueda de estados inmaduros del insecto, con el fin de determinar la situación fitosanitaria de los predios con

mayores niveles de capturas, así como en aquellos huertos que tienen instalada la técnica de confusión sexual para evaluar su estatus en todas las regiones donde el Programa tiene expresión. El Gráfico 2 presentan los resultados de las prospecciones realizadas en vides a lo largo de las temporadas en las regiones de contención, ya que en las otras regiones, la cantidad de estados inmaduros detectados en predios mediante esta actividad es casi nula.

Los resultados de las prospecciones realizadas a huertos de arándanos en la temporada 2014-2015, indican que de los 1.913 realizados, 91 predios resultaron con detección de estados inmaduros de la plaga, concentrando los predios positivos a la plaga en la región del Maule. La única detección en la región Metropolitana corresponde a un huerto no comercial ubicado en el área urbana.

En ciruelos, se realizaron 1.848 prospecciones, resultando 20 predios positivos de los cuales 15 de ellos corresponden a detecciones en huertos y los restantes se detectaron en inspecciones en origen de cajas embaladas de las regiones O'Higgins y Maule.

Se realizaron además prospecciones exploratorias en predios de otras especies vegetales consideradas como hospedantes bibliográficos que presentaron capturas sostenidas durante la temporada, registrándose 2 frutos larvados en cerezo en la región del Maule, considerados como situaciones accidentales, ya que en ambos casos, los cerezos colindaban con vides infestadas por la plaga.

2.2 Medidas de Control en PNLb

Diversos métodos de control son utilizados para disminuir la incidencia de *L. botrana*, prácticas culturales como el manejo de follaje, mediante poda y conducción del dosel; el manejo del riego; eliminación de malezas y cambios en la fecha de cosecha, son mencionados por la literatura como estrategias culturales de control,

sin embargo, estas son de dudosa efectividad y en ocasiones poco aplicables, por la dificultad que implica realizar cambios en los manejos del viñedo o huerto (Torres Vila, 2013; CABI, 2015). El control químico de huevos y larvas, ha sido el control más utilizado por su eficiencia y bajo costo comparativamente a otros métodos (CABI, 2015). Otro método de control potencial para *L. botrana*, consiste en el control autocida o de macho estéril, que consiste en controlar la plaga mediante la disminución de la tasa de natalidad, por medio de la introducción de machos estériles para evitar explosiones en las poblaciones de la plaga, diversos estudios fueron llevados a cabo en la ex URSS, no obstante, no se conocen experiencias comerciales actuales para el control de *L. botrana* mediante este método. En Chile el reciente establecimiento de un laboratorio experimental para *L. botrana* en el Centro de Producción de Insectos Estériles (CPIE) en el valle de Lluta, busca determinar el potencial de esta técnica como método de control complementario.

Métodos como la captura masiva, control biotécnico basado en el uso de semioquímicos, no ofrece un control adecuado comparativamente al uso de insecticidas convencionales. El alto potencial reproductivo de los machos explicaría su menor efectividad, sumado a los altos costos por el alto número de trampas necesarias (Torres-Vila, 2013; CABI, 2015).

Según la Resolución que norma actualmente el PNLb, todos los productores ubicados dentro del área de control, es decir, dentro del radio de 500 metros desde cada detección de la plaga, deberán realizar las medidas correspondientes para el control de la plaga en las especies reglamentadas según cada región. A fines de la temporada 2014-2015, la superficie bajo control alcanzó aproximadamente 130.000 ha considerando las 3 especies reglamentadas con

un total de 6.700 predios y viñedos aproximadamente.

Desde el inicio del Control Oficial, el SAG ha dispuesto controlar la plaga principalmente mediante aplicación de plaguicidas y confusión sexual.

Los tratamientos químicos están enfocados a combatir la fase del insecto más susceptible, es decir, los primeros estados larvarios y huevos. El momento para iniciar las aplicaciones lo define el SAG en base a la curva de vuelo de los adultos de la temporada en curso, la visualización directa del desarrollo de huevos y larvas en terreno y considerando la acumulación de días grados para cada localidad. Para la temporada 2014-2015, el período de control para las 3 generaciones fue de 30 días desde unos días antes del peak de vuelo definido en cada región o localidad hasta unos días luego de la máxima eclosión de larvas para cada ciclo o la aparición de pupas en los predios o estaciones de monitoreo. Cada productor realizó el número de aplicaciones según el insecticida escogido y su período de protección (listado disponible en www.sag.cl). Según Coscollá (1997), la aplicación en torno al máximo de la curva de vuelo sería el momento más oportuno para realizar la aplicación con la mayor parte de los plaguicidas convencionales. El investigador define el tratamiento como preventivo larvicida, en donde ya ha tenido lugar parte de la oviposición y se están iniciando las eclosiones de huevos. En este momento las larvas están más sensibles y aún no se ha efectuado el daño.

La técnica de control mediante confusión sexual, consiste en difundir permanentemente, feromona sintetizada de la hembra, mediante la colocación de unos difusores (ampollas de polietileno) en las cepas, para «confundir» al macho y dificultarle la localización de la hembra y su acoplamiento (Pérez Marín *et al*, 1995). Para que el método sea efectivo, los dispensadores o

emisores deben ser dispuestos en las viñas antes del comienzo del primer vuelo estacional (C. Ioratti *et al*, 2011 b) con la dosis instruidas por la empresa fabricante. El PNLb cuenta con dos feromonas autorizadas en el país; Isonet L® y Rak 2 Plus® (ingrediente activo E/Z – 7,9-Dodecadienil acetato). Según Torres-Vila *et al* (2002) y diferentes autores presentados en el estudio de Pérez Marín *et al* (1995), el método es al menos tan eficaz como los insecticidas convencionales.

La temporada 2014-2015, el SAG distribuyó entre las regiones de Coquimbo y Biobío, emisores Isonet L de la empresa Shin-Etsu Co. para cubrir una superficie de 20.000 ha. La confusión se entregó a los productores priorizando aquellos predios con las mayores detecciones en cada región o bien manteniendo a los que habían recibido la herramienta de control la temporada anterior. La instalación se realizó abarcando áreas extensas en superficies no menores a 10 ha con una dosis de 500 emisores por ha. Considerando que para un adecuado funcionamiento debe estar todo instalado antes del inicio del primer vuelo, el SAG determinó como fecha límite el 15 de septiembre del 2014. Además, a contar de la temporada 2012-2013, los productores tienen la posibilidad de adquirir por sus propios medios los emisores de confusión sexual, teniendo como requisito contar con una superficie mínima para el buen funcionamiento de la técnica. En la temporada 2014-2015, al considerar los emisores entregados por SAG y aquellos adquiridos por el productor, se cubrieron 25.096 ha con la técnica de confusión sexual.

Como parte de la estrategia de control mediante confusión sexual, adicionalmente los productores en regiones bajo supresión y erradicación, debieron realizar tratamientos químicos en las 3 generaciones de la plaga, mientras que los productores en las regiones de supresión y contención, debieron aplicar

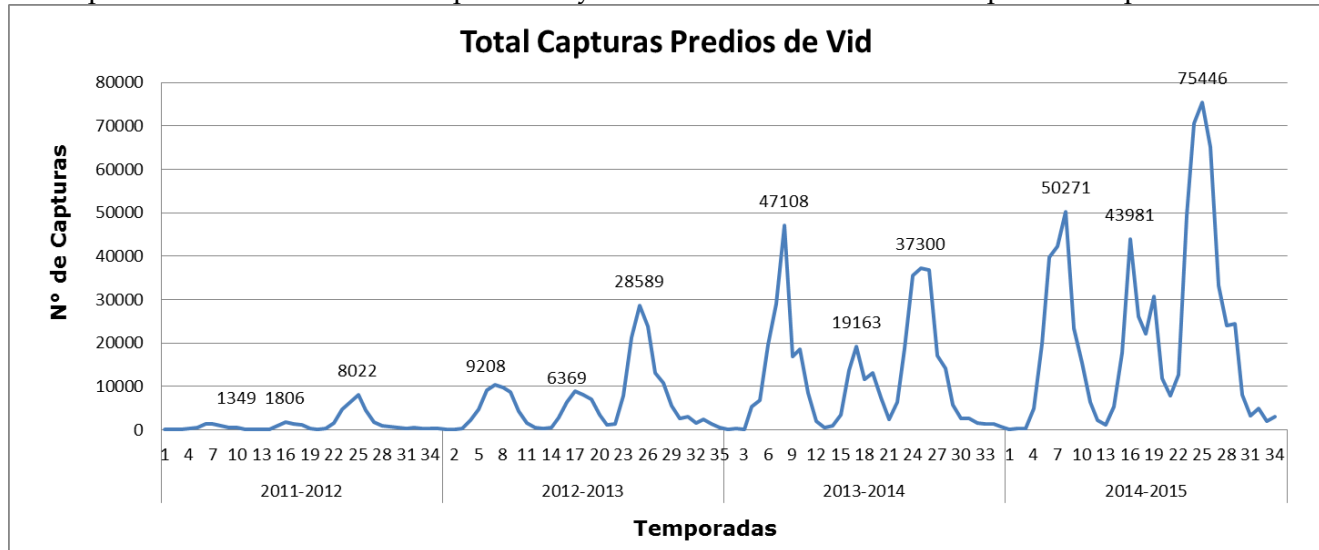
insecticidas para la primera y parte de la segunda generación. En el caso de encontrarse en comunas determinadas de baja prevalencia, se permitió el uso exclusivo de confusión sexual. Los resultados de las capturas de adultos en los predios donde el SAG entregó la feromona en las regiones bajo el esquema de supresión y contención se presentan en el Gráfico 3. Durante la temporada, se aprecia el efecto inmediato de la instalación de emisores, observándose una caída abrupta de las capturas en las trampas instaladas en los predios con confusión sexual. Cabe destacar que algunos predios presentaron de igual forma detecciones de estados inmaduros. C. Ioratti et al (2011 b) explica que la densidad de población es un factor clave en el éxito de la confusión sexual: sobre cierta densidad, los apareamientos no son interrumpidos, a pesar de que el ambiente esté inundado con feromonas. Inevitablemente algunos apareamientos ocurren dando lugar a descendencia (Torres-Vila *et al*, 2002). Por lo anterior, los insecticidas son necesarios para el manejo de cultivos que presenten altas poblaciones de insectos, de manera de conducir los niveles de plaga a uno en que la feromona pueda ser usada de la manera más eficiente (C. Ioratti et al, 2011 b). Según los registros del PNLb, se detectaron al mes de abril de 2015 un 40% de predios de vid con presencia de estados inmaduros de la plaga en aquellos huertos con confusión sexual prospectados en las regiones de contención. Se debe considerar que los predios con emisores de confusión sexual de las regiones bajo el esquema de contención, en su mayoría corresponden a los con mayores niveles de la plaga.

Comentarios finales

A partir de la detección de *L. botrana* el año 2008, el SAG en conjunto con el sector productivo han debido hacer frente a una plaga que por sus características y comportamiento es considerada como una de las más devastadoras para la producción vitivinícola. A pesar que en las regiones más afectadas no se ha logrado tener niveles poblacionales constantes, las medidas establecidas por el SAG en conjunto con el sector privado, han permitido mantener la plaga por debajo del umbral económico. Por otra parte, experiencias recogidas a nivel nacional e internacional, dan cuenta que predios con presencia de *L. botrana* que no llevan a cabo medidas de control, son enormemente afectados. En este sentido, es necesario implementar mejoras en el sistema de control, las cuales de parte del sector público, van en dirección de contar con herramientas que permitan definir el momento óptimo para llevar a cabo las aplicaciones de productos químicos e incorporar o desarrollar nuevas técnicas de control como insectos estériles, controladores biológicos, etc. Desde el sector privado se espera que el productor asuma responsabilidades dentro de sus unidades productivas.

Por último, el PNLb ha logrado implementar un sistema de monitoreo confiable para la detección oportuna del insecto, lo que ha permitido mantener el comercio y las exportaciones con países en donde *L. botrana* es considerada plaga cuarentenaria.

Gráfico 1: Capturas en predios de vid desde la temporada 2011-2012 hasta 2014-2015. La semana 1y 34 corresponden a la 1° semana de septiembre y la última de abril de cada temporada respectivamente.



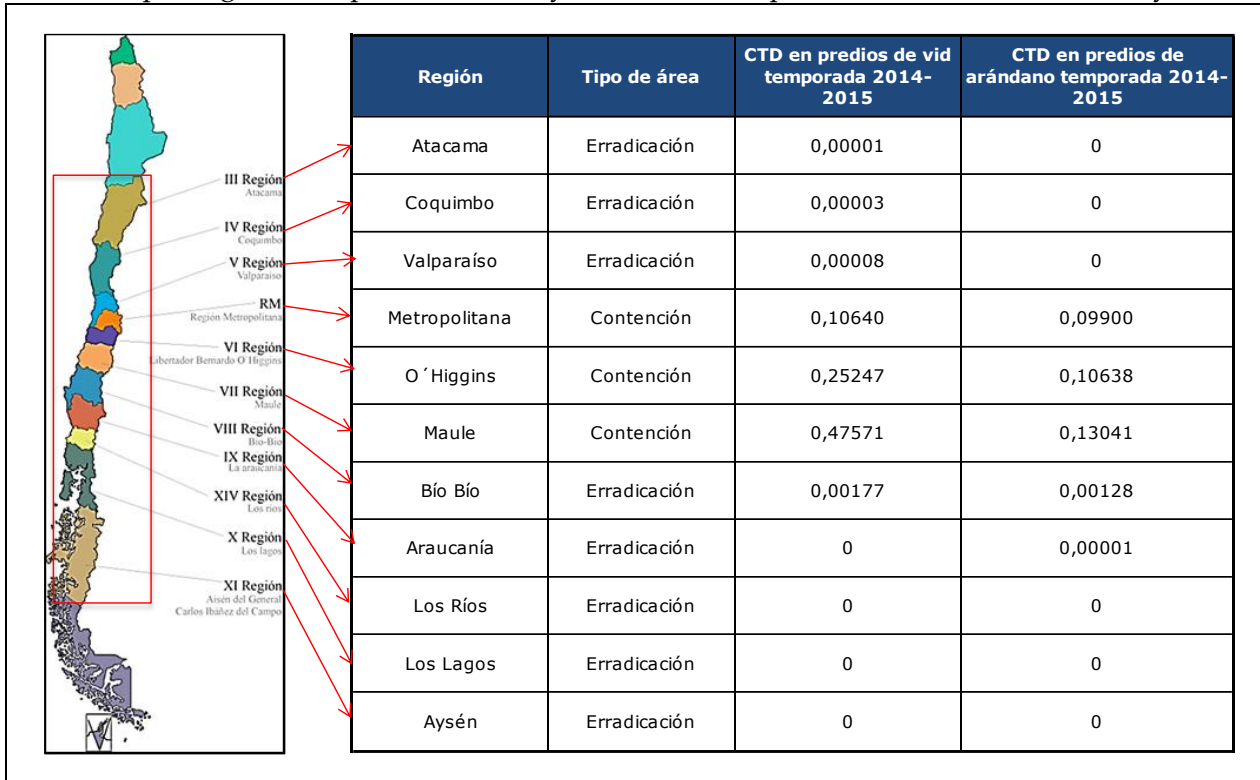
Fuente: SAG, 2015

Cuadro 1. Detalle de capturas por especie reglamentada en la temporada 2014-2015.

Región	Vid mesa	Vinífera	Mixtos (1)	Arándanos	Ciruelo	Total
Atacama	1	1	0	0	0	2
Coquimbo	2	10	9	0	0	21
Valparaíso	35	34	0	0	0	69
Metropolitana	9.961	23.546	2.115	905	8.540	45.067
O'Higgins	45.048	182.764	27.761	9.282	35.267	300.122
Maule	1.117	458.495	2.866	34.786	8.372	505.636
Bio bio	0	686	0	362	0	1.048
Araucanía	0	0	0	1	0	1
Total	56.164	665.536	32.751	45.336	52.179	851.966

(1) Mixtos: predios que presentan vid vinífera y de mesa en la misma unidad productiva. Fuente: SAG, 2015

Figura 1: CTD por regiones en predios de Vid y Arándano, temporada 2014-2015 al 04 de Mayo de 2015.



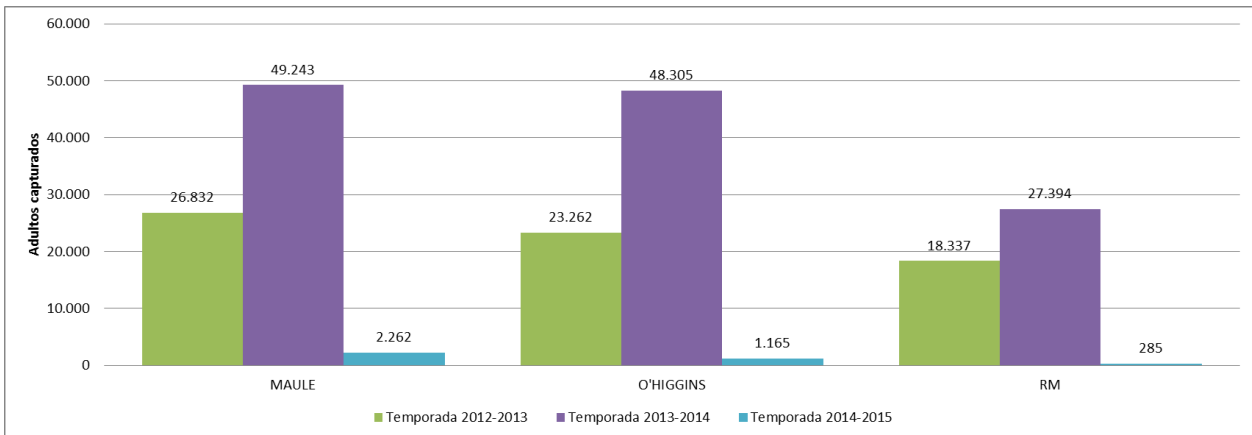
Fuente: SAG, 2015

Gráfico 2. Resumen de las prospecciones realizadas por el PNLb en predios de vid desde la temporada 2009-2010 a la temporada 2014-2015.

Región	2009-2010		2010-2011		2011-2012		2012-2013		2013-2014		2014-2015	
	Nº de predios prospectados	Nº de predios con detección	Nº de predios prospectados	Nº de predios con detección	Nº de predios prospectados	Nº de predios con detección	Nº de predios prospectados	Nº de predios con detección	Nº de predios prospectados	Nº de predios con detección	Nº de predios prospectados	Nº de predios con detección
Atacama	86	0	68	0	20	0	10	0	SI	SI	9	0
Coquimbo	800	1	447	1	232	0	60	0	SI	SI	50	0
Valparaíso	676	0	169	0	178	0	66	0	SI	SI	107	0
Región Metropolitana	535	29	533	27	447	81	381	147	235	95	530	96
O'Higgins	636	18	650	17	354	47	412	194	304	105	1288	588
Maule	670	28	464	41	321	67	338	160	168	131	974	341
BioBio	147	0	79	0	67	0	80	0	SI	SI	248	0
Araucanía	13	0	16	0	14	0	0	0	SI	SI	0	0

SI: Sin información. Fuente: SAG, 2015

Gráfico 3: Información histórica de adultos capturados en predios que recibieron ECS la temporada 2014-2015



Fuente: SAG, 2015

LITERATURA CITADA

M. Breuer, B. Huber. 2006. Künstlicher Traubenwicklerbefall- eine neue Möglichkeit zur Prüfung von Insektiziden im Weinbau. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Ang. Ent. 15.

CABI. 2015. Crop Protection Compendium. Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/cpc (Consultado Agosto, 2015).

R, Coscollá, 1981. Algunas consideraciones sobre la dinámica poblacional de *Lobesia botrana* Den. Schiff. en las comarcas vitícolas valencianas. Boletín del Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica 7 (1/2): 169-184.

R. Coscollá, 1997, 613 p., La polilla del racimo de la vid (*Lobesia botrana* Den. Y Schiff.). Generalitat Valenciana, Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, Valencia, España.

M. Fermaud, y A.Giboulot, 1992. Influence of *Lobesia botrana* Larvae on Field Severity of *Botrytis* Rot of Grape Berries. Plant disease 76: 404-409.

R. Gonzalez, 2008, Biología, desarrollo, caracterización de daños y manejo fitosanitario de la polilla europea de la vid, *Lobesia botrana* (Lep. Tortricidae), Universidad de Chile, Fac. de Cs. Agronómicas, Depto. Extensión, 25 p.

R. Gonzalez, 2015, 169 p., *Lobesia botrana* (D&S) y otras polillas plagas de la vid en Chile (Lepidoptera: Tortricidae). Universidad de Chile, Fac. de Cs. Agronómicas, Serie Ciencias Agronómicas N° 22, Santiago, Chile.

C. Ioratti, A. Lucchi, L. Varela, 2011 a, Chemical ecology and management of *Lobesia botrana* (Lepidoptera, Tortricidae), 339-357. In: Bostanian.

Noubar J., Vincent, Charles, Isaacs, Rufus, Arthropod Management in Vineyards: Pests, Approaches, and Future Directions.

C. Ioratti, G. Anfora, M. Tasin, A. de Cristofaro, P. Witzgall, A, Lucchi, 2011 b. Chemical ecology and management of *Lobesia botrana* (Lepidoptera, Tortricidae), J. Econ. Entomol. 104 (4): 1125-1137.

J. L. Pérez Marín, C. Ortega Sáenz, E. Palacios Ruiz, C. Gil-Albarellos Marcos, 1995. Un nuevo método de control de la polilla del racimo de la vid: la confusión sexual, Bol. San. Veg. Plagas, 21: 627-640.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), 2008. Resolución N° 2109 del 24 de abril de 2008.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), 2014. Resolución N° 4.287 de junio de 2014.

Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), 2010. Resolución 122/2010 del 3 de marzo de 2010.

L.M. Torres-Vila, M.C. Rodríguez-Molina, J. Stockel. 2002. Delayed mating reduces reproductive output of female European grapevine moth, *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). Bulletin of Entomological Research. 92: 241-249.

L.M. Torres -Vila, 2013. Un aniversario aciago: dos siglos de historia como plaga de la polilla del racimo de la vid, *Lobesia botrana* Den. y Schiff. Sociedad Española de Entomología Aplicada.

<http://www.seea.es/index.php/divulgacion/polilla-a-del-racimo-de-la-vid> (Consultado Agosto, 2015).

Varela, L. G., Smith, R. J., Cooper, M. L., & Hoenisch, R. W. (2010). European grapevine moth, *Lobesia botrana*. Napa Valley vineyards. Practical Winery & Vineyard Journal.

Zalom, F. G., L. G. Varela y M. Cooper. 2011. European Grapevine Moth (*Lobesia botrana*). Provisional Guidelines. Cooperative Extension and Statewide IPM Program. University of California Agriculture and Natural Resources. <http://www.ipm.ucdavis.edu/EXOTIC/eurograpevinemoth.html> (Consultado Agosto, 2015).