

# SIMIENTE

VOLUMEN 87 (3-4) JULIO-DICIEMBRE 2017



---

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](mailto: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](mailto:sociedad.agronomica.chile@gmail.com)

### Diseño y Diagramación:

Denisse Espinoza Aravena.

### Consejo Directivo 2017

**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.*

*Rina Acuña R., Ing. Agr.*

*Patricio Almarza, Ing. Agr.*

*Pedro Calandra B., Bibliotecario.*

*Jaime Montealegre a. Ing. Agr.*

*Patricia Rojas, Ing. Agr.*

*Peter Seemann, Ing. Agr., Dr.*

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

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

**Libro**: ALLARD, R.W. 1975. Principios de la mejora genética de plantas. 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 Publ. California. 360 p.

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

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

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

### Pruebas

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

---

## TABLA DE CONTENIDOS

### TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

**Distintas dosis de Digestato como acelerador de la degradación del rastrojo de maíz** 1

*Merlo, Camila; Seguel, Óscar y Varnero María Teresa*

**Estudio comparativo de la eficacia de aplicación entre una pulverizadora convencional y la nueva pulverizadora "Tendone" para el control de *Botrytis cinerea* en uva de mesa "Thompson Seedles"** 11

*Rojas, Tamara; Michel, Lucia; Salinas, José y Álvarez, Mario*

**Avances en la Injertación de variedades de pistachero (*Pistacia vera* L.) sobre plantas adultas** 29

*Almarza, Patricio; Barraza, Alicia y Morales, Michelle*

### NOTAS CIENTÍFICAS

**Tratamientos sanitizantes contra bacterias patógenas en el procesamiento de germinados para consumo en fresco y condiciones de almacenamiento** 35

*Valladares S., Carla*

**Uso de envasado en atmósfera modificada en los productos de IV y V Gama** 45

*Escalona, Víctor Hugo*

---

## DISTINTAS DOSIS DE DIGESTATO COMO ACELERADOR DE LA DEGRADACIÓN DEL RASTROJO DE MAÍZ.

*Merlo, C., Seguel, O. y Varnero, M.*

Departamento de Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile.

Mail: [mvarnero@gmail.com](mailto:mvarnero@gmail.com)

### RESUMEN

La cosecha de maíz genera alrededor de 10-20 ton ha<sup>-1</sup> de rastrojo en la superficie del suelo. La degradación de estos rastrojos puede tardar más de 4 temporadas, debido a su alto contenido ligno-celulósico, sumado a una relación C/N >60/1. La quema de rastrojos constituye una práctica agrícola habitual para despejar el terreno y disponer la preparación del suelo para la siguiente temporada, lo que genera problemas ambientales como pérdida de nutrientes, erosión del suelo, pérdida de materia orgánica y contaminación atmosférica por emisión de gases efecto invernadero y material particulado. Una alternativa a la quema es provocar una rápida degradación de este material, de modo de dejarlo en condiciones de ser incorporado al suelo, mediante el uso de digestato líquido, proveniente de biodigestores anaeróbicos, el cual contiene abundantes consorcios microbianos especializados en la degradación de moléculas orgánicas. Se establecieron 15 parcelas piloto de 1 m<sup>2</sup> con 1 kg de rastrojo de maíz cada una, en las cuales se aplicaron tres tratamientos: 2 L de agua (T<sub>1</sub>), 1 L de digestato más 1 L de agua (T<sub>2</sub>) y 2 L de digestato (T<sub>3</sub>). Al cabo de cuatro meses de iniciado el ensayo, se evaluó la degradación del rastrojo determinando tamaño de partícula, estabilidad biológica y relación carbono-nitrógeno. Además para evaluar la calidad del rastrojo final, se midió fitotoxicidad y fragilidad del material. Los

resultados señalan que la incorporación de digestato favorece la biodegradación de los rastrojos, reduciendo el periodo de descomposición natural, obteniéndose un producto con un menor tamaño de partícula, sin compuestos fitotóxicos, de baja relación C/N y biológicamente estable. Además, se determinó que los tratamientos con aplicación de digestato presentan una mayor resistencia ante cargas mecánicas externas, previniendo procesos de asentamiento.

**Palabras claves:** descomposición, tamaño de partícula, fitotoxicidad, relación C/N, estabilidad biológica.

### ABSTRACT

The corn crop generates about 10 to 20 t ha<sup>-1</sup> stover over soil surface. The degradation of these residues may take more than 4 seasons due to its high content lignocellulosic combined with a C/N ratio > 60/1. Stover burning is a common agricultural practice to clear the land and provides soil preparation for next season, which leads to environmental problems such as nutrient loss, soil erosion, loss of organic matter and air pollution emission through greenhouse gases and particulate matter. An alternative to stover burning is cause rapid degradation of this material, in order to leave it able to be incorporated into the soil, by means of liquid digestate from anaerobic digesters,

---

stemming from anaerobic digesters, which contains abundant specialized microbial consortia degradation of organic molecules. It was established 15 smallholdings of 1 m<sup>2</sup> with 1 kg of corn stover each, which were applied three treatments: 2 L of water (T<sub>1</sub>), 1 L of digestate plus 1 L of water (T<sub>2</sub>) and 2 L of digestate (T<sub>3</sub>). After four months into the trial, stover degradation was evaluated by determining particle size, biological stability and carbon-nitrogen ratio. In addition, in order to evaluate the quality of the final stover, it was measured phytotoxicity and fragility of the material. The results indicate that the incorporation of digestate promotes biodegradation of crop residues, reducing the period of natural decomposition, yielding a product with a smaller particle size without phytotoxic compounds, low C/N and biologically stable. In addition, it was determined that treatment with application of digestate has a higher resistance to external mechanical loads, preventing settlement processes.

**Keywords:** decomposition, particle size, phytotoxicity, C/N ratio, biological stability.

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.), es un cereal ampliamente producido tanto a nivel mundial como nacional. Datos de ODEPA-Chile, señalan que la producción nacional durante el periodo 2014/2015 corresponde a 1.450.537 toneladas. Este cultivo se encuentra distribuido desde la Región de Coquimbo hasta la Región de los Lagos, representando una superficie de 125.200 hectáreas (ODEPA, 2015). Este cereal es utilizado como fuente de alimento por su alto contenido energético para consumo de

la población humana y ganadera, como también para la elaboración de productos procesados como bebidas, edulcorantes, aceites y alcohol industrial (Ranum et al., 2014).

Una vez cosechado el maíz quedan alrededor de 10-20 ton ha<sup>-1</sup> de rastrojo en la superficie del suelo. Esta gran cantidad, sumado a la alta relación C/N > 60/1 que posee el rastrojo, provoca una lenta descomposición que dificulta la preparación de suelo para realizar la próxima siembra de la temporada (Acevedo y Silva, 2003). Frente a esta situación, una práctica común realizada por los agricultores es la quema de rastrojo, ya que elimina rápidamente los residuos dejados en el campo. Dicha práctica trae consigo una serie de consecuencias negativas para la agricultura y medioambiente. Según Taladriz y Schwember (2012) la quema de rastrojos provoca una pérdida de nutrientes, ya que un 98% a 100% de contenido de nitrógeno es desaprovechado de los residuos dejados en el campo; 20% a 40% de fósforo y potasio y 70% a 90% de azufre. Por otra parte, el suelo producto de la quema del rastrojo queda mayormente expuesto a la erosión y a una disminución constante de la materia orgánica. Finalmente, la quema de rastrojos contribuye a la contaminación atmosférica y calentamiento global al liberarse grandes cantidades de gases nitrogenados y carbonados (Taladriz y Schwember, 2012).

Tal situación es habitual en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, donde se concentra la mayor producción maicera de Chile. Durante el año 2015 se han producido 671.566 toneladas, abarcando un total de 53.868 hectáreas (ODEPA, 2015). Siendo entonces el maíz, el principal rastrojo

---

quemado en dicha región, representando el 56% de la superficie, seguido por restos de frutales y de viñas con un 43% y 1% respectivamente (Astudillo y Fuentealba, 2011). Según el Sistema de Asistencia a Quemas (CONAF, 2015) son 320 hectáreas durante el año 2015 en las que se han realizado prácticas de quema de maíz, siendo Colchagua la provincia con mayor superficie quemada con 314 hectáreas.

Desde el año 2009, según el Decreto Supremo N° 7 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES) se considera el Valle Central de la VI Región como zona saturada por Material Particulado respirable (PM10) por concentración de veinticuatro horas y concentración anual. Esta zona representa el 78% del total de la población de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins afectando un total de 688.364 habitantes (Avendaño, 2013). Como medida para la reducción de emisiones, se implementa desde el año 2013 el Plan de Descontaminación atmosférica (PDA) del Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, el cual presenta dentro de sus principales objetivos el control de emisiones asociadas a las quemas agrícolas considerando que aportan en un 27% al PM10, luego de la combustión de leña que aporta un 64% (Avendaño, 2013). Las medidas tomadas por el Plan de Descontaminación atmosférica del Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins consideran la prohibición de quemas de rastrojo y de cualquier tipo de vegetación en terrenos agrícolas, ganaderos o de aptitud forestal comprendidos en la zona de saturación. Siendo el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) la entidad capaz de autorizar

excepcionalmente la práctica de quema (Avendaño, 2013).

Es por esto, que se propone como alternativa a la quema de rastrojo el uso de digestato, el cual corresponde a un subproducto obtenido de biodigestores y que se caracteriza por ser un material orgánico estabilizado, sin olor, libre de patógenos, con una alta actividad biológica y un alto contenido de nutrientes (Carrillo, 2003). El digestato aplicado sobre el rastrojo de maíz podría permitir acelerar su degradación, ya que tal como indica Roper y Ladha (1995), el rastrojo corresponde a una fuente de macronutrientes para la obtención de energía de consorcios microbianos que degradan la biomasa aérea dejada en la superficie del suelo compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina.

Considerando que esta Región basa su economía en el rubro agroindustrial (Avendaño, 2013), es importante encontrar una alternativa a la práctica de la quema de rastrojos, permitiendo mejorar la calidad del aire y del suelo, la salud y calidad de vida de los habitantes de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se establecieron 15 parcelas de 1 m<sup>2</sup>, donde se aplicó en cada una de ellas 1 Kg de rastrojo de maíz proveniente de la localidad de Placilla, Sexta Región. El rastrojo fue previamente picado de tal forma de obtener un tamaño único de 8 cm. Se realizaron tres tratamientos correspondientes a distintas dosis de digestato, los cuales fueron: 2 L de agua (T<sub>1</sub>), 1 L de digestato más 1 L de agua (T<sub>2</sub>) y 2 L de digestato (T<sub>3</sub>); se aplicaron tres

---

veces por semana, durante cuatro meses (julio a octubre). La aplicación se realizó a medio día, mediante una probeta graduada y el digestato fue obtenido del biodigestor de carga continua ubicado en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Una vez realizada la aplicación, se cubrían todas las parcelas con plástico, de modo de evitar la presencia de aves y roedores, como también el exceso de humedad por lluvia.

Una vez finalizado el periodo de aplicación de digestato se evaluó la degradación del rastrojo de maíz mediante los parámetros de tamaño de partícula (Varnero, 2005), estabilidad biológica (TMECC, 2004) y relación carbono-nitrógeno (TMECC, 2004). Mientras que, la calidad del rastrojo final se determinó con la fitotoxicidad (Varnero, 2005) y fragilidad del material<sup>1</sup>. Finalmente, se utilizó la Normativa Chilena de Compost 2880 (INN, 2015) como referencia para determinar la madurez de los rastrojos.

### **Análisis estadístico**

Los resultados fueron evaluados mediante análisis de varianza (ANDEVA) a través del programa estadístico InfoStat para un diseño completamente aleatorizado (DCA) con un estadígrafo de LSD de Fisher a un nivel de confianza de 95%.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Tamaño de partículas**

Se observó una disminución en el tamaño de partícula con una mayor dosis de digestato. Esto se ve reflejado en el tratamiento T<sub>3</sub>, el cual concentra un 80% en los tamaños de

partícula “Muy pequeño” y “Pequeño”, en contraste al tratamiento T<sub>1</sub>, que concentra su mayor porcentaje en el tamaño de partícula “Grande”, lo que muestra una menor degradación del material al no existir un aporte del digestato. Mientras que el tratamiento T<sub>2</sub> lo concentra en el tamaño de partícula “Pequeño” (Figura 1).

El análisis estadístico se realizó por cada categoría de tamaño entre tratamientos, identificando que existen diferencias significativas entre los tamaño de partícula: Muy pequeño (0,05 – 1 mm), Mediano (4,75 – 6,3 mm) y Grande (9,5 – 19 mm), mientras que el tamaño de partículas Pequeño (2 – 3,35 mm) no presentó diferencias significativas entre los tratamientos.

La reducción en el tamaño de partículas mostró cómo el residuo orgánico inicial ha sido degradado, tal como expone Coberlla y Ullivarri (s.f), quienes plantean que cuanto menor es el tamaño de partícula de un residuo mayor es la velocidad de descomposición de éste, ya que aumenta la superficie de contacto para el ataque de microorganismos lo que favorece la fragmentación de paredes celulares con lignina, dejando expuesto tejidos a una mayor descomposición.

### **Estabilidad biológica**

La estabilidad biológica medida como desprendimiento CO<sub>2</sub> (Figura 2) muestra que todos los tratamientos se encuentran estables según la Normativa Chilena de Compost (INN, 2015), la cual establece como limite un valor menor o igual a 8 mg de C-CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> de materia orgánica por día. Siendo los valores finales de desprendimiento medidos en mg C-CO<sub>2</sub> g MO<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> para T<sub>1</sub> de 1,04, T<sub>3</sub> con 0,9 y finalmente T<sub>2</sub> con 0,81,

---

<sup>1</sup> Metodología propuesta por Oscar Seguel profesor del Departamento de Ingeniería y Suelos, Universidad de Chile.

---

no observándose diferencias significativas entre los tratamientos. Estos valores reflejan un descenso en la actividad microbiana, debido a que gran parte de la degradación de residuos orgánicos ha ocurrido y por tanto, existe una disminución en la disponibilidad de carbono lábil y un agotamiento de las fuentes nitrogenadas (Faúndez, 2005). A pesar de, que todos los tratamientos se encuentren bajo el límite establecido se observó un aumento del desprendimiento de CO<sub>2</sub> en el cuarto mes de ensayo, lo que se podría relacionar con la degradación de materiales más resistentes a la descomposición, siendo el aumento del desprendimiento de CO<sub>2</sub> un reflejo de una mayor actividad biológica (Saucedo, 2007).

### **Relación C/N**

Todos los tratamientos disminuyeron su relación C/N con respecto al valor del rastrojo de maíz previo a las aplicaciones de digestato, el cual presentó una relación C/N de 96/1. Mientras que, el análisis estadístico mostró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> (Cuadro 1).

De acuerdo con FAO (sf), durante el proceso de descomposición de residuos orgánicos, el CO<sub>2</sub> es liberado y la relación C/N disminuye; además los microorganismos mineralizan el nitrógeno bajo la forma de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) en el suelo, mientras que otros rápidamente convierten el amonio en nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) el cual se encuentra disponible fácilmente para ser absorbido por las plantas.

La Norma Chilena de Compost 2880 (INN, 2015) establece como criterio de madurez una relación C/N igual o menor a 30, lo que da cuenta que los tratamientos se encuentran poco estabilizados siendo mayor

el caso del tratamiento T<sub>1</sub>. Sin embargo, la utilización de digestato permite una disminución más rápida de esta relación, otorgando al tratamiento T<sub>3</sub> un valor cercano a lo exigido por la normativa.

### **Fitotoxicidad**

La fitotoxicidad fue determinada mediante bioensayo de germinación in vitro con semillas de rabanito (*Raphanus sativus*), el cual indicó que todos los tratamientos poseen un índice de germinación sobre 80%. Esto, según Emino y Warman (2004) indica ausencia de toxicidad (Cuadro 2), lo que para la Normativa Chilena de Compost (INN, 2015) se encuentra también en un rango adecuado, posibilitando usar éste material como enmienda orgánica en el suelo sin afectar el desarrollo de cultivos.

Por otra parte, en el extracto de rastrojo de maíz no existió germinación alguna (Cuadro 3), por lo que se concluye una toxicidad severa en este tipo de rastrojo. Este alto nivel de fitotoxicidad se encuentra relacionado con la presencia de compuestos químicos llamados aleloquímicos, los cuales producen una inhibición en el crecimiento de una planta sobre otra, entre especies diferentes y entre cultivares de una misma especie (Guenzi et al., 1967 citado por Acevedo y Silva, 2003). Los aleloquímicos pueden ser liberados por la lixiviación directa de los residuos, por ejemplo durante periodos de lluvias o por la descomposición de residuos mediante la acción de microorganismos (Bhowmik y Doll, 1982). Considerando que la liberación de aleloquímicos se encuentra relacionada con la descomposición de los rastrojos (Acevedo y Silva, 2003), es posible recomendar la aplicación de digestato como manejo para acelerar dicha descomposición y con ello

---

también la liberación y degradación de compuestos fitotóxicos.

### **Fragilidad del material**

Se determinó la sensibilidad o fragilidad de los tratamientos respecto al asentamiento o disminución de la altura en cm por efecto de una energía aplicada, estandarizada como un número de golpes realizados. Fue T<sub>1</sub> el tratamiento más sensible, ya que por cada golpe sucesivo tuvo un mayor asentamiento, que queda demostrado en una mayor pendiente. Además, posee un mayor asentamiento con un único golpe (log 0), disminuyendo 8,4 cm en comparación con los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>, que disminuyeron 4,2 y 3,2 cm respectivamente (Figura 3). El análisis estadístico indica que, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> en cada uno de los golpes. Finalmente, T<sub>3</sub> fue el tratamiento con menor sensibilidad a las cargas externas, representada por una menor disminución en altura por cada golpe realizado y por tanto, una menor pendiente respecto al resto de los tratamientos.

Por otra parte, la Figura 4 muestra el incremento diferencial respecto el número de golpes, es decir, el aporte neto al asentamiento que realizó cada uno de los golpes, donde se observó que el primer golpe fue el más importante, ya que provoca un mayor asentamiento en todos los tratamientos. Sin embargo, a partir del golpe número 10 no existieron diferencias entre los tratamientos, observándose un incremento mínimo en el asentamiento. Por tanto, el mayor impacto en el asentamiento fue proporcionado por los primeros 10 golpes, destacando el primer golpe.

La principal importancia de los resultados obtenidos, radica en que los tratamientos en que se utilizó digestato (tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>), otorgaron un material de menor fragilidad en comparación con el material obtenido del tratamiento T<sub>1</sub>, en que solo se utilizó agua sobre el rastrojo, retardando su estabilización biológica en relación a los tratamientos con digestato. Esto se traduce en que los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> permitirán una mayor resistencia al asentamiento, previniendo la compactación del suelo ante la acción de labores mecánicas de labranza o tránsito de animales. Este aporte se asocia a los beneficios otorgados por los rastrojos como fuente de materia orgánica, efecto que ya había sido determinado por Zhang et al. (2005), quienes establecieron que una enmienda orgánica estabilizada genera una mayor resistencia mecánica y menor compresibilidad en relación a una enmienda fresca.

### **CONCLUSIONES**

Los tratamientos con aplicación de digestato favorecen la degradación del rastrojo de maíz en comparación al tratamiento en que solo se aplicó agua. Sin embargo, no existe un aumento en la degradación con dosis crecientes de digestato. Por lo tanto, se recomienda usar dosis entorno a 1 litro de digestato. El uso del digestato favorece la reducción del tamaño de partícula y la relación C/N. Obteniéndose un material final que bajo la Norma Chilena de Compost se encuentra estable biológicamente y en ausencia de compuestos fitotóxicos. Por tanto, es posible evitar el uso del fuego en la quema de rastrojo con la aplicación de digestato, siendo además beneficiosa su posterior incorporación en el suelo para prevenir procesos de asentamiento.

---

## LITERATURA CITADA

- Acevedo, E. y P. Silva. 2003. Agronomía de la cero labranza. Santiago: FIA. Universidad de Chile. 132p. (Serie Ciencias Agronómicas N° 10)
- Astudillo, B. C y R. G Fuentealba. (Eds). 2011. Estrategia Regional de Desarrollo 2011-2020. [en línea]. Rancagua, Chile: División de Planificación y Ordenamiento Territorial. 205p. Recuperado en: <[http://www.delibertador.cl/documento/s/ERD\\_2011-2020.pdf](http://www.delibertador.cl/documento/s/ERD_2011-2020.pdf)> Consultado el: 5 de julio de 2015.
- Avendaño, P. F. (Ed). 2013. PDA (Plan de Descontaminación Atmosférica) del Valle Central de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins. [en línea]. Rancagua, Chile: Ministerio del Medio Ambiente. 64p. Recuperado en: <[http://www.sinia.cl/1292/articles-55516\\_Libro\\_PPDA\\_Valle\\_OHiggins.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-55516_Libro_PPDA_Valle_OHiggins.pdf)> Consultado el: 5 de julio de 2015.
- Bhowmik, P and J. Doll. 1982, jul, aug. Corn and Soybean response to allelopathic effects of weed and crop residues. *Agronomy Journal*, (74): 601-606.
- Carrillo, L. 2003. Rumen y biogás. Microbiología agrícola. Salta, Argentina: Universidad Nacional de Salta. 16p.
- Coberlla, R. y J. Ullivarri. s.f. Materia orgánica del suelo. Tucumán, Argentina: Universidad Nacional de Tucumán. 10p.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal), Chile. 2015. Sistema de Asistencia a Quema. [en línea]. Santiago, Chile: CONAF, Ministerio de Agricultura. Recuperado en: <[http://saq.conaf.cl/login/index.php?noca\\_che=165278879955d3cef3f0c34](http://saq.conaf.cl/login/index.php?noca_che=165278879955d3cef3f0c34)>. Consultado el: 05 de julio de 2015
- Emino, E. and P. Warman. 2004. Biological Assay For Compost Quality. *Compost Science and Utilization*, 12 (4): 342-348.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Chile. s.f. Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible: Materia orgánica y actividad biológica. Santiago, Chile: FAO. 28p.
- Faúndez, P. 2005. Actividad microbiológica global en suelos acondicionados con biosólidos cloacales frescos y compostados con residuos forestales. Memoria Ingeniero Agrónomo, Mención Manejo de Suelos y Aguas. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 61h
- Instituto Nacional de Normalización, Chile. NCh 2880. Compost- Clasificación y requisitos. Santiago, Chile: INN, 2015a. 17p.
- ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias), Ministerio de Agricultura, Chile (Ed.). 2015, jul. Maíz: producción, precios y comercio exterior. (Bol.Men.) Santiago, Chile: ODEPA. 21p.
- Ranum, P., Peña-Rosas, J. P., and Garcia-Casal, M. N. 2014. Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1): 105-112.
- Roper, M. M., Ladha, J. K. 1995. Biological N-2 fixation by heterotrophic and phototrophic bacteria in association with straw. *Plant and Soil*, 174(1-2): 211-224.
- Saucedo, G. 2007. Degradación y estabilización acelerada de residuos sólidos urbanos (RSU) por tratamientos aerobios y anaerobios. Iztapalapa, México: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. 54p.
- Taladriz, A. y A. Schwember. 2012, dic. ¿Qué hacer con los rastrojos? *Agronomía y Forestal UC*, (46): 24-28.
- The composting council research and education foundation (TMECC). 2004. [en

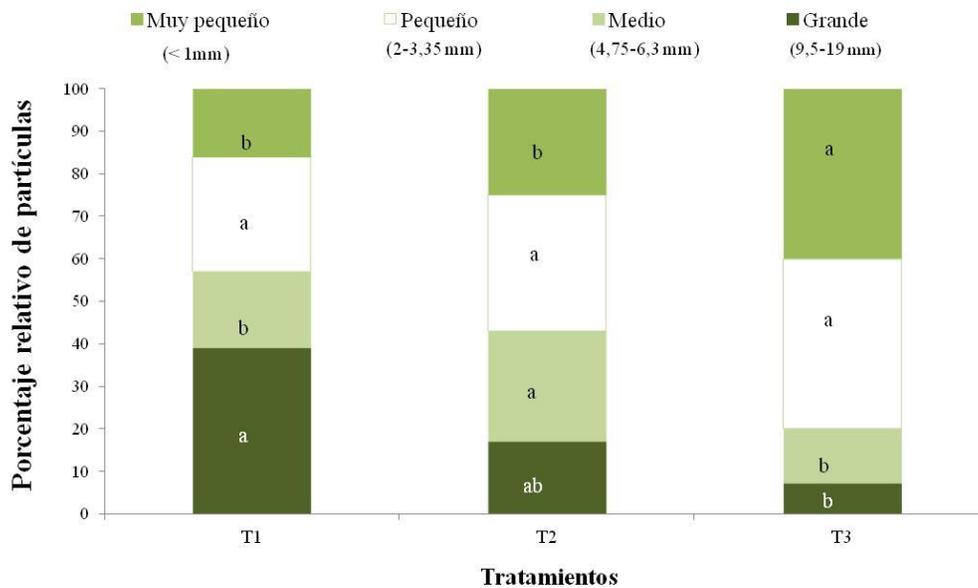
línea]. Test methods for the examination of composting and compost. Recuperado en: <<http://compostingcouncil.org/test-methods-parameters/>>. Consultado el: 15 de octubre de 2014.

Varnero, M. 2005. V taller de producción de compost. Aspectos técnicos, legales y

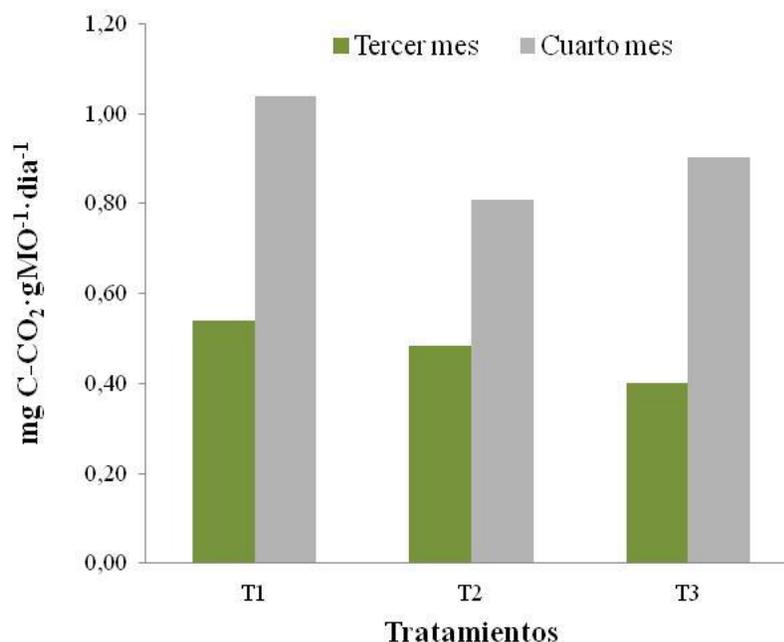
desafíos. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 25p.

Zhang, B.; R. Hom and P. Hallet. 2005. Mechanical resilience of degraded soil amended with organic matter. *Soil Science Society of America Journal*, 69 (3):864-871

## ANEXOS



**Figura 1.** Tamaño de partícula de los tratamientos. Letras iguales en sentido horizontal indican diferencias estadísticas no significativas por cada categoría según test LSD Fisher ( $p>0,05$ ).



**Figura 2.** Estabilidad biológica de los tratamientos, medida en mg de carbono como CO<sub>2</sub> por gramo de materia orgánica por día, durante el tercer y cuarto mes del ensayo.

**Cuadro 1.** Relación C/N final de los tratamientos.

Tratamiento	C/N
T <sub>1</sub>	50,09 a
T <sub>2</sub>	35,08 b
T <sub>3</sub>	31,37 b

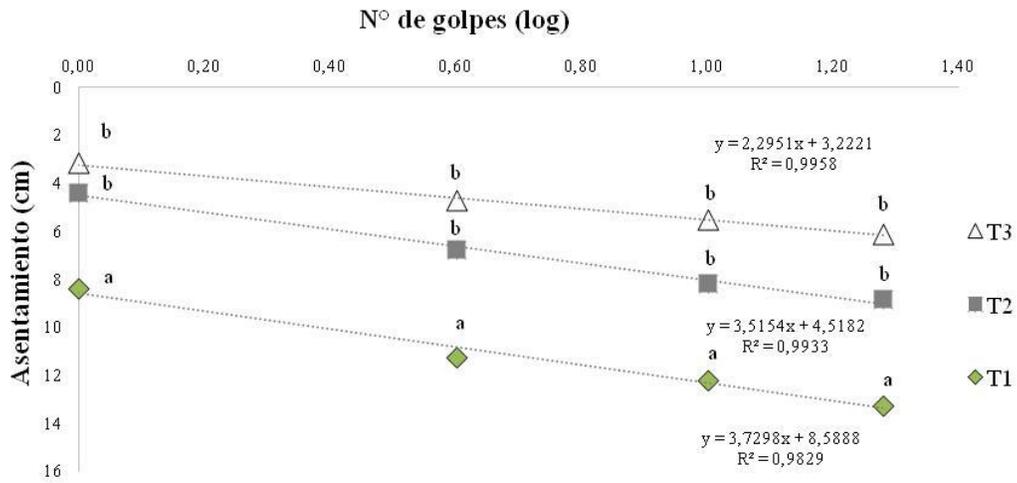
Letras iguales en sentido vertical indican diferencia no significativa, según test LSD Fisher ( $p > 0,05$ )

**Cuadro 2.** Nivel de Fitotoxicidad. Emino y Warman (2004)

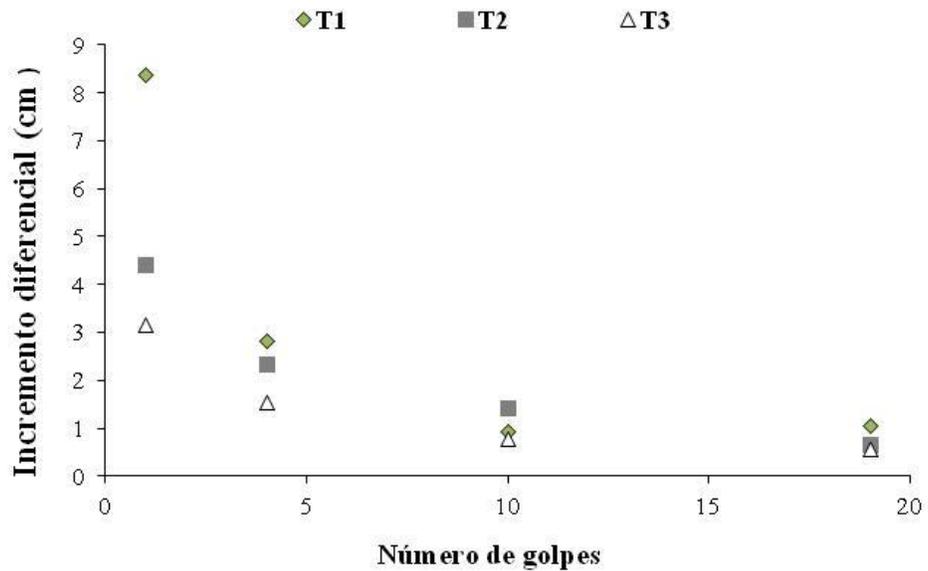
Índice de Germinación (%)	Nivel de Fitotoxicidad
IG ≤ 50	Toxicidad severa
50 < IG < 80	Toxicidad moderada
IG ≥ 80	Ausencia de toxicidad

**Cuadro 3.** Índice de Germinación de los tratamientos

Tratamiento	Índice de Germinación (%)
T <sub>1</sub>	89,8
T <sub>2</sub>	100,0
T <sub>3</sub>	95,4
Rastrojo de maíz	0



**Figura 3.** Asentamiento(cm) por Nº de golpes (log) de cada tratamiento. Letras iguales en sentido vertical indican diferencias estadísticas no significativas según test LSD Fisher ( $p > 0,05$ ).



**Figura 4.** Incremento diferencial (cm) por Nº de golpes de cada tratamiento.

---

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EFICACIA DE APLICACIÓN ENTRE UNA PULVERIZADORA CONVENCIONAL Y LA NUEVA PULVERIZADORA “TENDONE” PARA EL CONTROL DE *BOTRYTIS CINEREA* EN UVA DE MESA “THOMPSON SEEDLESS”**

**Comparative study of the application efficacy between a conventional sprayer and the new “Tendone” sprayer to the control of *Botrytis cinerea* in “Thompson seedless” grapes**

*Tamara Rojas C., Lucía Michel G., José Salinas N., y Mario Álvarez A.*

Área I+D+i, Dpto. Técnico. Martínez y Valdivieso S.A. Camino Longitudinal Ruta 5 sur N°67. Buin, Chile.

E-mail: [trojas@nsagro.cl](mailto:trojas@nsagro.cl)

### RESUMEN

Las pulverizaciones agrícolas representan una práctica costosa, contaminante e ineficiente, por lo cual resulta imperativo optimizar la calidad de las mismas, en pos de una mayor productividad y sustentabilidad ambiental. Recientemente, se encuentra disponible en el mercado una nueva nebulizadora con tecnología electrostática, ‘Tendone’, caracterizada por: (1) versatilidad en volumen de mojado (80 a 2000 L/ha), y (2) con sistema de toberas, en lugar de boquillas. Para comparar la eficacia de aplicación entre esta nueva pulverizadora y la de una pulverizadora convencional (turbo), sobre el control de *Botrytis cinerea*, en 2015-16 se realizó un estudio en uva “Thompson Seedless”, en San Vicente Tagua-Tagua, VI Región. Se usaron 2 tratamientos: aplicación de 1 hectárea con el programa completo de control de *Botrytis* usado en el campo, mediante: (1) Maquinaria convencional (1000 L/ha) y (2) Maquinaria Tendone (500 L/ha). Se evaluó incidencia y severidad de *Botrytis* en pre-cosecha y post-cosecha. En ambas fechas de evaluación, los resultados arrojaron que la aplicación con la maquinaria Tendone disminuye la incidencia y severidad de la enfermedad,

respecto a la maquinaria convencional. De esta manera, la nueva pulverizadora “Tendone” no sólo aumenta la eficacia de la aplicación, sino también la eficiencia, al lograr un mejor control con la mitad del volumen de agua en las aplicaciones.

**Palabras clave:** sustentabilidad, tecnología, pulverización electrostática, boquillas, pudrición gris

### ABSTRACT

Agricultural spraying is an expensive, polluting and inefficient practice, so it is imperative to optimize their quality, in order to reach a greater productivity and environmental sustainability. Recently, is available on the market a new sprayer with electrostatic technology, “Tendone”, characterized by: (1) versatility in wetting volume (80 to 2000 L/ha), and (2) with deflecting nozzle system, instead of nozzles. In order to compare the efficacy of application between this new sprayer and the conventional one (turbo), in the control of *Botrytis cinerea*, in 2015-16, a study was made in 'Thompson seedless' grapes, in San Vicente Tagua-Tagua, VI Region. Two treatments were used: application of 1

---

hectare with the complete control program of *Botrytis* used in the field, through: (1) Conventional sprayer (1000 L/ha) and (2) Tendone sprayer (500 L/ha). The incidence and severity of *Botrytis* was evaluated in pre-harvest and post-harvest. In both evaluation dates, the results showed that the application with Tendone sprayer reduces the incidence and severity of the disease, compared to conventional sprayer. In this way, the new "Tendone" sprayer not only increases the efficacy of the application, but also its efficiency, by achieving a better control with the half of volume water in applications.

**Keywords:** sustainability, technology, electrostatic spraying, nozzles, grey mold.

## INTRODUCCIÓN

Los productos químicos agrícolas alcanzan un costo de producción mundial de más de 25 mil millones de dólares anuales, y cerca de 2,25 mil millones de kilogramos de sus ingredientes activos se liberan cada año en el ecosistema (Law, 2001). Esto se debe a que, cuando un agroquímico es aplicado a un cultivo, sólo el 1% alcanza el organismo "objetivo", mientras que un 25% es retenido por el follaje, un 30% llega al suelo, y el 44% restante es liberado a la atmósfera, y a los sistemas acuáticos, por escorrentía y lixiviación (Ríos *et al.*, 2010). Luego, el producto puede ser transportado desde el suelo hacia el aire, agua o vegetación, entrando en contacto con una amplia gama de organismos, incluyendo animales, cultivos y seres humanos (Bruno, 2003). De esta manera, las aplicaciones agrícolas representan una práctica costosa, contaminante e ineficiente y, por ende, resulta imperativo optimizar la calidad de

las mismas, con la primicia de obtener producciones constantes, rentables y sostenibles en el tiempo.

Actualmente, pocos productores frutícolas son conscientes de la preocupación manifiesta de la comunidad y del gobierno acerca del uso indiscriminado e ineficiente de los productos químicos, por lo cual mejorar la eficiencia de las pulverizaciones constituye un factor esencial en un sistema que busca integrar el uso de agroquímicos con otras estrategias de control (Furness *et al.*, 1998). Al respecto, se ha señalado que, al realizar una aplicación, hasta un 90% del producto asperjado puede sufrir deriva (Hang, 2010), puesto que no sólo influyen las condiciones ambientales durante la aplicación, sino también las subsiguientes a la misma (Vázquez, 2003). Así, dado que existe una gran ineficiencia en el depósito de los productos sobre la superficie de las plantas, es imprescindible trabajar no sólo en la eficacia del depósito sino también en la distribución espacial de las gotas depositadas (Magdalena, 2010).

Las pulverizaciones agrícolas de mala calidad traen como consecuencia un aumento en los costos de producción, al tener que aumentar el número de aplicaciones para lograr el efecto buscado. Además, aumentan los riesgos de sobre-dosificación y sub-dosificación, lo que causa daños al ambiente o mermas en la producción, respectivamente. En este sentido, a menudo se le otorga más importancia al producto químico que a la máquina que realiza la aplicación, a pesar de que las pulverizaciones de agroquímicos requieren la utilización de equipos de buena calidad, y en buen estado, para conseguir la máxima efectividad, además de evitar daños

---

sobre el cultivo que se busca proteger (Bongiovanni, 2003). Al respecto, del total de la maquinaria utilizada en huertos de uva de mesa, a nivel nacional, un 33% tiene más de 15.000 horas de uso, un 58% no tiene funda cardánica, un 75% tiene fugas de caldo, al 17% no le funciona el manómetro y el 10% tiene roto el tacómetro (Riquelme y Abarca, 2013). De esta manera, la baja eficiencia de las aplicaciones se debe, en su gran mayoría, a problemas en los equipos pulverizadores, los que provocan pérdidas y desuniformidad en la distribución del producto (Bragachini *et al.*, 2001).

Así, toma importancia la pulverización electrostática, menos frecuente y no del todo conocida, puesto que es capaz de atraer y depositar uniformemente las partículas de producto sobre la superficie de las plantas, superando ampliamente a los métodos hidráulicos y neumáticos (Soares y Maciel, 2002, citados por Aristizábal, 2008). Sin embargo, las pulverizadoras electrostáticas convencionales presentan el inconveniente de poseer boquillas, las cuales requieren cambios, calibración y mantenimiento. Cabe destacar que, si bien hay algunas con mayor versatilidad que otras, las boquillas deben adecuarse al tipo de aplicación. Además, éstas sufren un desgaste que afecta las características del chorro de líquido (forma, distribución, caudal y dirección), por lo cual es necesario comprobar frecuentemente el estado de las mismas y sustituir aquellas que han perdido su calidad inicial (Sayinci *et al.*, 2012).

Por otro lado, el escaso conocimiento y dominio de los operadores, administradores y técnicos frutícolas, en términos de calibración, mantenimiento y normas de seguridad contribuyen de manera negativa

a la eficiencia de las pulverizaciones, siendo un aspecto clave a corregir para asegurar el éxito de las mismas (Bulacio y Giullani, 2006).

Bajo este contexto, recientemente se importó de Italia una nebulizadora que utiliza tecnología electrostática, es decir que transfiere cargas eléctricas a las gotas atomizadas para que sean atraídas por un blanco biológico, por lo cual, se presume, sería capaz de lograr aplicaciones de óptimo cubrimiento y depósito, reduciendo la contaminación por pérdidas de producto, debidas a la escorrentía, deriva por viento atmosférico, altas presiones de trabajo y exceso de viento de las hélices de los pulverizadores hidráulicos convencionales. Considerando que, a diferencia de las pulverizadoras electrostáticas comunes, esta máquina no sólo permite variar el volumen de mojamiento de la aplicación, el cual puede ser de 80 a 2000 L/ha, sino que cuenta con un sistema de toberas y palmas, en lugar de boquillas, se supone que no sólo debería ser sumamente versátil, resultando ideal para aplicar cualquier tipo de productos fitosanitarios y nutricionales, sino que facilitaría la salida del químico, evitando la calibración y mantenimiento requerido por las boquillas (VMA, 2016). Así, esta pulverizadora debería superar ampliamente a las convencionales (equipos de alto volumen y presión), que no sólo poseen una eficiencia menor al 30%, sino que implican mayores tiempos de trabajo, mayores pérdidas de agua y producto, y escasas medidas de seguridad para los operarios. De hecho, de 1500 L/ha aplicados con estas pulverizadoras, más de 1000 L caen al suelo y/o llegan al aire, con la consecuente contaminación del medioambiente (Magdalena, 2010).

---

Entre las principales ventajas que tendría esta pulverizadora, en comparación con las disponibles en el mercado, destacan: 1) Mayor eficiencia: menor tiempo de recarga, de aplicación y de giros de cabeceras; menor pérdida de agua y agroquímicos al suelo y atmósfera; menos unidades requeridas para una misma superficie, lo que se traduce en menos pulverizadoras, tractores y operarios; ausencia de problemas por atoros, des-calibración y mantenimiento de boquillas; 2) Mayor *performance*: gotas más pequeñas, mejor cobertura y depósito en el objetivo, y mejor distribución en la planta, tanto en altura como en profundidad, conduciendo a una mayor eficacia (VMA, 2016).

Con base en esto, surge la hipótesis de que Tendone® realiza una pulverización más eficaz y eficiente que las maquinarias convencionales, al alcanzar, en mayor medida, el efecto buscado cuando se aplica cierto producto, y siendo, a su vez, capaz de lograrlo con la mitad del volumen de agua.

Por otro lado, la pudrición gris, enfermedad causada por *Botrytis cinerea*, es una de las principales enfermedades de la uva de mesa (*Vitis vinifera* L.) de exportación, limitando la producción y el rendimiento, y afectando la calidad de la fruta en ubicaciones geográficas con condiciones climáticas húmedas y templadas durante los meses de primavera y verano (Latorre *et al.*, 2015). En Chile, cuya superficie de producción de uva de mesa está concentrada, este patógeno se limita a ubicaciones geográficas que se extienden desde la región de Atacama (27° 22'S) hasta la del Maule (34° 98'S), siguiendo un eje norte-sur de aproximadamente 1,000 km (Latorre *et al.*, 2015).

Así, bajo la premisa de que proteger los cultivos, frutales y viñedos, tanto en campo como en post-cosecha, es de crucial importancia para garantizar la obtención de fruta de alta calidad e inocuidad y, con ello, la seguridad de la humanidad y el suministro adecuado de alimentos (Law, 2001), se realizó un estudio comparativo en uva de mesa (*Vitis vinifera* L.) 'Thompson seedless'. El objetivo fue contrastar la eficacia de aplicación, en el control de *B. cinerea*, entre una pulverizadora convencional (turbo) y la nueva pulverizadora Tendone® (nebulizadora con opción a electrostática), mediante la evaluación de la incidencia y severidad de la enfermedad en pre-cosecha y post-cosecha.

## MATERIALES Y MÉTODO

### Ubicación de estudio

La investigación se llevó a cabo entre noviembre del 2015 y abril del 2016. La parte experimental se realizó en el huerto comercial "Agrícola Los Carrizos", ubicado en Parcela Los Carrizos s/n, Localidad El Cardal, Comuna San Vicente de Taguatagua, Provincia San Vicente, Región de O'Higgins (34° 27'S y 71° 04'O, 216 m.s.n.m.). El sector del huerto en el cual se ejecutó el estudio fue plantado en el año 2011.

La parte analítica del estudio se realizó en el *packing* de la agrícola, ubicada dentro del mismo predio. En el caso de *Botrytis* latente, la evaluación se realizó en el laboratorio de I+D de Martínez y Valdivieso, ubicado en la sucursal de Buin (Región Metropolitana) de la empresa.

---

## Material biológico

Se utilizaron plantas de uva (*Vitis vinífera* L.) cv. Thompson seedless de 4 años de edad, las cuales se encontraban con un marco de plantación de 3,5 x 3 m, con orientación Norte-Sur, y bajo un sistema de riego por goteo, formado por una simple línea de goteros, distanciados a 1 m y cuyo caudal era de 4 L h<sup>-1</sup>.

A simple vista, las plantas se encontraban en buenas condiciones hídricas, nutricionales y sanitarias.

## Tratamientos y diseño experimental

Dentro del sector de estudio, se seleccionaron 2 cuarteles de 1 hectárea cada uno, que fuesen contiguos y homogéneos, es decir, que tuviesen plantas de tamaño, desarrollo y producción lo más uniforme posible, y sin problemas hídricos y/o nutricionales aparentes. Se trabajó bajo el supuesto de que los 2 cuarteles eran comparables entre sí, por ser 'homogéneos' en su nivel de riesgo potencial de infección por *Botrytis cinerea*, homogeneidad que luego fue constatada mediante una evaluación.

El ensayo no contó con un diseño experimental propiamente tal sino que, cada cuartel en su totalidad, correspondió a la unidad experimental.

Se trabajó con 2 tratamientos: (1) Maquinaria convencional (Turbo), volumen de aplicación de 1000 L/ha y (2) Maquinaria Tendone® (VMA), volumen de aplicación de 500 L/ha. Cada tratamiento consistió en aplicar, a la totalidad de su respectivo cuartel (1 hectárea), el programa completo para control de pudrición gris (*B.cinerea*) usado en el campo, el cual estuvo compuesto por 13 aplicaciones y 9 ingredientes activos distintos (Cuadro 1). Todos los productos se aplicaron en la dosis

y el momento indicados por su respectiva etiqueta. Todas las aplicaciones fueron realizadas por la misma persona (tractorista), con la misma velocidad y presión de trabajo, y bajo condiciones climáticas (temperatura, humedad y vientos) adecuadas para la pulverización.

## Evaluaciones

### (1) Incidencia de *Botrytis latente*

Con el objetivo de corroborar que los 2 cuarteles seleccionados para realizar el estudio se encontraban en igualdad de condiciones respecto a la carga inicial de inóculo de *B. cinerea* y que, por tanto, eran comparables entre sí, se evaluó la *Botrytis latente*, es decir, el inóculo que se encuentra inactivo, y que puede permanecer así, manteniendo las uvas asintomáticas, durante un período prolongado, hasta que el hongo se reactiva debido a la maduración de las bayas y/o a la exposición de un ambiente favorable para su desarrollo.

Para ello, en pre-cosecha, se tomaron cerca de 10 Kg de racimos por tratamiento, los que se encontraban, a simple vista, en buenas condiciones sanitarias. El muestreo de los kilos de fruta se realizó de manera aleatoria, siguiendo un patrón de dispersión (Figura 1A). Se extrajeron, al azar, 200 bayas con pedicelo por tratamiento, las cuales fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 0.5%, y luego fueron sometidas a condiciones de cámara húmeda (temperaturas entre 24 y 32 °C y humedad cercana al 100%) durante 11 días.

Luego, se evaluó incidencia de *Botrytis* a través de la proporción de bayas infectadas (presencia visual de síntomas) respecto del

---

total evaluado (Incidencia=  $n^\circ$  bayas infectadas /  $n^\circ$  bayas evaluadas \* 100).

### **(2) Incidencia y severidad de *Botrytis* en pre-cosecha**

En pre-cosecha, y en sectores representativos de cada cuartel, se seleccionaron 100 racimos por tratamiento. Este muestreo de racimos se realizó de manera aleatoria, siguiendo un patrón con forma de X (Figura 1B).

Para evaluar la incidencia, se consideró la proporción de racimos infectados (presencia visual de síntomas) respecto del total evaluado (Incidencia=  $n^\circ$  racimos infectados /  $n^\circ$  racimos evaluados \* 100).

Por su parte, para evaluar la severidad, cada racimo fue clasificado, según el porcentaje de bayas dañadas, en 6 niveles (N<sub>0</sub>: 0%; N<sub>1</sub>: 1-5%; N<sub>2</sub>: 6-10%; N<sub>3</sub>: 11-25%; N<sub>4</sub>: 26-50% y N<sub>5</sub>: >50%) y, luego, se calculó un índice de ataque (IA=(N<sub>0</sub>\*0 + N<sub>1</sub>\*0,05 + N<sub>2</sub>\*0,1 + N<sub>3</sub>\*0,25 + N<sub>4</sub>\*0,5 + N<sub>5</sub>\*1)\*100/25), y un índice de control (IC=(1 - IA/IA testigo)\*100), considerando a la maquinaria convencional como el tratamiento testigo.

### **(3) Incidencia y severidad de *Botrytis* en post-cosecha**

Durante la cosecha, se seleccionaron 12 cajas por tratamiento, las cuales provenían de los sectores más representativos de cada cuartel. Este muestreo de cajas se realizó de manera aleatoria, siguiendo un patrón con forma de Z (Figura 1C). Luego, las cajas se llevaron al sector de *packing* del predio, donde se las expuso a 4 sub-tratamientos distintos. Así, cada sub-tratamiento estaba compuesto por 3 cajas (8,2 Kg cada una), cada una de las cuales contenía 12 racimos.

Los sub-tratamientos consistieron en la exposición de los racimos a la presencia y/o ausencia de la cámara de gasificación con

SO<sub>2</sub>, por un lado, y del generador de SO<sub>2</sub> en la bandeja de embalaje, por el otro. De esta manera la combinación de estos 2 factores, dio lugar a los 4 sub-tratamientos: (1) CON gasificación/CON generador; (2) CON gasificación/SIN generador; (3) SIN gasificación/CON generador y (4) SIN gasificación/SIN generador. Luego de someter los racimos a los sub-tratamientos, y posterior embalaje de las cajas, éstas fueron llevadas a cámara de pre-frío, y después a cámara de frío, donde se almacenaron durante 35 días. Transcurrido ese tiempo, fueron sacadas de la cámara y expuestas a temperatura ambiente por 48 horas; entonces, se evaluó la incidencia y severidad *B. cinerea*. Esto se realizó de la misma manera que en las evaluaciones de pre-cosecha.

### **Análisis estadístico**

Para todas las variables evaluadas, se analizó si existían diferencias estadísticamente significativas bajo el marco teórico de Modelos Lineales Mixtos.

Se ajustó un modelo mixto de análisis de varianza para las distintas categorías de la severidad, en la comparación entre tratamientos. El modelo incluyó tratamiento, nivel de severidad y la interacción tratamiento\*nivel de severidad. En el caso del análisis de severidad en post-cosecha, se incorporó el sub-tratamiento al modelo mixto, así como la interacciones tratamiento \* sub-tratamiento, sub-tratamiento \* nivel de severidad, y tratamiento \* sub-tratamiento\*nivel de severidad.

En el caso de existir varianzas heterocedásticas, éstas fueron corregidas.

---

Para la determinación de la bondad de ajuste de los modelos seleccionados, se valoraron los criterios de selección “Akaike Information Criterion” (AIC) (Akaike, 1974) y “Bayesian Information Criterion (BIC) (Schwarz, 1978) (Yang, 2005). Para seleccionar modelos con similares criterios de selección (AIC y BIC), se compararon los modelos con el test del cociente de verosimilitud (LRT).

En caso de existir diferencias significativas entre tratamientos, se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Fisher en el caso de *Botrytis* latente, incidencia e índice de ataque en pre-cosecha. Para la incidencia, índice de ataque en post-cosecha y severidad, se utilizó la prueba de comparaciones múltiples DGC (Di Rienzo *et al.*, 2002) ( $\alpha=0,05$ ).

La estimación de los modelos se realizó utilizando la función `glmy lme` de la librería `nlme` de R (Pinheiro *et al.*, 2014), mediante la interfaz del programa estadístico InfoStat versión 2017.

## RESULTADOS

### (1) Incidencia de *Botrytis* latente

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en la incidencia de *Botrytis* latente (Figura 2), es decir que, al momento de iniciar el ensayo, existía un nivel similar de inóculo de *B. cinerea* en los cuarteles seleccionados para cada tratamiento. Esto permitió corroborar la homogeneidad de condición de ambos sectores, haciendo viable la comparación entre ellos mediante el análisis estadístico.

### (2) Incidencia y severidad de *Botrytis* en pre-cosecha

La aplicación del programa de control con la maquinaria Tendone redujo significativamente la incidencia de *Botrytis* en los racimos, la cual resultó un 35% menor que la observada con la maquinaria convencional (Figura 3). En cuanto a la severidad, sólo se encontraron diferencias significativas en los niveles 1, 2 y 3, observándose una clara tendencia de la maquinaria Tendone a concentrar los racimos en las categorías de menor porcentaje de pudrición (0 y 1) (Figura 4). De esta manera, el índice de ataque disminuyó de 4,5 (maquinaria convencional) a 1,2 (maquinaria Tendone) (Figura 5), obteniéndose, así, un índice de control del 73%. En esta instancia, no se observaron racimos en el nivel 5 (>50% de bayas con pudrición).

### (3) Incidencia y severidad de *Botrytis* en post-cosecha

En las evaluaciones de incidencia y severidad de post-cosecha, ambos tratamientos manifestaron una clara tendencia al aumento de la incidencia y severidad de la pudrición gris cuando no se utilizaron generadores de SO<sub>2</sub> en el embalaje, independientemente de la gasificación previa con SO<sub>2</sub>.

Sólo se observaron diferencias significativas entre tratamientos en los 2 sub-tratamientos que no utilizaron el generador de SO<sub>2</sub>. En ellos, la maquinaria Tendone evidenció un menor porcentaje de racimos con síntomas de *Botrytis*, disminuyendo significativamente la incidencia de la enfermedad respecto de la maquinaria convencional (Figura 6). Esta disminución fue de un 44% para el sub-tratamiento que

---

utilizó la gasificación, y de un 18% para el sub-tratamiento que no la utilizó. Respecto de la severidad, todos los racimos evaluados estuvieron entre el nivel 0 y el 2, es decir que evidenciaron, como máximo, un 10% de pudrición. La aplicación realizada con la maquinaria Tendone concentró un mayor porcentaje de racimos en el nivel 0 (sin pudrición), mientras que la maquinaria convencional los agrupó en mayor medida en el nivel 1 y 2 (Figura 7). De esta manera, el índice de ataque resultó significativamente inferior para la aplicación realizada con la maquinaria Tendone (Figura 8), obteniéndose, en promedio, un índice de control del 33%.

## DISCUSIÓN

La aplicación del programa de control de *B. cinerea* en uva de mesa, con la nueva maquinaria Tendone, no sólo controló en mayor medida la enfermedad, al reducir significativamente su incidencia y severidad en pre-cosecha, sino que lo logró utilizando la mitad del volumen de agua que la maquinaria convencional. Resultados similares han sido reportados con anterioridad en otras especies frutales y plagas de interés (Encarnación, 2009; Ru *et al.*, 2011; Tabares *et al.*, 2017), sugiriendo que es posible disminuir el volumen de mojamiento de las pulverizaciones, sin afectar el adecuado control de la plaga o enfermedad y reduciendo, a su vez, el consumo de agua y agroquímicos en un 50 a 75% (Balan *et al.*, 2006).

Los resultados observados pueden atribuirse, principalmente, a la tecnología electrostática que Tendone permite incorporar a la aplicación. En este sentido, se ha señalado ampliamente que la

pulverización electrostática, caracterizada por conferir carga eléctrica a la población de gotas (Sasaki *et al.*, 2013), incrementa la cobertura durante la aplicación, es decir el número de gotas por cm<sup>2</sup> de tejido (Law, 2001; Zhao *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2013; Pascuzzi y Cerruto, 2015; Martin y Latheef, 2017), al reducir la deriva (Herrera *et al.*, 2003), lo que se debe, por un lado, a la atracción generada por la carga eléctrica opuesta entre el líquido pulverizado y la planta y, por el otro, a un menor tamaño de la gota (Aristizábal, 2008).

Al respecto, es sabido que un 'nebulizador' es capaz de generar gotas muy finas, similares a la niebla, las cuales aumentan la cobertura y mejoran la penetración en el cultivo, permitiendo alcanzar con el producto pulverizado aquellos sectores de la canopia que se encuentran menos expuestos (Leiva, 1995). No obstante, estas gotas pequeñas también son más susceptibles a la deriva (por su bajo peso) y evaporación (por su alta relación superficie/volumen), desventaja que puede ser superada cuando se les confiere carga electrostática (Chaim, 2006), dado que se asegura su correcta llegada al objetivo.

Por su parte, en la evaluación de post-cosecha, ambos tratamientos manifestaron una clara tendencia al aumento de la incidencia y severidad de la pudrición gris cuando no se utilizaron generadores de SO<sub>2</sub> en el embalaje, independientemente de la gasificación previa con SO<sub>2</sub>. Esto resulta lógico si se considera que la gasificación en cámara tiene un efecto mediato y cortoplacista, protegiendo los racimos por poco tiempo (5-6 días), mientras que los generadores están diseñados para entregar el gas de manera dosificada, constante y a

---

baja concentración (5-10 ppm), permitiendo prolongar considerablemente el periodo de protección (12-40 días) (Ohagaray, 1991; Zoffoli, 2002). Por lo tanto, al momento de la evaluación, realizada 35 días después de la aplicación de los sub-tratamientos, sólo los racimos que fueron sometidos al uso de generadores de SO<sub>2</sub> se encontraban bajo el efecto protector del gas, evidenciando una menor presencia de la enfermedad.

Sumado a ello, al comparar los tratamientos, se observó un resultado similar al de pre-cosecha, es decir que las aplicaciones realizadas con Tendone condujeron a un mayor control de *B. cinerea*, evidenciado por una menor incidencia y severidad de pudrición en los racimos. Estas diferencias sólo se encontraron en los 2 sub-tratamientos que no utilizaron generadores de SO<sub>2</sub>, reflejando que el uso de estas almohadillas resulta clave a la hora de proteger la uva por más tiempo (Palou *et al.*, 2002; Zutahy *et al.*, 2008), y que, en ausencia de las mismas, la calidad de las aplicaciones jugarían un rol importante para disminuir el avance de la enfermedad en el embalaje, debido a que la gasificación en cámara sólo sirve para eliminar esporas superficiales y cicatrizar heridas (Zoffoli, 2002).

Otro aspecto importante a considerar radica en que las pulverizadoras electrostáticas han sido catalogadas como de ultra-bajo (<50 L/ha) y bajo volumen (50-225 L/ha) (Álvarez, 2011), siendo utilizadas, tradicionalmente, para aplicar aquellos productos que requieren estos volúmenes de mojamiento, ya sea debido a su naturaleza sistémica (reguladores de crecimiento) (Aguirre, 1998) y/o a la ubicación puntual del objetivo (herbicidas) (Valenzuela, 2016). No obstante, esta

investigación deja constancia de que, a pesar de ser electrostática, la nebulizadora Tendone puede utilizarse para aplicaciones que requieran altos volúmenes de mojamiento (675-1125 L) (Álvarez, 2011) y más, sin ver afectada su capacidad y eficacia.

Para complementar la información obtenida en esta investigación, en futuros ensayos sería indicado evaluar la eficacia de Tendone para la aplicación de otros tipos de agroquímicos, tales como insecticidas, aceites, reguladores de crecimiento, estimulantes, extractos de algas e, incluso productos de origen biológico. Asimismo, resultaría de sumo interés y utilidad evaluar la eficiencia y *performance* de esta nueva nebulizadora, de manera de conocer no sólo sus ventajas sino también sus limitantes.

Por otro lado, es importante mencionar que la nebulizadora Tendone ha sido diseñada para parrones de uva y, por tanto, aún no ha sido evaluada en otras especies frutales.

Finalmente, respecto de la incidencia de *Botrytis* latente, evaluada en dos cuarteles contiguos, sometidos a un tratamiento distinto cada uno, no se encontraron diferencias significativas. Al respecto, actualmente es sabido que *B. cinerea* es capaz de infectar las bayas en la etapa de caliptra cuarteada, y permanecer latente en las uvas inmaduras (Droby y Lichter, 2004). Dado que las infecciones latentes pueden ocurrir también en otras etapas del crecimiento de la baya, la incidencia final de la enfermedad dependerá del total de las infecciones latentes acumuladas a lo largo de la temporada (Hill *et al.*, 2014).

---

En este sentido, ha sido confirmado que la floración es el estado fenológico más crítico para la infección de *B. cinerea*, siendo el receptáculo, o la cicatriz del capullo expuesto en la antesis, el sitio de infección más probable (Keller *et al.*, 2003). De esta manera, es posible identificar el momento en que se produjo la infección de una determinada baya: (1) si la pudrición se localiza en la zona de unión baya-pedúnculo (cavidad peduncular), la infección ocurrió durante la floración, y (2) si la pudrición se localiza en otro lugar (en la base, mejillas o en la cavidad calicinal), la infección ocurrió luego de la floración (Holz *et al.*, 2003).

Con base en esto, se corroboró que la *Botrytis* latente evaluada en pre-cosecha provino de una infección ocurrida en la etapa de floración, reflejando que el nivel de inóculo de *B. cinerea*, al inicio de la temporada, era similar en ambos cuarteles, lo que validó la comparación y el análisis estadístico entre ellos.

## CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio ensayo contribuyen a confirmar que Tendone®, una nebulizadora a la cual se le puede incorporar carga electrostática, que permite aplicar con un amplio rango de volúmenes de mojamiento (80-2000 L) y que, en lugar de boquillas, posee un sistema de palmas y toberas, no sólo permite incrementar la eficacia en el control de *Botrytis cinerea* en uva de mesa, al reducir la incidencia y severidad tanto en pre-cosecha como en post-cosecha, sino también la eficiencia de este control, al disminuir a la mitad el volumen de agua necesario durante las aplicaciones.

## RECONOCIMIENTOS

A la 'Agrícola Los Carrizos', ubicada en San Vicente Tagua-Tagua, por poner a disposición el predio y las instalaciones del *packing* para llevar a cabo este estudio.

## LITERATURA CITADA

- Aguirre, J.C. 1998. Evaluación del sistema electrostático de aspersión (ESS) en parronales de uva de mesa. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 62p.
- Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 70p.
- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical identification model. *Automatic Control, IEEE Transactions on*, 19(6): 716-723.
- Álvarez, R. 2011. Equipos y técnicas modernas para la aplicación de agroquímicos: su manejo correcto. Trabajo de investigación para la promoción a la categoría de Profesor Titular. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Zulia, República bolivariana de Venezuela. 47p.
- Aristizábal, I.D. 2008. La pulverización electrostática de agroquímicos: teoría, evaluaciones y aplicaciones en el sector agrícola. Trabajo de investigación para la promoción a la categoría de Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 47p.
- Balan, M.G., O.J.G. Abi Saab and C.G. Silva. Depósito y pérdidas de almidón en sistemas de pulverización con turbo atomizador en vid. *Engenharia Agrícola*, 26: 470-477.

- Bongiovanni, R. 2003. Análisis económico de la compra vs la contratación de una pulverizadora autopropulsada. *Revista Agro Propuesta*. Editorial S.A. Córdoba. 6p.
- Bragachini, M., A. Méndez y A. von Martini. 2001. Eslabonamiento productivo del sector maquinaria agrícola. Consejo Federal de Inversiones. Disponible en: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Eslabonamiento-Productivo-Del-Sector-Maquinaria-Agr%C3%ADcola/1978207.html> (Consultada el 16 de agosto del 2017)
- Bruno, A. 2003. Estimación de los efectos ambientales y socioeconómicos del uso de plaguicidas en sistemas de producción fruti-vitícolas del Dpto. de Canelones. Tesis de Magíster en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 106p.
- Bulacio, L y S. Giullani. 2006. Problemas relacionados con la tecnología de aplicación de productos fitosanitarios. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. Santa Fe, Argentina. Disponible en: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/19/5AM19.html> (Consultado el 27 de noviembre del 2017).
- Chaim, A. 2006. Pulverización electrostática: principales procesos utilizados para la electrificación de gotas. *Embrapa Medio Ambiente*, 57: 1-17.
- Di Rienzo, J.A., A.W. Guzmán and F. Casanoves. 2002. A multiple comparisons method based on the distribution of the root node distance of a binary tree obtained by average linkage of the matrix of euclidean distances between treatment means. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 7(2): 129-142.
- Droby, S. and A. Lichter. 2004. Post-harvest *Botrytis* infection: etiology development and management. In: Elad, Y., B. Williamson, P. Tudzynski, N. Delen (Eds.). *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. pp. 349-367.
- Encarnación, F. 2009. Evaluación de equipos de aplicación con boquilla electrostática y convencional en insectos vectores del tomate (Paratrioza, mosca blanca y pulgón). Tesis de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria 'Antonio Narro', Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México. 74p.
- Furness, G.O., P.A. Magarey, P.H. Miller y H.J. Drew. 1998. Fruit tree and vine sprayer calibration based on canopy size and length of row: unit canopy row method. *Crop Protection*, 17(8): 639-644.
- Hang, S. 2010. Comportamiento de agroquímicos en el suelo. Edafología, Universidad Nacional de Córdoba y Universidad Católica de Córdoba. *Revista del Colegio de Ingenieros Agrónomos de la provincia de Córdoba*. Año XX, N°82, ISSN 1852-4168.
- Herrera, M., O. Pozzolo and M. Benedetti. 2003. Carga electrostática, evaluación de prestación en aplicaciones terrestres. *Revista Científica Agropecuaria*, 7(1): 41-44.
- Hill, G.N., K.J. Evans and R.M. Beresford. 2014. Use of nitrate non-utilizing (nit) mutants to determine phenological stages at which *Botrytis cinerea* infects wine grapes causing botrytis bunch rot. *Plant Pathology*, 63: 1316-1313.
- Holz, G., M. Gutschow, S. Coertze and F.J. Calitz. 2003. Occurrence of *Botrytis cinerea* and subsequent disease suppression at different positions on leaves and bunches of grape. *Plant Disease*, 87: 351-358.

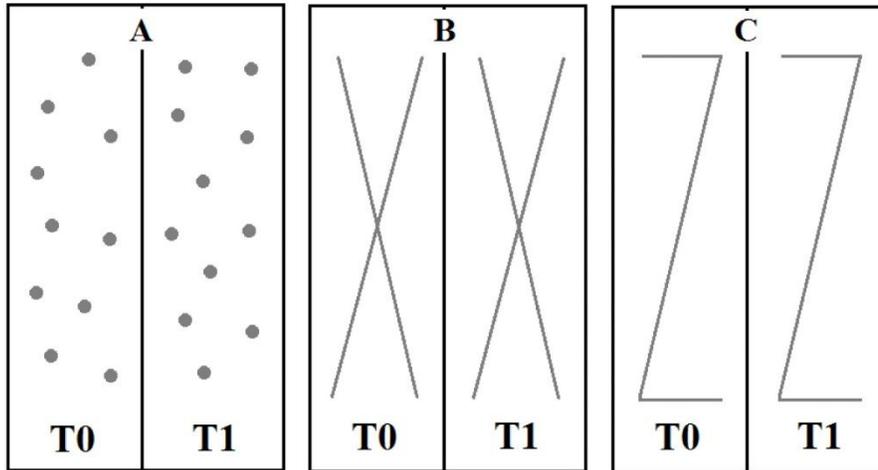
- Keller, M., O. Viret and M. Cole. 2003. *Botrytis cinerea* infection in grape flowers: defence reaction, latency and disease expression. *Phytopathology*, 93: 316-322.
- Latorre, B.A., K. Elfar and E.E. Ferrada. 2015. Gray mold caused by *Botrytis cinerea* limits grape production in Chile. *Ciencia e Investigación Agraria*, 42(3): 305-330.
- Law, S.E. 2001. Agricultural electrostatic spray application: a review of significant research and development during the 20<sup>th</sup> century. *Journal of Electrostatics*, 51-52: 25-42.
- Leiva, P.D. 1995. Manejo de la deriva en la aplicación de agroquímicos. Producción Vegetal. INTA, EEA Pergamino. SERIE: Generalidades, Tomo XIV. 6p.
- Magdalena, J.C. (ed.). 2010. Tecnología de aplicación de agroquímicos. Río Negro, Argentina: EEA Alto Valle INTA. 196p.
- Martin, D.E. and M.A. Latheef. 2017. Aerial electrostatic spray deposition and canopy penetration in cotton. *Journal of Electrostatics*, 90: 38-44.
- Olhagaray, J. 1991. Tratamientos gaseosos en post-cosecha de productos frescos. *Informativo agroeconómico*, 6: 49-52.
- Palou, L., C. Crisosto, D. Garner, L. Basinal, J. Smilanick and J. Zoffoli. 2002. Minimum constant sulfur dioxide emission rates to control gray mold of cold-stored table grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53: 110-115.
- Pascuzzi, S. and E. Cerruto. 2015. Spray deposition in "tendone" vineyards when using a pneumatic electrostatic sprayer. *Crop protection*, 68: 1-11.
- Pinheiro, J., D. Bates, S. DebRoy, D. Sarkar and R Core Team. 2014. Nlme: linear and nonlinear mixed effects models. R package version 3.1-117, CRAN-Package. Auckland, New Zealand.
- Ríos, M., N. Zaldúa y S. Cupeiro. 2010. Evaluación participativa de plaguicidas en el sitio RAMSAR, Parque Nacional Esteros de Farrapos e Islas del Río Uruguay. 116p.
- Riquelme, J. y L. Abarca. 2013. Situación de la inspección de equipos en Chile. INIA Rahiúen. Disponible en: [http://ucv.altavoz.net/prontus\\_unidacad/site/artic/20130621/asocfile/20130621125543/seminario\\_la\\_cruz19062013\\_1.pdf](http://ucv.altavoz.net/prontus_unidacad/site/artic/20130621/asocfile/20130621125543/seminario_la_cruz19062013_1.pdf) (Consultada el 30 de agosto del 2017)
- Ru, Y., H. Zhou and J. Zheng. 2011. Design and experiments on droplet charging device for high-range electrostatic sprayer. Pesticides in the Modern World: Pesticides Use and Management. Nanjing Forestry University Editorial. Nanjing, China.
- Sasaki, R.S., M.M. Teixeira, H.C. Fernandes, P.M. de Barros Monteiro, D.E. Rodrigues and C.B. de Alvarenga. 2013. Parameters of electrostatic spraying and its influence on the application efficiency. *Ceres, Viçosa*, 60(4): 474-479.
- Sayinci, B., S. Bastaban y J. Sánchez-Hermosilla. 2012. Determination of optimal spot roundness variation interval for droplet size analysis on water sensitive paper. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14: 285-298.
- Schwarz, G. 1978. Estimating the Dimension of a Model. *The Annals of Statistics*, 6(2): 461-464.
- Singh, M., C. Ghanshyam, P.K. Mishra and R. Chak. 2013. Current status of electrostatic spraying technology for efficient crop protection. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 44(2): 46-53.
- Tavares, R.M., J.P. Cunha, T.C. Alves, M.R. Bueno, S.M. Silva and C. HS. Zandonadi. 2017. Electrostatic spraying in the

- 
- chemical control of *Triozoida limbata* (Enderlein) (Hemiptera: Triozidae) in guava trees (*Psidium guajava* L.). *Pest Management Science*, 73(6): 1148-1153.
- Valenzuela, L.M. 2016. Pulverización con máquinas de botalón y bajo volumen: características, eficiencia y riesgos ambientales de la aplicación. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina. 68p.
- Vásquez, J. 2003. Aplicación de productos fitosanitarios: técnicas y equipos. Ediciones Agrotécnicas, Madrid, España. 389p.
- VMA (Atomizzatori e Impolveratori). 2016. Sistema de VMA, pulverizadores, sistema electrostático, productos. Santa Maria della Versa, Italia. Disponible en: <http://www.vmaatomizzatori.it/index.php> (Consultada el 10 de noviembre del 2017).
- Yang, Y. 2005. Can the strengths of AIC and BIC be shared? A conflict between model identification and regression estimation. *Biometrika*, 92(4): 937-950.
- Zhao, S., G.S.P. Castle and K. Adamiak. 2008. Factors affecting deposition in electrostatic pesticide spraying. *Journal of Electrostatics*, 66: 594-601.
- Zoffoli, P. 2002. Freno a la *Botrytis*. *Revista del campo*, 26: 4-5.
- Zutahy, Y., A. Lichter, T. Kaplunov and S. Lurie. 2008. Extended storage of 'Red Globe' grapes in modified SO<sub>2</sub> generating pads. *Postharvest Biology and Technology*, 50: 12-17.

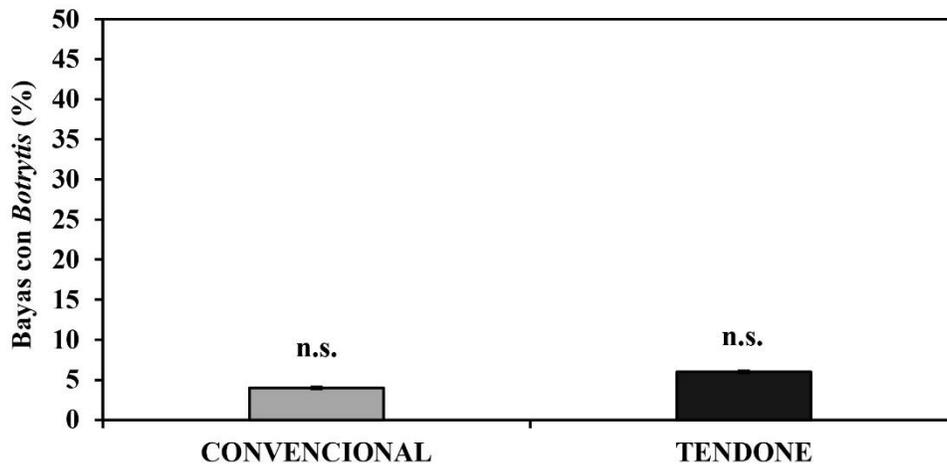
## CUADROS Y FIGURAS

**Cuadro 1.** Programa completo de control para *Botrytis cinerea*, usado en la temporada 2015-16, en el campo donde se llevó a cabo el presente ensayo. El programa completo fue aplicado con ambas pulverizadoras bajo estudio (convencional y Tendone).

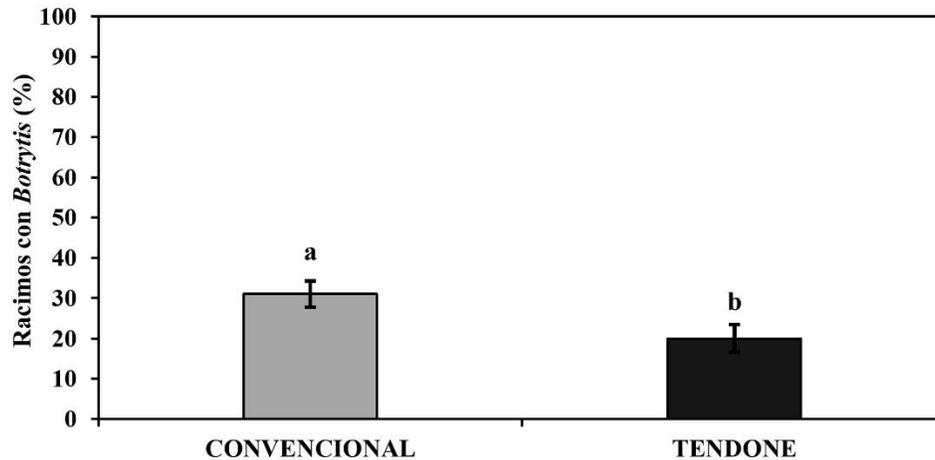
<b>Ingrediente Activo</b>	<b>Dosis (por HL)</b>	<b>Unidad</b>	<b>Fecha</b>
<i>Trichoderma</i>	150	cc	22 dic.
Extracto de té	200	cc	31 dic.
<i>Trichoderma</i>	150	cc	5 ene.
<i>Bacillus subtilis</i>	300	gr	
Extracto de té	200	cc	12 ene.
Pirimetanil	200	cc	
<i>Bacillus subtilis</i>	800	cc	22 ene.
Fludioxinil	120	gr	25 ene.
Cobre Pentahidratado	120	cc	
<i>Bacillus subtilis</i>	800	cc	1 feb.
Cobre Pentahidratado	120	cc	
Boscalid + Pyraclostrobin	120	cc	6 feb.
Cobre Pentahidratado	100	cc	
Fenhexamid	120	cc	15 feb.
Cobre Pentahidratado	100	cc	
Extracto de canela	300	cc	12 feb.
Cobre Pentahidratado	100	cc	
Fludioxinil	120	gr	18 feb.
Cobre Pentahidratado	100	cc	
Fenhexamid	120	cc	25 feb.
Cobre Pentahidratado	100	cc	
Extracto de canela	300	cc	3 mar.
Cobre Pentahidratado	100	cc	



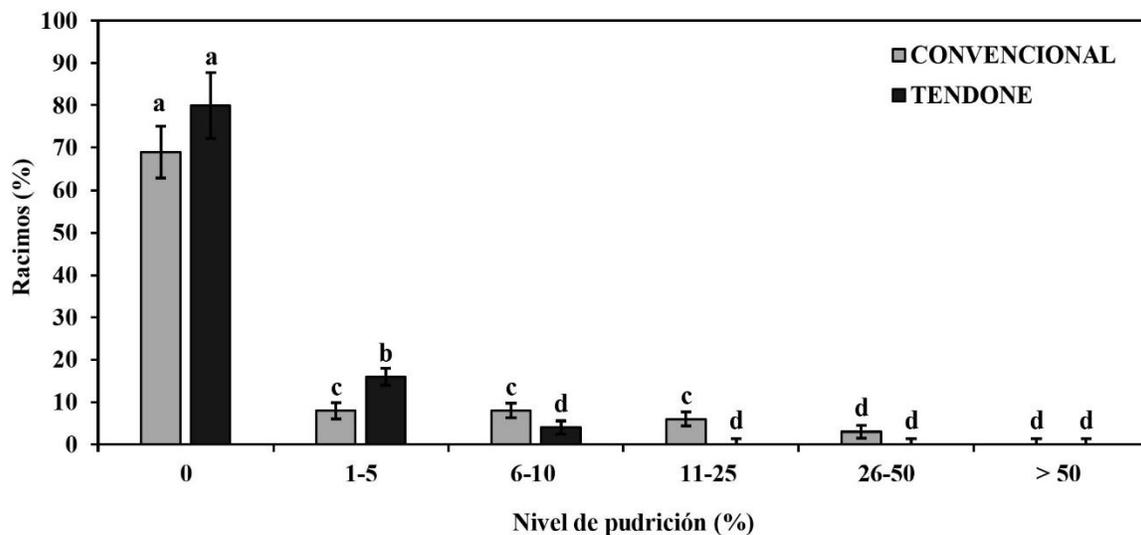
**Figura 1.** Esquema de muestreo aleatorio con forma de (A) dispersión para los kilos de uva (B) X para los racimos y (C) Z para las cajas de uva, utilizados en la evaluación de *Botrytis* latente, incidencia y severidad en pre-cosecha, e incidencia y severidad en post-cosecha, respectivamente.



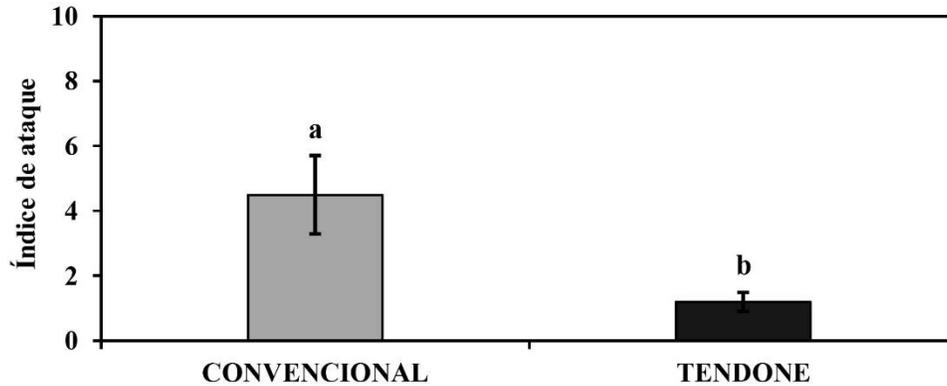
**Figura 2.** Incidencia de *Botrytis* latente, expresada como porcentaje de bayas con presencia de síntomas, en uva de mesa sometida a la aplicación fitosanitaria de control con dos pulverizadoras distintas. Medias ajustadas con letras diferentes en cada barra indican diferencias significativas según la prueba LSD Fisher ( $p < 0,05$ ). Barras verticales indican el error estándar. n.s. = sin diferencias significativas entre tratamientos.



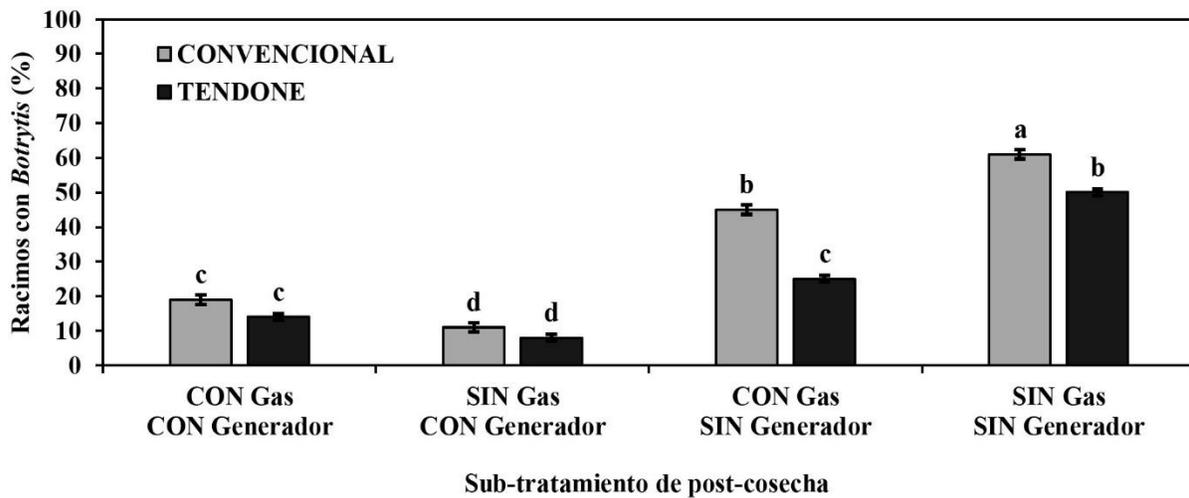
**Figura 3.** Incidencia de *Botrytis cinerea* en pre-cosecha, expresada como porcentaje de racimos con presencia de síntomas, en uva de mesa sometida a la aplicación fitosanitaria de control con dos pulverizadoras distintas. Medias ajustadas con letras diferentes en cada barra indican diferencias significativas según la prueba LSD Fisher ( $p < 0,05$ ). Barras verticales indican el error estándar.



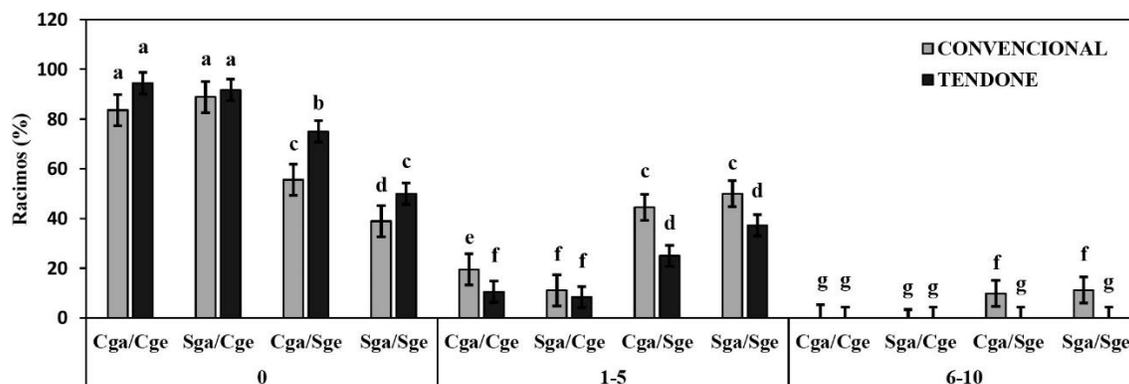
**Figura 4.** Severidad de *Botrytis cinerea* en pre-cosecha, expresada como porcentaje de racimos, categorizados según el porcentaje de bayas con pudrición, en uva de mesa sometida a la aplicación fitosanitaria de control con dos pulverizadoras distintas. Medias ajustadas con letras diferentes por nivel de pudrición indican diferencias significativas según la prueba DGC ( $p < 0,05$ ). Barras verticales indican el error estándar. Interacción tratamiento\*nivel de pudrición significativa ( $p = 0,0012$ ).



**Figura 5.** Índice de ataque de *Botrytis cinerea* en pre-cosecha, calculado como  $IA = N0*0 + N1*0,05 + N2*0,1 + N3*0,25 + N4*0,5 + N5*1$  \*100/25, en uva de mesa sometida a la aplicación fitosanitaria de control con dos pulverizadoras distintas. Medias ajustadas con letras diferentes en cada barra indican diferencias significativas según la prueba LSD Fisher ( $p < 0,05$ ). Barras verticales indican el error estándar.

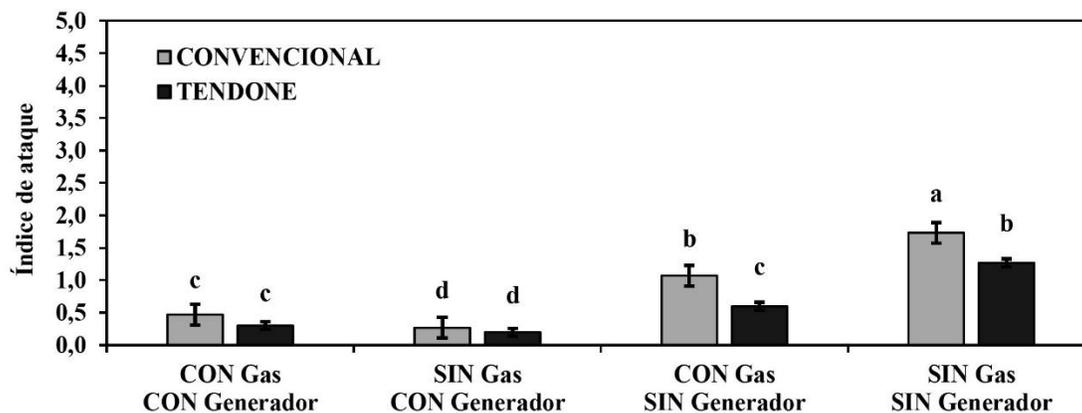


**Figura 6.** Incidencia de *Botrytis cinerea* en post-cosecha, expresada como porcentaje de racimos con presencia de síntomas, en uva de mesa sometida a la aplicación fitosanitaria de control con dos pulverizadoras distintas, y a distintos sub-tratamientos de post-cosecha. Medias ajustadas con letras diferentes en cada barra indican diferencias significativas según la prueba DGC ( $p < 0,05$ ). Barras verticales indican el error estándar. Interacción tratamiento\*sub-tratamiento significativa.



Sub-tratamiento de post-cosecha // Nivel de pudrición (%)

**Figura 7.** Severidad de *Botrytis cinerea* en post-cosecha, expresada como porcentaje de racimos, categorizados según el porcentaje de bayas con pudrición, en uva de mesa sometida a la aplicación fitosanitaria de control con dos pulverizadoras distintas, y a distintos sub-tratamientos de post-cosecha. Medias ajustadas con letras diferentes en cada barra indican diferencias significativas según la prueba DGC ( $p < 0,05$ ). Barras verticales indican el error estándar. Interacción tratamiento\*sub-tratamiento\*nivel de pudrición significativa. Cga= con gasificación; Cge= con generador; Sga= sin gasificación; Sge= sin generador.



Sub-tratamiento de post-cosecha

**Figura 8.** Índice de ataque de *Botrytis cinerea* en post-cosecha, calculado como  $IA = N0*0 + N1*0,05 + N2*0,1 + N3*0,25 + N4*0,5 + N5*1*100/25$ , en uva de mesa sometida a la aplicación fitosanitaria de control con dos pulverizadoras distintas, y a distintos sub-tratamientos de post-cosecha. Medias ajustadas con letras diferentes en cada barra indican diferencias significativas según la prueba DGC ( $p < 0,05$ ). Barras verticales indican el error estándar. Interacción tratamiento\*sub-tratamiento significativa. Cga= con gasificación; Cge= con generador; Sga= sin gasificación; Sge= sin generador.

---

# AVANCES EN LA INJERTACIÓN DE VARIEDADES DE PISTACHERO (*PISTACIA VERA L.*) SOBRE PLANTAS ADULTAS

## Advances in Grafting of Pistachio Varieties (*Pistacia Vera L.*) on Adult Plant

Patricio Almarza<sup>1\*</sup>, Alicia Barraza C.<sup>2</sup> and Michelle Morales O.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo, Asesor y Consultor Privado, <sup>2</sup>Técnico Agrícola, Viverista. <sup>3</sup>Centro de Estudios Avanzados en Fruticultura (CEAF).

\*corresponding autor: Patricio Almarza, [patricioalmarzad@gmail.com](mailto:patricioalmarzad@gmail.com)

### RESUMEN

Una de las limitantes importantes para la obtención de plantas de pistachero en Chile, ha sido el bajo porcentaje de prendimiento de los injertos, los que a nivel de campo están alrededor del 40%, normalmente realizado como injerto de parche de ojo dormido durante el período invernal. El recambio de variedades debido a la inadecuada zonificación ha generado una necesidad de realizar injertación en plantas adultas, pero se tiene poca información de esta labor. Por ello, el objetivo de este trabajo fue probar dos tipos y dos épocas de injertación sobre plantas adultas de pistachero. Plantas de 10 años de edad de pistachero (*Pistacia vera L.*) de la variedad Peters fueron injertadas con seis variedades hembras Aegina, Avidon, Red Aleppo, Larnaca y Kerman. Los injertos se realizaron en dos fechas, la primera en agosto de 2010 de parche cuadrado sin movimiento de savia, mientras que la segunda fecha fue en diciembre y el tipo de injerto fue de escudete o chip, con movimiento de savia. Se evaluó el porcentaje de prendimiento de ambas fechas de injertación en las diferentes variedades. La injertación realizada en diciembre fue superior a la de agosto, con un porcentaje de 64,8% y 44,2% para cada fecha respectivamente, y con un rango de variación menor en los injertos de diciembre. El ajuste

de la fecha de injertación y la técnica utilizada contribuye a mejorar el manejo del cultivo de pistachos y el cambio de variedades en huertos adultos establecidos en Chile.

**Palabras claves:** injerto de chip, injerto de parche, porcentaje de prendimiento.

### ABSTRACT

One of the major limitations to obtaining pistachio plants in Chile has been the poor results of implanting with the grafts, which in the field has been around 40% when normally done as a sleeping eye graft during the winter period. Due to previously inadequate zoning, changing to new varieties has led to a need to graft onto adult plants, but there is very little information available on this process. Therefore, the objective of this study is to trial two types and two periods of grafting onto adult pistachio plants. Ten year old pistachios (*Pistacia vera L.*) of the Peters variety were grafted with six (\*\*?) female varieties - Aegina, Avidon, Red Aleppo, Larnaca and Kerman. The grafts were made on two different dates; the first in August of 2010 with a square patch in a period without movement of sap; the second in December with a chip graft during sap movement. The percentage of implantation was evaluated for both dates

---

throughout the different varieties.

Grafting in December gave superior results compared to that of August, with 64.8% of implantation as opposed to 44.2% on the other date, and with a lesser range of rejection than between varieties in the December grafts. Adjusting the date of grafting and the technique utilized improves the management of the pistachio and the renovation of the adult orchards already established in Chile.

## INTRODUCCIÓN

La especie *Pistacia vera* L., fue introducida en el país en el año 1940 por el Ministerio de Agricultura, formando parte del Jardín de Especies y Variedades en la Quinta Normal. Posteriormente en 1979 el INIA introduce material de Pistachero desde California y también en ese período, empresarios privados introducen otras variedades desde Israel y Australia.

A partir de la introducción de los materiales señalados, se desarrollan los viveros del Centro Experimental Los Tilos de INIA en Buin, San Jorge, San Martín y Compostella, todos en la R.M. entre los años 1984 al 88, y sólo permanecen en la actualidad los Tilos, San Martín en la comuna de María Pinto y el vivero Pistacho Chile de Henry Shirvani, en El Monte R.M., quien con una promoción efectiva ha interesado a varios agricultores para establecer nuevos huertos, desde la IV a la VII regiones.

Es importante además señalar que se desarrollaron proyectos financiados por el Minagri y FIA, de introducción y desarrollo de la especie por INIA entre la IV y VII regiones, entre los años 1985 y 1995, además de la ONG Agrarias que desarrolló un proyecto de introducción en la VII y VIII

regiones, el que se extendió por 7 años, a partir 1997.

Durante un buen tiempo, una de las limitantes importantes para la obtención de plantas de pistachero en Chile, ha sido hasta hace poco, el bajo porcentaje obtenido de prendimiento de los injertos, los que a nivel de campo oscilan entre 25 y 40%, normalmente realizado como injerto de parche de ojo dormido durante el período invernal, en plantas de vivero, de plantas ya establecidas en Campo y de plantas ya maduras en campo.

El objetivo de este trabajo fue probar dos tipos y dos épocas de injertación en pistachero sobre plantas ya establecidas en campo, que correspondían a árboles ya maduros en los que se injertaron variedades hembras, retirando la variedad Peters (macho) que estaba presente en un porcentaje de 16%, proporción superior al 10% recomendado en plantaciones jóvenes.

Por otra parte en prospecciones de plantaciones de Pistacho realizadas en Chile en los últimos años, varias de las cuales no estaban produciendo debido a una mala elección de variedades, además de sitios no aptos porque no cumplían los requerimientos mínimos de Acumulación de calor (grados-día) y Horas frío insuficientes. En este escenario se debe recomendar una cuidadosa elección del sitio, caracterizándolo agroclimáticamente y verificando las características del suelo a Plantar, para el logro de un buen establecimiento.

El bajo porcentaje obtenido de prendimiento de los injertos, los que a nivel de campo oscilan entre 25 y 40%, normalmente realizado como injerto de parche de ojo dormido durante el período invernal, tanto en

---

plantas de vivero, como en plantas adultas ya establecidas en campo. Las razones de la reinjertación son variadas, las prospecciones de plantaciones de pistacho realizadas en Chile en los últimos años, arrojaron que muchas de las variedades no estaban produciendo debido a una incorrecta selección de variedades que no coinciden sus requerimientos climáticos con los lugares de establecimiento de los huertos (requerimientos de frío y de calor). Otra razón fue el desconocimiento de la proporción de polinizantes que en huertos jóvenes es de 10% y que en los huertos comerciales estaba en un porcentaje mayor, cercano al 16% es la correcta selección de los polinizantes y su proporción en el huerto que ha tenido que corregirse con injertaciones de plantas adultas en el huerto.

Por esta situación el objetivo de este trabajo fue evaluar el éxito de dos tipos y dos épocas de injertación en pistachero sobre plantas adultas establecidas en campo.

## METODOLOGÍA

El proceso de injertación se desarrolló sobre plantas de pistachero machos de 10 años de edad de la variedad Peters (*Pistacia vera* L.), con un marco de plantación de 5 x 3 metros y conducidas en vaso, ubicados en INIA Rayentué en la comuna de Rengo de la Región de O' Higgins. Estas plantas fueron injertadas en dos fechas; la primera, en la segunda semana de agosto de 2010, con ramillas colectadas previamente en abril y conservadas a 0 °C, mientras que la segunda injertación fue realizada en la última semana de diciembre del 2010, en que se colectó y se injertó el mismo día de la colecta con material fresco. Los materiales correspondientes a las yemas, fueron obtenidos del huerto de plantas madres de los Hermanos Trapenses ubicado

en Tunca (Graneros, Región de O'Higgins). Las variedades injertadas correspondieron a las variedades hembras Aegina, Avidon, Red Aleppo, Larnaca y Kerman, realizando en agosto la injertación de 15 plantas ya establecidas considerando 3 plantas por variedad a injertar para las 5 variedades. El tipo de injerto para la injertación de agosto fue de parche cuadrado sin movimiento de savia (Figura 1A). Para la injertación de diciembre se injertaron las mismas 3 plantas por variedad, y en ramillas de crecimiento nuevo. El tipo de injerto correspondió al de escudete o chip, con movimiento de savia (Figura 1B). Para cada variedad se aleatorizó en un mismo árbol las dos fechas de injertación (Tabla 1).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, el prendimiento de las yemas injertadas en agosto fue baja, siendo inferior al 50% en variedades Aegina, Avidon, Larnaca y Kerman, siendo sólo superior Red Aleppo con 77,8% de prendimiento (Figura 2). El porcentaje de prendimiento fue mayor al 50% en todas las variedades en el mes de diciembre (Figura 3), promediando un 65%. Considerando los resultados obtenidos al comparar las dos épocas de injertación, la diferencia en favor de injertar en la época de primavera-verano es notoria con un promedio de 21% superior al proceso desarrollado en agosto, aunque se advierte una variabilidad amplia al comparar los porcentajes de prendimiento entre variedades, mucho mayor en los injertos realizados en agosto con un rango entre 30 y 78%, mientras que en los injertos desarrollados en diciembre el rango es entre 58 y 80%. Según Couceiro (2013), los factores que influyen en el éxito de los injertos en pistacheros son los siguientes: temperaturas, diámetro de tronco o rama, calidad del riego, condición de la yema,

---

técnica del injerto y momento de la ejecución, siendo este último factor el determinante en el mayor porcentaje de prendimiento de las yemas en el presente trabajo. La temperatura también puede ser una limitante en diciembre, ya que valores que sobrepasen los 30°C pueden reducir el porcentaje de prendimiento, por lo que es necesario evitar días con altas temperaturas, o aprovechar las horas de la mañana para realizar esta labor. Por otra parte, la técnica del procedimiento del injerto es otro factor determinante en los mayores porcentajes de prendimiento en general, la que debe ejecutarse con personal especializado (en este caso por la Sra. Barraza, coautora de este trabajo). Para aumentar el porcentaje de prendimiento en la reinjertación es recomendable que los injertos que no prendieron en diciembre, es vuelvan a injertar en febrero o marzo, quedando estas yemas de ojo dormido (Holtz et al., 2016).

Finalmente, las evaluaciones luego de un año de la injertación se pudieron generar ramillas con frutos en forma rápida (datos no mostrados), por lo que es promisorio considerar que en huertos adultos el proceso de cambio de variedades, permitiría recuperar y mejorar tempranamente el nivel productivo del huerto.

## CONCLUSIONES

La fecha y la técnica de injertación son factores claves para el éxito del prendimiento en pistachero, siendo recomendable realizarla en diciembre. Disponer de esta información permite manejar en forma adecuada los cambios de variedades en huertos adultos establecidos en Chile, que permitirán mejorar y homogenizar las producciones. La introducción de nuevas variedades en el año 2013, va a permitir contribuir seguir buscando mejores alternativas para el desarrollo del pistachero en nuestro país, acompañada de una adecuada zonificación climática acorde a las necesidades de estas nuevas variedades.

**Agradecimientos:** Para don Julián Guerrero Villaseñor, Licenciado en Ciencias Biológicas de la Universidad Politécnica de Madrid, Doctor Ingeniero Agrónomo, quien nos colaboró durante el desarrollo de este trabajo, especialmente enseñándonos la técnica de injertación realizada en diciembre.

## LITERATURA CITADA

- Couceiro J. F. El Cultivo del Pistacho. 2013. 726p. Editorial Mundiprensa, Madrid, España.
- Holtz B., Parfitt, D., and L. Ferguson. 2016. Chapter 9: Rootstock production and budding. 75-82p; In: Ferguson L and D. Haviland, Pistachio Production Manual, 4a Ed., UCANR Publications, California, USA.
- Barraza, A., Comunicación personal.

## Figuras y Tablas



**Figura 1:** Tipo de injertos realizados en Pistachero. A: Injerto de Parche de ojo dormido con la yema iniciando su desarrollo. B: Injerto de Escudete o Chip de Diciembre.

**Tabla 1:** Yemas injertadas y brotadas por variedad correspondiente a cada árbol (R) para cada fecha de injertación.

Variedad	Injertación en Agosto		Injertación en Diciembre	
	Nº yemas /planta	Nº yemas brotadas	Nº yemas /planta	Nº yemas brotadas
R1 Aegina	6	2	4	3
R2 Aegina	7	4	3	2
R3 Aegina	3	1	3	2
R1 Avidon	2	1	3	1
R2 Avidon	10	4	3	2
R3 Avidon	2	0	4	2
R1 Red aleppo	2	2	4	1
R2 Red aleppo	5	3	4	2
R3 Red aleppo	2	2	4	4
R1 Larnaca	2	1	4	3
R2 Larnaca	5	2	3	2
R3 Larnaca	2	0	2	1
R1 Kerman	5	2	3	2
R2 Kerman	2	0	4	3
R3 Kerman	3	1	3	3
<b>Total</b>	<b>58</b>	<b>25</b>	<b>51</b>	<b>33</b>

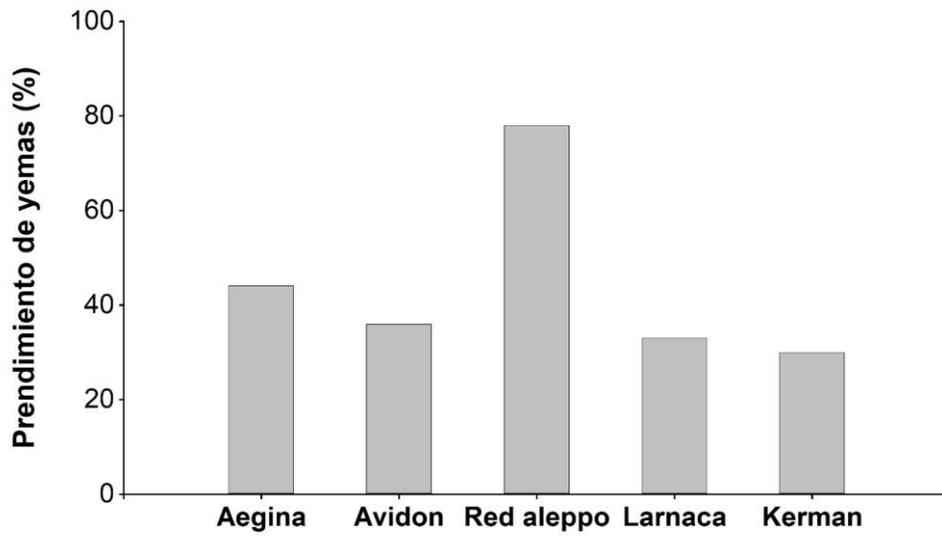


Figura 2: Porcentaje de prendimiento de variedades injertadas en el mes de agosto.

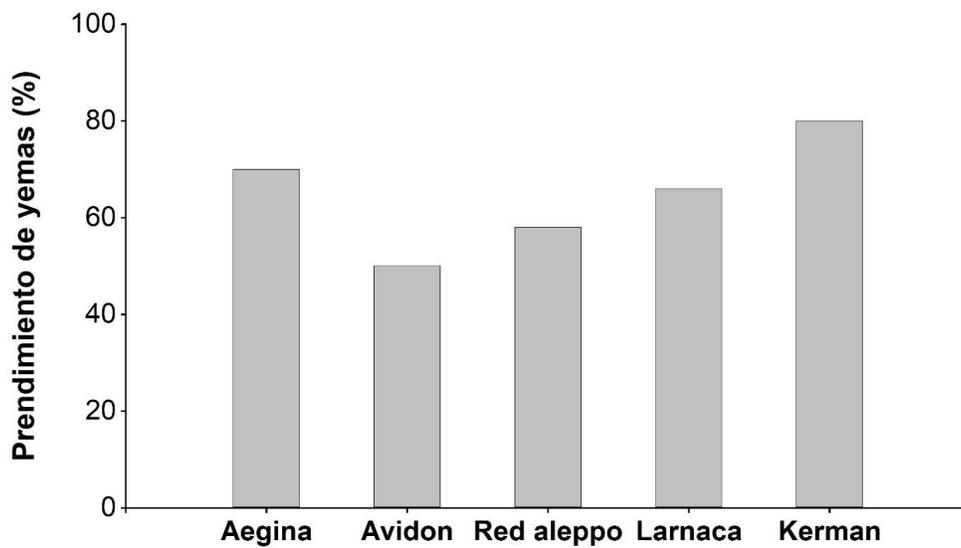


Figura 3: Porcentaje de prendimiento de variedades injertadas en el mes de diciembre.

---

# TRATAMIENTOS SANITIZANTES CONTRA BACTERIAS PATÓGENAS EN EL PROCESAMIENTO DE GERMINADOS PARA CONSUMO EN FRESCO Y CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

## Sanitizing Treatments on Pathogenic Bacteria Inactivation in the Processing of Sprouts for Fresh Consumption and Storage Conditions

Carla Valladares Sanhueza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Estudio Postcosecha de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santa Rosa N° 11315, La Pintana, Santiago. Tel: +562 9785841 Fax: +562 9785813 Email: [carla.valladares@ug.uchile.cl](mailto:carla.valladares@ug.uchile.cl) Web site: [www.cepoc.cl](http://www.cepoc.cl)

### RESUMEN

Los germinados presentan una excelente calidad nutricional, debido a que son ricos en fibra dietética y compuestos bioactivos, como vitaminas, minerales y polifenoles, cuyo consumo tiene un efecto positivo en la salud. Sin embargo, los germinados se consideran una de las fuentes de enfermedades bacterianas transmitidas por alimentos más comunes, y han estado involucrados en brotes de enfermedades causados por *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, entre otros. El momento de intervención más efectivo es la aplicación de tratamientos sanitizantes químicos, biológicos o físicos, o una combinación de estos, directamente a la semilla, previo a la germinación, que pueden alcanzar reducciones de hasta 7-log en las poblaciones bacterianas. Los tratamientos sanitizantes aplicados durante la germinación han sido poco efectivos, y pueden ser dañinos para la plántula. Para el envasado de germinados para consumo en fresco, lo más frecuente es la utilización de bandejas de plástico, en las que la atmósfera modificada (AM) debe tener bajas concentraciones de oxígeno, debido a la alta tasa de respiración del producto, mientras que durante el transporte se debe mantener la cadena de frío en un rango de temperatura entre 0 y 5 °C, dependiendo de la especie.

**Palabras clave:** Brotes, inocuidad, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp., envasado.

### ABSTRACT

Vegetal sprouts are considered a high nutritional food since they are rich in dietary fibre and bioactive compounds, such as vitamins, minerals and polyphenols, which have a positive effect on consumer's health. However, sprouts are normally involved in disease outbreaks caused by *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, among others. Application of chemical, biological or physical sanitizers or a combination of them directly on the seeds, before germination, can achieve up to 7-log of reduction in bacteria population. Sanitizing treatments applied during germination seed period have been ineffective, and they can be harmful for the seedling. In general, sprouts are packed in plastic trays in order to reach a modified atmosphere (MA) with low oxygen concentration. Under these gas conditions, the high respiration rate of this product can be reduced increasing shelf life under refrigeration in a range of 0 to 5 °C.

**Keywords:** Sprouts, food safety, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp., packaging.

---

## INTRODUCCIÓN

Se denomina germinado a cualquier semilla cuyo metabolismo es estimulado por el contacto con el agua, el aire y el calor (Soleil, 2003). Los germinados sembrados originan tallos y hojas, y si son expuestos a la luz, comienzan a sintetizar clorofila, denominándose brotes en este estado de plántula. Además, los germinados se caracterizan por tener cortos periodos de crecimiento, generalmente de 3 a 7 días (NACMCF, 1999).

En Chile, la venta de germinados más común es como producto mínimamente procesado en fresco (MPF) (Maureira, 2013), es decir, que ha pasado por etapas de selección, lavado, enjuagado, centrifugado y envasado, y que han sido conservados a bajas temperaturas (Cano, 2001; Maureira, 2013), siendo su vida de anaquel entre 3 y 10 días (Maureira, 2013; Sikin et al., 2013).

Los germinados y brotes son ricos en vitaminas, minerales, oligoelementos, aminoácidos y enzimas, y además se digieren y asimilan fácilmente por el organismo (Soleil, 2003). Los beneficios nutricionales que presentan los germinados incluyen la protección contra ciertos carcinógenos y la reducción del riesgo de desarrollar enfermedades crónicas (Wu et al., 2004).

A pesar de la imagen saludable asociada a los germinados, estos son una de las fuentes de enfermedades transmitidas por alimentos más comunes (Sikin et al., 2013), y han estado implicados en brotes de enfermedades que involucran a las bacterias *Aeromonas* spp., *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp. y *Staphylococcus* spp. (Kader, 2007). Desde 1996, se han reportado al menos 30 brotes de enfermedades transmitidas por alimentos

asociadas a germinados crudos o cocidos ligeramente. La mayoría de las epidemias fueron causadas por *Salmonella* spp. y *E. coli*. En mayo de 2011, una cepa inusual de *E. coli* causó la muerte de 54 personas en Alemania y Europa central, debido al consumo de germinados de frijol y fenogreco contaminados (Sikin et al., 2013).

En la siguiente revisión se explicará el procesamiento a nivel industrial de la producción de germinados, desde la sanitización de las semillas hasta la comercialización, enfatizando los tratamientos sanitizantes más estudiados y su eficacia, así como las condiciones de almacenamiento y transporte del producto final.

### Procesamiento industrial de germinados

Las etapas para la obtención de germinados en fresco son: tratamiento de semillas con una solución sanitizante, germinación de semillas bajo condiciones favorables de temperatura y humedad, cosecha y transporte de germinados, almacenamiento a 0 – 5 °C, selección de la materia prima, lavado con agua potable a 5 °C, lavado con sanitizantes, enjuague con agua potable, escurrido, centrifugación, envasado, transporte y comercialización (Maureira, 2013; Sikin et al., 2013).

En Estados Unidos, la industria de los germinados se guía por las recomendaciones establecidas por el Comité Asesor Nacional en Criterios Microbiológicos para Alimentos (NACMCF) (Sikin et al., 2013), sin embargo, en Chile no existe una entidad que establezca las dosis de sanitizantes permitidas en el procesamiento de germinados. Aun así, el Reglamento Sanitario de los Alimentos establece las condiciones sanitarias a las que deberá ceñirse la producción, importación, elaboración, envasado, almacenamiento,

---

distribución y venta de alimentos para consumo humano, con el fin de garantizar el suministro de alimentos sanos e inocuos (MINSAL, 2015).

Las semillas usualmente albergan microbiota nativa ( $10^2$  a  $10^6$  UFC  $g^{-1}$ ) y coliformes fecales ( $10^2$  a  $10^3$  UFC  $g^{-1}$ ) provenientes desde el campo (Kader, 2007). Estos niveles bacterianos pueden aumentar durante los 3 a 10 días que dura el proceso de germinación, alcanzando poblaciones del orden de  $10^8$  -  $10^{11}$  UFC  $g^{-1}$  (Gandhi y Matthews, 2003; Kader, 2007). Así, el tratamiento de semillas antes de la exposición a las condiciones de germinación, que además contribuyen a la proliferación bacteriana, ha sido aceptado como la intervención más efectiva en el proceso de producción de germinados (NACMCF, 1999).

La FDA (Agencia de Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos) recomienda el tratamiento de semillas con una solución desinfectante (con un límite permitido de 20.000 mg  $L^{-1}$  de cloro) previo a la germinación, y además una prueba del agua de lavado para *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7 y *Listeria monocytogenes* previa a la cosecha (Kader, 2007).

Como método preventivo, algunas empresas de germinados aplican una solución de 20.000 mg  $L^{-1}$  de hipoclorito de calcio a las semillas antes de la germinación, y al agua de lavado se le aplican 200 mg  $L^{-1}$ . Los tratamientos basados en la aplicación de cloro alcanzan en promedio reducciones bacterianas de 1 a 3 UFC  $g^{-1}$  (Sikin et al., 2013).

Se deben cosechar los germinados completos bajo condiciones de 5 °C y >90% de humedad relativa (HR). Luego, se descartan los germinados que presenten colores no

característicos, poca turgencia (marchitamiento), contaminación con agentes externos (por ejemplo, insectos), daño físico y podredumbres (Wiley, 1997). Después, se realiza un lavado por inmersión en agua potable en un estanque durante 1 minuto a 5 °C. En seguida, se hace un lavado por inmersión durante 3 minutos a 5 °C con algún sanitizante químico, como hipoclorito de sodio (NaClO), dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>), clorito de sodio acidificado (NaClO<sub>2</sub>) o ácido peroxiacético (Maureira, 2013).

En esta industria es importante mantener el porcentaje de germinación en un nivel de  $\geq 95\%$  y que el producto final contenga atributos sensoriales (Sikin et al., 2013).

#### **Tratamientos sanitizantes**

La búsqueda de estrategias sanitizantes ha sido extensiva, incluyendo tratamientos químicos, biológicos y físicos, y en algunos casos se han alcanzado reducciones en las poblaciones bacterianas de hasta 7-log (Sikin et al., 2013).

#### **Tratamientos químicos**

La industria de las hortalizas mínimamente procesadas en fresco (MPF) utiliza comúnmente hipoclorito de sodio (NaClO) en concentraciones de 50 a 200 mg  $L^{-1}$  para sanitizar el producto y los equipos con que se manipulan, sin embargo, existe motivación por reemplazarlo, debido a la generación de subproductos dañinos para la salud (Maureira, 2013), y los posibles peligros asociados a la producción, el transporte y la manipulación de grandes cantidades de cloro (Sikin et al., 2013).

**Hipoclorito de sodio (NaClO):** Es un desinfectante muy potente con poderosas propiedades oxidantes, siendo el más utilizado por la industria alimentaria para la

---

higienización del producto y de los equipos involucrados en el área de proceso (Nieuwenhuijsen et al., 2000). Su efectividad contra microorganismos depende del pH, temperatura, concentración, materia orgánica presente en el agua de lavado, material vegetal, tiempo de exposición, y carga microbiana inicial. Cuando se utiliza este compuesto, el agua debe ser recambiada frecuentemente para evitar la acumulación de sodio y el daño potencial al producto (Kader, 2007).

**Dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>):** Su ventaja es que tiene mayor capacidad oxidante, depende menos del pH del medio y de la materia orgánica que el NaClO y no genera trihalometanos (compuestos carcinógenos), sin embargo, es altamente inestable. El tratamiento de semillas sólo con ClO<sub>2</sub> es inefectivo, y sólo se reducen 1 a 2 UFC g<sup>-1</sup> de poblaciones bacterianas (Sikin et al., 2013), por lo tanto, debe usarse en combinación con otros métodos sanitizantes. Bang et al. (2011) eliminaron completamente la población de *E. coli* O157:H7 de semillas de rábano al tratarlas con 500 ppm de ClO<sub>2</sub> por 5 minutos, seguido de la aplicación de aire caliente a 45 °C por 24 horas y calor seco a 70 °C por 48 horas.

**Ácidos orgánicos:** Dentro de sus ventajas, se destaca que son amigables con el medioambiente, tienen bajo costo y pueden ser utilizados por productores orgánicos. El ácido láctico actúa como un agente quelante de los cationes de metales presentes en la membrana celular de bacterias gramnegativas. Nei et al. (2011) aplicaron tratamientos a semillas de alfalfa y rábano con 8,7% de ácido acético en fase gaseosa, a 55 °C por 3 horas, y obtuvieron reducciones de más de 5 UFC g<sup>-1</sup> de *E. coli* O157:H7 y *Salmonella*, con 96 a 98% de germinación. Sin embargo, los ácidos orgánicos pueden dejar sabores

indeseables en los productos y con ello afectar su calidad sensorial.

**Agua electrolizada:** En semillas de alfalfa se han probado distintas combinaciones de tiempo y concentración, resultando en una baja reducción de patógenos (<2 log UFC g<sup>-1</sup>), debido a la incapacidad de que el agua electrolizada penetre la testa de la semilla (Sikin et al., 2013). Un tratamiento que resultó efectivo contra *E. coli* O157:H7 fue el uso de calor seco (50 °C) por 17 horas, seguido de la aplicación de agua electrolizada, con lo que se logró una reducción de 5 log CFU g<sup>-1</sup> en semillas de rábano, brócoli y alfalfa (Sikin et al., 2013).

**Ozono:** La aplicación de ozono al agua de lavado es muy inestable, debido a que rápidamente se disocia a oxígeno gaseoso. Se sabe que este tratamiento por sí solo ha tenido poco éxito, reduciendo la población de patógenos en menos de 3 log UFC g<sup>-1</sup> (Sikin et al., 2013). Rajkowski y Ashurt (2009) trataron semillas de alfalfa con ozono gaseoso (100% ozono, 100% HR, 138 kPa de presión de ozono) a 25 °C por 24 horas y redujeron en 1,5 log UFC g<sup>-1</sup> la población de *Salmonella* spp. En otro tratamiento, combinaron ozono con 1% de ácido peroxiacético y la reducción de *Salmonella* spp. aumentó a 3 log UFC g<sup>-1</sup>.

#### **Tratamientos biológicos**

Los tratamientos biológicos permiten prescindir o disminuir las concentraciones de sanitizantes químicos, siendo una alternativa interesante para los productores orgánicos.

**Bacteriófagos:** La interacción entre el fago y la bacteria puede estar limitada por barreras físicas de la semilla. Kocharunchitt et al. (2009) coinocularon bacteriófagos y *Salmonella* en semillas de alfalfa y sólo registraron una disminución de 1-log del patógeno en los

---

brotos. La baja eficacia de este método recae en la dificultad de que los fagos permanezcan en la semilla (Sikin et al, 2013).

**Cultivos protectores:** El uso de cepas y cultivos protectores ha mostrado ser promisorio. La efectividad de este método se debe a los altos niveles de competencia en la semilla durante la germinación mientras los patógenos proliferan (Fett et al., 2006). *Pseudomonas fluorescens* 2-79 es un reconocido agente de control biológico y ha reportado reducciones de hasta 4,98-log de *Salmonella* spp. en semillas de alfalfa, luego de un tratamiento por dos horas (Fett et al., 2006). En otro estudio (Ye et al., 2010), se inocularon semillas de alfalfa con *Enterobacter asburiae* JX1 por 20 minutos, y la población de *Salmonella* spp. fue eliminada completamente. Este tratamiento no se vio afectado por la temperatura, no afectó el rendimiento de los brotes y alcanzó una reducción de 6-log de *Salmonella* spp. en poroto Mung.

**Bacteriocinas:** Son péptidos o proteínas de bajo peso molecular (30 a 60 aminoácidos), sintetizadas por bacterias, que se liberan fuera de la célula, y que tienen efecto bactericida en bacterias similares. Este tratamiento ha sido poco efectivo, pero combinado con otros métodos sanitizantes se logran reducciones aceptables. Por ejemplo, se combinó enterocina AS-48 con ácido láctico, nitrito de sodio, ácido peracético e hipoclorito de sodio, y se redujo la población de *L. monocytogenes* en 2,4 y 2,7 log UFC g<sup>-1</sup> en brotes de alfalfa y soya, respectivamente (Sikin et al., 2013). Varios estudios concuerdan en que las bacteriocinas son efectivas contra bacterias grampositivas, y generalmente no presentan resultados significativos contra gramnegativas, debido a que éstas poseen una pared celular de peptidoglucano que las protege (Sikin et al., 2013).

### Tratamientos físicos

Los tratamientos físicos tienen las ventajas de no dejar residuos en el producto, pueden ser usados por productores orgánicos y han demostrado ser altamente efectivos, sin embargo, algunos pueden ser peligrosos para el aplicador.

**Tratamiento térmico:** Se considera fácil de aplicar y es de bajo costo. En semillas de alfalfa y poroto Mung se han eliminado poblaciones enteras de *E. coli* O157:H7 y *Salmonella* spp. al exponerlos a calor seco (55 °C) por 4 – 6 días (Feng et al., 2007). En otro estudio, se aplicó agua caliente a 58 °C por 6 minutos a semillas de rábano y alfalfa, logrando reducciones de más de 5-log de carga microbiana, sin una alteración significativa de la germinación (>95%) (Weiss y Hammes, 2005).

**Radiación:** A diferencia de otros tratamientos, la irradiación puede destruir patógenos localizados debajo de la cubierta de la semilla. La FDA permite una dosis de radiación máxima de 8 kGy (Sikin et al., 2013). Waje et al. (2009) usaron dosis de 5,9 kGy y alcanzaron una reducción de 5-log en brotes de brócoli y rábano. Bari et al. (2003) combinaron radiación (2 kGy) con calor seco (50 °C por 1 hora) y eliminaron completamente la población de *E. coli* O157:H7 en semillas de alfalfa y rábano.

**Luz UV:** La energía UV es una radiación no ionizante que posee propiedades germicidas al dañar el ADN microbiano y desnaturalizar las proteínas (Aguayo et al., 2007). En un estudio, se aplicó luz UV-C (254 nm) a brotes de trébol para inactivar *E. coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium* y *L. monocytogenes* (Kim et al., 2009). Estos tres patógenos fueron reducidos en 1,02, 1,06 y 0,87 log UFC g<sup>-1</sup>, respectivamente, después de una irradiación

---

de 1 kJ m<sup>-2</sup>. En otro tratamiento, se combinó radiación UV-C (1 kJ m<sup>-2</sup>) con ácido fumárico (0,5 g 100 mL<sup>-1</sup>), y se logró la reducción de poblaciones de *E. coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium* y *L. monocytogenes* en 3,03, 2,88 y 2,81 log UFC g<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Alta presión:** Su efectividad es atribuida a la acción instantánea y uniforme, independiente de la forma y el tamaño del producto (Sikin et al., 2013). Sin embargo, la alta presión puede provocar cambios en las reacciones bioquímicas y desnaturalizar enzimas clave en la germinación de las semillas (Linton y Patterson, 2000). En un estudio (Neetoo et al., 2008) se trataron semillas con 650 MPa a 20 °C por 15 minutos, logrando una reducción de 5-log de *E. coli* O157:H7 y un 93% de germinación. En otro estudio, se aplicó alta presión (500 MPa, 45 °C, 2 minutos) y se logró eliminar 5 log CFU g<sup>-1</sup> de *Salmonella* y *E. coli* O157:H7, en semillas de alfalfa, cuya germinación fue de 98%, pero se observó una disminución en la longitud de los brotes (Neetoo et al., 2009).

### Intervenciones durante la germinación

Los tratamientos durante la germinación son poco efectivos debido a la incapacidad de los compuestos antimicrobianos para alcanzar a los patógenos que se encuentran dentro de los tejidos de los brotes, y a que se deben usar bajas dosis de sanitizantes para no causar fitotoxicidad (NACMCF, 1999).

Durante la germinación, los brotes deben mantenerse húmedos, por lo tanto, se les aplica agua potable. Pueden agregarse compuestos antimicrobianos al agua para contrarrestar las condiciones favorables para la proliferación de los patógenos (FDA, 2013). En diversos estudios se han aplicado compuestos clorados durante esta etapa, en concentración de 100 mg L<sup>-1</sup>, aunque se ha

reportado que, en brotes de alfalfa y arroz, esta concentración sólo reduce en 2 log UFC g<sup>-1</sup> las poblaciones de patógenos (Sikin et al., 2013).

Para eliminar los sanitizantes, los germinados se deben enjuagar con agua potable a 5 °C por 1 minuto, luego deben dejarse escurrir por 5 minutos, para luego ser centrifugados (Maureira, 2013).

### Envasado, transporte y almacenamiento

Existe poca información con respecto al efecto que tiene el envase en prolongar la vida útil de los germinados. Se ha observado que la forma más frecuente de comercialización de germinados es en bandejas de poliestireno expandido (PSE), polipropileno (PP), poliestireno biorientado (OPS) o tereftalato de polietileno (PET), generalmente cubiertos por un film estirable de polietileno. También se ha observado que son envasados en bolsas de polietileno.

Kader (2007) establece que los germinados de frijol tienen una muy alta tasa de respiración (40 – 60 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, a 5 °C), por lo tanto, la atmósfera modificada debe tener bajas concentraciones de oxígeno. No es recomendable almacenar germinados en bolsas de plástico, pues la respiración es necesaria y puede disminuir la concentración de oxígeno dentro del envase, produciéndose la fermentación del producto (Soliva y Martín, 2003). Además, es importante evitar la condensación de agua en la superficie, la cual favorece la pudrición bacteriana. La concentración de etileno dentro del envase es irrelevante, ya que los germinados no son sensibles a este gas (Kader, 2007).

Los microorganismos sobrevivientes son capaces de continuar su crecimiento en el producto posterior a cualquier tratamiento,

---

por lo tanto, se deben aplicar prácticas culturales para evitar la recontaminación del producto, como por ejemplo, el control de la temperatura durante el almacenamiento y transporte debe estar siempre en un rango entre 0 y 5 °C (Sikin et al., 2013). Kader (2007) recomienda que los germinados de alfalfa y frijol sean transportados y almacenados a 0 - 2 °C con 90 - 98% de humedad relativa. Bajo estas condiciones de almacenamiento, el producto puede tener una vida útil de hasta 15 días, pero dependerá de cada especie.

### CONCLUSIONES

Las empresas deben adoptar prácticas culturales y medidas sanitizantes que garanticen que sus productos sean seguros para la salud, para evitar que existan más brotes de enfermedades por el consumo de alimentos. Asimismo, es necesario que se siga haciendo investigación en el procesamiento de brotes y germinados para encontrar nuevas combinaciones de tratamientos que permitan obtener productos microbiológicamente seguros, sin perjudicar sus características organolépticas.

Los tratamientos más exitosos son los que disminuyen la población de patógenos y tienen poca alteración en el porcentaje de germinación. Hasta la fecha, la combinación de tratamientos más exitosa ha sido la de tratamiento térmico con sanitizantes clorados y orgánicos (Sikin et al., 2013). Sin embargo, el uso de compuestos clorados es perjudicial para la salud del aplicador y del consumidor, y para el medioambiente, por lo que se recomienda usar otros tratamientos que pueden ser igual de efectivos, como los físicos.

Existen pocos estudios en relación al tipo de envase en el que se debe almacenar los

germinados, y que le permitan prolongar su vida de anaquel, sin embargo, parte de las prácticas culturales que deben adoptarse, incluyen mantener una temperatura baja (0 - 5 °C) en todo el proceso y mantener a los germinados en un ambiente con alta humedad relativa (90 - 98%).

### LITERATURA CITADA

- Aguayo, E.; V. H. Escalona; P. Gómez; F. A. Hernández y F. Artés. 2007. Técnicas emergentes y sostenibles para la desinfección de frutas y hortalizas mínimamente procesadas. 17° Simposio Internacional de Tecnologías de las frutas y hortalizas en postcosecha. 138-142.
- Beuchat, L. 1998. Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: a review. Food Safety Unit and World Health Organization. WHO/FSF/FOS/98.2. 42 p.
- Bang, J.; H. Kim; L. Beuchat; Y. Kim y J. Ryu. 2011. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 on radish seeds by sequential application of aqueous chlorine dioxide and dry-heat treatment. Letters in Applied Microbiology. 53: 424-429.
- Bari, M.; E. Nazuka; Y. Sabina; S. Todoriki y K. Isshiki. 2003. Chemical and irradiation treatments for killing *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa, radish, and mung bean seeds. Journal of Food Protection, 66: 767-774.
- Cano, M. 2001. Procesado y conservación de alimentos vegetales. Horticultura global: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros, 150: 110-114.
- FDA (U.S. Food and Drug Administration). 2013. Standards for the growing, harvesting, packing, and holding of produce for human consumption; proposed rule. [en línea]. Washington,

- D.C., Estados Unidos: Department of Health and Human Services. Disponible en: <http://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceRegulation/FSMA/UCM360734.pdf> (28 de mayo de 2016)
- Feng, G.; J. Churey y R. Worobo. 2007. Thermal inactivation of *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. *Journal of Food Protection*, 70:1698–1703.
- Fett, W. 2006. Inhibition of *Salmonella enterica* by plant associated pseudomonads in vitro and on sprouting alfalfa seed. *Journal of Food Protection*, 69:719–728.
- Fett, W.; T. Fu y M. Tortorello. 2006. Seed Sprouts: the State of Microbiological Safety, p 167-219. In Matthews K, Doyle M (ed), *Microbiology of Fresh Produce*. ASM Press, Washington, DC.
- HHS (U.S. Department of Health & Human Services). 2016. Brotes: lo que debe saber. [en línea]. Washington, D.C., Estados Unidos: Foodsafety. Disponible en: <https://espanol.foodsafety.gov/mantener/tipos/frutas/xvv/brotes.html> (21 de julio de 2016).
- Gandhi, M., y K. R. Matthews. 2003. Efficacy of chlorine and calcinated calcium treatment of alfalfa seeds and sprouts to eliminate *Salmonella*. *International Journal of Food Microbiology*, 87:301–306.
- Kader, A. 2007. Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. Tercera edición. Davis, Estados Unidos: UC ANR Publications. 580p.
- Kim, Y.; M. Kim y K. Song. 2009. Combined treatment of fumaric acid with aqueous chlorine dioxide or UV-C irradiation to inactivate *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* inoculated on alfalfa and clover sprouts. *LWT - Food Science and Technology*, 42:1654–1658.
- Kocharunchitt, C.; T. Ross y D. McNeill. 2009. Use of bacteriophages as biocontrol agents to control *Salmonella* associated with seed sprouts. *International Journal of Food Microbiology*, 128:453–459.
- Linton, M. y M. Patterson. 2000. High pressure processing of foods for microbiological safety and quality. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 47:175–182.
- Maureira, E. 2013. Efecto del uso de sanitizantes en la calidad de germinados de soya (*Glycine max*) conservados bajo atmósfera modificada y refrigeración. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 73p.
- MINSAL (Ministerio de Salud). 2015. Reglamento Sanitario de los Alimentos. [en línea]. Santiago, Chile: Ministerio de Salud. Disponible en: <http://web.minsal.cl/reglamento-sanitario-de-los-alimentos/> (21 de julio de 2016).
- NACMCF (National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods). 1999. Microbiological safe evaluations and recommendations on sprouted seeds. [en línea]. Washington D. C., Estados Unidos: FDA. Disponible en: <http://www.fda.gov/food/foodsafety/productspecificinformation/fruitsvegetablesjuices/ucm078789.htm#sprout> (31 de mayo de 2016).
- Nei, D.; B. Latiful; K. Enomoto; Y. Inatsu y S. Kawamoto. 2011. Disinfection of radish and alfalfa seeds inoculated with *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* by a gaseous acetic acid treatment. *Foodborne Pathogens and Disease*, 8:1089–1094.
- Neetoo, H.; M. Ye y H. Chen. 2008. Potential application of high hydrostatic pressure to eliminate *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa

- 
- sprouted seeds. *International Journal of Food Microbiology*, 128:348–353.
- Neetoo, H.; T. Pizzolato y H. Chen. 2009. Elimination of *Escherichia coli* O157:H7 from alfalfa seeds through a combination of high hydrostatic pressure and mild heat. *Applied and Environmental Microbiology*, 75:1901–1907.
- Nieuwenhuijsen, M.; M. Toledano y P. Elliott. 2000. Uptake of chlorination disinfection by-products; a review and a discussion of its implications for exposure assessment in epidemiological studies. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 10: 586-599.
- Rajkowski, K. T. y K. Ashurst. 2009. Use of 1% peroxyacetic acid sanitizer in an air-mixing wash basin to remove bacterial pathogens from seeds. *Foodborne Pathogens and Disease*, 6:1041–1046.
- Sikin, A.; C. Zoellner y S. Rizvi. 2013. Current Intervention Strategies for the Microbial Safety of Sprouts. *Journal of Food Protection*, 76: 2099–2123.
- Soleil, D. 2003. Brotes y germinados caseros. 125p. Tercera edición. Ediciones obelisco. España.
- Soliva, R.C. y O. Martín. 2003. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 14(9): 341-353.
- Waje, C.; S. Jun; Y. Lee; B. Kim; D. Han; C. Jo y J. Kwon. 2009. Microbial quality assessment and pathogen inactivation by electron beam and gamma irradiation of comercial seed sprouts. *Food Control*, 20:200–204.
- Weiss, A. y W. P. Hammes. 2005. Efficacy of heat treatment in the reduction of salmonellae and *Escherichia coli* O157:H2 on alfalfa, mung bean and radish seeds used for sprout production. *European Food Research and Technology*, 221:187–191.
- Wiley, C. R. 1997. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. 376p. Acribia. Zaragoza, España.
- Wu, L.; M. Noyan-Ashraf; M. Facci; R. Wang; P. Paterson; A. Ferrie y B. Juurlink. 2004. Dietary approach to attenuate oxidative stress, hypertension, and inflammation in the cardiovascular system. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101:7094–7099.
- Ye, J.; M. Kostrzynska; K. Dunfield y K. Warriner. 2010. Control of Salmonella on sprouting mung bean and alfalfa seeds by using a biocontrol preparation based on antagonistic bacteria and lytic bacteriophages. *Journal of Food Protection*, 73:9–17.



---

## USO DE ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA EN LOS PRODUCTOS DE IV Y V GAMA

### Use of Modified Atmosphere Packaging in Minimally Processed and Sous Vide Products

*Escalona, Víctor Hugo*

Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC), Departamento de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Casilla 1004 Santiago Chile. Teléfono: +562 29785841/23; Fax: +562 29785813

Email: [vescalona@uchile.cl](mailto:vescalona@uchile.cl) [www.cepoc.cl](http://www.cepoc.cl), [www.hortyfresco.cl](http://www.hortyfresco.cl)

#### RESUMEN

Los productos de IV y V gama son altamente susceptibles al incremento de las reacciones de deterioro y a sufrir re-contaminación por microorganismos después de finalizado el procesamiento industrial. El uso del envasado en atmósfera modificada (EAM) es ampliamente empleado como técnica para prolongar la vida útil de estos productos. El principal efecto fisiológico del uso comercial de EAM con una combinación gaseosa baja en O<sub>2</sub> y moderada a alta en CO<sub>2</sub> se debe a la disminución de la respiración aeróbica, la producción de etileno, pardeamiento enzimático, degradación de la pared celular, crecimiento microbiano, etc. En general, la composición del aire alrededor de un tejido vegetal puede ser cambiada por otra al interior de un envase. Por tanto, la respiración y otros cambios físicos y químicos son reducidos significativamente prolongando la vida útil especialmente en los productos de IV gama respecto a los V gama los cuales fueron tratados con calor y presentan una perecibilidad menor.

Entonces con el propósito de alcanzar la atmósfera de equilibrio recomendada al interior del envase con un producto de IV gama se debe seleccionar cuidadosamente la película plástica según su permeabilidad a los

gases de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, etileno y vapor de agua, tasa respiratoria y peso del producto cortado, superficie de intercambio del envase y temperatura de almacenamiento. Para los productos de V gama el material plástico debe ser resistente al tratamiento térmico y a mantener el vacío tras el procesamiento y durante la cadena de frío.

El uso de las temperaturas adecuadas es la principal herramienta para mantener la calidad y vida útil de estos productos. Es por tanto esencial el monitoreo de la temperatura para evitar condiciones de anaerobiosis, porque el consumo de oxígeno se incrementa por parte de la hortaliza picada más rápidamente que el de la permeabilidad de la película plástica frente a un alza en la temperatura.

**Palabras clave:** Mínimo proceso, envases, postcosecha, permeabilidad a los gases, vida útil.

#### ABSTRACT

Minimally processed and sous vide vegetables are highly susceptible to increase its deterioration reactions and suffer the risk to be re-contaminated by microbial organisms after the industrial processing. Modified

---

atmosphere packaging (MAP) is widely used as a technique to extend the shelf-life period of these products. The main physiological effect of commercial MAP with low O<sub>2</sub> combined with moderate and high CO<sub>2</sub> levels is related to a decreasing of aerobic respiration, ethylene production, enzymatic browning, cell wall degradation, microbial growth, etc. In general, the air composition surrounding by the vegetal tissue can be changed by another gas combination inside the packages. Therefore, the respiration and other chemical and physical changes are significantly reduced prolonging specially the shelf-life of minimally processed compared to sous vide vegetables, which are heat treated and shows a longer shelf life. In order to reach an optimal equilibrium gas concentrations for minimally processed, plastic film must be carefully chosen according to its O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, ethylene and water vapour transmission rates considering the vegetal metabolic characteristics, respiration rate and weight of product, exchange gas area of the package and the storage temperature. In case of sous vide the plastic film must be keep the vacuum condition inside de packages also during the application of thermal treatment and the cold chain. The use of adequate temperature is the main tool to keep the quality and extent the shelf life of these products. Therefore temperature control is essential to assure the desired MAP effect on minimally processed. It is essential the importance of temperature control to avoid anaerobic condition, because the oxygen consumption increases quicker than the gas film permeability when the temperatures is rose.

**Key words:** Fresh cut, packages, postharvest, gas permeability, shelf life.

## INTRODUCCIÓN

Las características principales de los productos de IV y V gama son que al estar procesados, pelados, lavados, cortados, semi cocinados o cocinados (V gama), envasados en bolsas o en envases semi-rígidos, este atributo de conveniencia permite minimizar los tiempos en la preparación de una comida. Sin embargo, a causa de las heridas que sufren estos órganos vegetales durante las operaciones de procesado y en especial en la IV gama, su vida útil a menudo disminuye drásticamente. En definitiva, dos son los problemas que deben controlarse para prolongar la vida de una hortaliza de IV y V gama. El primero, es que en la IV gama el tejido vegetal está vivo y continúa respirando mediante una gran cantidad de reacciones químicas que interactúan entre sí, alguna de las cuales deben ser controladas para retardar la senescencia. Este aspecto suele no ser importante en V gama donde el tratamiento térmico suave inactiva el proceso respiratorio del tejido vegetal. El segundo problema común para ambos productos, es la proliferación microbiana, importante en la mayoría de las hortalizas por su alto pH cercano a la neutralidad que favorece la proliferación de bacterias banales y patógenas.

Es por esta razón que es imprescindible que la manipulación y el procesado de estos productos se realicen a bajas temperaturas, inferiores a los 5 °C, para prolongar su vida útil reduciendo la velocidad de las reacciones químicas y el crecimiento microbiano. De esta misma forma, el transporte y comercialización debe ser a temperaturas lo más cercanas a 0°C y así obtener una supervivencia comercial que según el producto podría llegar como máximo a las dos semanas para hortalizas de IV gama y entre 6 a 10 semanas para V gama.

---

### **Envasado en atmósfera modificada**

En la conservación y distribución de los productos de IV y V gama suele utilizarse el envasado en atmósfera modificada (EAM). En los primeros productos se buscan concentraciones gaseosas de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> que inhiban especialmente reacciones relacionadas con la respiración, senescencia y ablandamiento de los tejidos. A modo de ejemplo, la respiración de hinojos picados disminuyó bajo concentraciones 5% O<sub>2</sub> y moderadas de CO<sub>2</sub> (5%). Al disminuir la concentración de O<sub>2</sub> se reducen las reacciones de pardeamiento, y al aumentar la concentración de CO<sub>2</sub> se inhibe la síntesis de la PPO que ha sido inducida como consecuencia del corte. El CO<sub>2</sub> previene el pardeamiento sobre los tejidos dañados, porque bloquea la formación de compuestos fenólicos e inhibe la actividad de la PPO. Por tanto, las concentraciones gaseosas recomendadas varían de 2 a 8% O<sub>2</sub> para evitar el pardeamiento y alargar la vida de conservación, mientras que las concentraciones óptimas de CO<sub>2</sub> varían entre 5 y 15%. Adicionalmente, estas atmósferas reducen la emisión de etileno y el ablandamiento de los tejidos (Escalona y col., 2006 a, b, c; Aguayo y col., 2007).

El efecto positivo de la atmósfera modificada sobre los productos de IV gama ha sido mencionado en muchos trabajos. Por ejemplo en hinojos (Escalona y col., 2006 a), colirrábano (Escalona y col., 2006 b), lechuga mantecosa (Escalona y col., 2007), rúcula (Char y col., 2012), berro (Silveira y col., 2014), espinacas (Escalona y col., 2010), melón (Aguayo y col., 2008; Silveira y col., 2011), tomates (Gil y col., 2002), papa (Beltrán y col., 2005), sandía (Artés-Hernández y col., 2010), etc.

En el caso de la V gama el producto procesado se envasa en una atmósfera de vacío utilizándose este mismo envase para realizar el tratamiento térmico. Por esta razón, estos materiales plásticos deben ser capaces de soportar un tratamiento térmico de 70 a 100 °C por 10 a 30 min y mantener el vacío.

En IV gama se podría recomendar la aplicación de un vacío moderado a una presión de 0,4 atm sólo o en combinación con antioxidantes para la conservación de endibias, lechugas, rodajas de tomate, papas y zanahorias entre otros, ya que disminuye la actividad metabólica y el crecimiento microbiano. En lechugas picadas conservadas en atmósfera controlada (AC) con 3% O<sub>2</sub> y 10% CO<sub>2</sub>, se mantuvo una calidad visual aceptable sin un apreciable desarrollo microbiano tras 12 días a 4°C. Después de conservar las lechugas cortadas en aire enriquecido con 20% CO<sub>2</sub> a 2,5 °C, la concentración de compuestos fenólicos totales se redujo por la disminución de la actividad PAL, debido a la disminución del pH citoplasmático. Cuando los trozos de lechuga fueron transferidos al aire a 20°C, el pH citoplasmático se normalizó recuperándose la actividad PAL. Un aspecto a tener en cuenta es que los productos de IV gama toleran concentraciones mínimas extremas de O<sub>2</sub>, que en los mismos productos pero enteros no serían recomendadas. Esto porque al ser pelados y/o picados no poseen ni cutícula ni piel que restrinja el paso de gases, y la distancia de difusión de los gases entre el centro y el exterior del tejido es mucho menor que la del producto entero (Watada y Qi, 1999). Así, en bolsas de ensalada (lechuga, zanahoria, repollo morado) almacenadas a 5 °C durante 12 a 16 días se registraron concentraciones de 0,2 a 1,5% O<sub>2</sub> y 5 a 30% CO<sub>2</sub> con una calidad sensorial en el límite de aceptación.

---

Por otra parte, muchos productos de IV gama son transportados y expuestos a la venta a temperaturas mayores a las recomendadas. En supermercados por ejemplo, existen muchos reportes que indican en ensaladas verdes envasadas en atmósfera modificada concentraciones muy bajas de O<sub>2</sub> y acumulación de etanol (Nunes y col., 2009; Tano y col., 2007). Otro problema asociado a las variaciones de temperatura y la elevada humedad relativa (HR) en el interior del envase son las condensaciones sobre la película plástica y en el producto. La presencia de agua en estado líquido puede promover el desarrollo de podredumbres y bloquear la difusión del O<sub>2</sub> dentro del tejido vegetal y a través del polímero causando fermentación.

### Calidad microbiológica

Existen microorganismos que proliferan fácilmente sobre los productos IV gama, pero su comportamiento puede ser influenciado por el metabolismo del tejido vegetal y por la modificación de la atmósfera. Varios estudios muestran que un EAM mejora la calidad de ensaladas cortada, aunque el efecto de esta técnica sobre la microflora aerobia es variable. Los resultados indican que una atmósfera con 3% O<sub>2</sub> y 10% CO<sub>2</sub> mejora la calidad de lechugas cortadas en comparación a las mismas en aire, sin existir ningún efecto sobre el crecimiento de bacterias mesófilas (Escalona y col., 2006 c, 2007; Allende y col., 2007).

En el caso de achicorias picadas tras una conservación a 10°C, se mejoró la apariencia visual con una mezcla de 20% CO<sub>2</sub> más aire en comparación con aire, pero sin reducir el crecimiento de bacterias mesófilas. En setas frescas bajo EAM con 2,5 ó 5% O<sub>2</sub> y 2,5, 5 ó 7,5% CO<sub>2</sub> y aire a 10°C no se obtuvo un efecto

sobre el desarrollo de la microflora mesófila y de la *Pseudomona fluorescens*. Una conservación bajo condiciones anaeróbicas redujo los recuentos totales de *P. fluorescens* en dos ciclos logarítmicos, pero fue perjudicial en la calidad de estas setas. En conclusión, los beneficios del EAM no fueron significativos en la reducción de la flora mesófila. En mezclas de ensaladas se han obtenido recuentos de bacterias mesófilas de 7 a 9 unidades logarítmicas (Hinojosa y col., 2013).

En general, concentraciones de 15 a 20% CO<sub>2</sub> son eficientes para reducir el desarrollo de microorganismos pectolíticos y la presencia de podredumbres durante el almacenamiento de frutas y hortalizas enteras. Semejantes concentraciones son alcanzadas en hortalizas IV gama después de pocos días bajo refrigeración.

La temperatura afecta el efecto inhibitor del EAM, ya que al incrementarse, disminuye la solubilidad del CO<sub>2</sub> en la célula vegetal. Este efecto inhibitor del CO<sub>2</sub> estaría dado por la acidificación del medio celular al disociarse en bicarbonato e ion hidrógeno, después de solubilizarse dentro de la fase líquida del tejido tratado y formar ácido carbónico. Es así como en achicorias cortadas se obtuvo una reducción del número de bacterias mesófilas a 2° y 6°C pero no a 10°C. En hojas de achicoria inoculadas con bacterias pectolíticas como *P. fluorescens* o en tomate con *P. marginalis*, concentraciones de CO<sub>2</sub> de 20% previnieron el desarrollo de podredumbres blandas. Este efecto inhibitor se debería a que las enzimas pectolíticas liberadas por las bacterias presentan un pH óptimo cercano a la neutralidad. Siriphanich y Kader (1986), notaron que el pH vacuolar y citoplasmático decreció en 0,1 y 0,4 respectivamente en lechugas conservadas por 6 días a 0 °C con 15% CO<sub>2</sub> en aire.

---

Otro mecanismo que explicaría la acción inhibitoria del CO<sub>2</sub> sería el desplazamiento de las moléculas de O<sub>2</sub> en el interior celular. Una rápida penetración de este gas en la célula y la alteración de las características de la membrana celular son mecanismos aún poco claros. Otros investigadores plantean un mecanismo metabólico donde el CO<sub>2</sub> dentro de la célula, tendría un efecto negativo sobre varias enzimas y rutas bioquímicas. La eficiencia del CO<sub>2</sub> generalmente aumenta con la concentración, aunque con altas cantidades algunos microorganismos patógenos como *Clostridium botulinum* pueden crecer. Este riesgo debe minimizarse con una correcta higienización y control de la temperatura.

Los microorganismos difieren en su sensibilidad al EAM. Con bajo O<sub>2</sub> (1%), en general se obtiene un pequeño efecto sobre el crecimiento de hongos y bacterias. En cambio, unas concentraciones de 5 a 10% CO<sub>2</sub> suelen tener efecto antimicrobiano. Además, con alto CO<sub>2</sub> se puede afectar indirectamente el crecimiento microbiano al retardar el deterioro de los órganos vegetales (ablandamiento y cambios en la composición química). Las bacteria Gram - negativas son muy sensibles al CO<sub>2</sub> mientras que las ácido lácticas y anaerobias son bastante resistentes a este gas. Los recuentos totales en mezclas de lechuga, zanahoria y repollo, comercializadas en restaurantes y supermercados, se incrementaron desde un valor inicial de 5,2 hasta 7,1 unidades logarítmicas de UFC/g, después de 10 días a 5 °C.

#### **Métodos para generar el envasado en atmósfera modificada**

Existen dos sistemas para realizar un EAM, el pasivo y el activo:

*Envasado en atmósfera modificada pasiva.*  
Dentro de un envase plástico sellado

herméticamente puede obtenerse una atmósfera apropiada, cuando la permeabilidad de la película a los gases sea la correcta, por medio del consumo de O<sub>2</sub> y la producción de CO<sub>2</sub> originado por la respiración del órgano vegetal.

*Envasado en atmósfera modificada activa.* Se puede realizar mediante un ligero vacío o por el reemplazo parcial de la atmósfera en el interior del envase con una mezcla gaseosa deseada o mediante la inyección de N<sub>2</sub>. Esta mezcla puede ser adicionalmente ajustada mediante absorbentes de gases (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) ubicados dentro del envase. Aunque esta técnica implica un costo adicional, es más recomendada por alcanzar rápidamente la atmósfera deseada.

#### **Películas plásticas para el envasado en atmósfera modificada**

Aunque existen muchas películas plásticas disponibles para este propósito, debido a sus características de permeabilidad a los gases, relativamente pocas han sido utilizadas en el EAM de productos frescos. Normalmente, las concentraciones de O<sub>2</sub> deben reducirse desde 21% hasta 2% y los de CO<sub>2</sub> incrementarse desde 0,03% hasta un límite de 15 a 20%. Los polímeros utilizados para confeccionar los envases poseen una permeabilidad al CO<sub>2</sub> que suele ser de 3 a 5 veces mayor a la del O<sub>2</sub> (Cuadro 1).

La mayoría de los materiales de envasado que poseen unas características de permeabilidad a los gases adecuadas presentan muy baja permeabilidad al vapor de agua. Esto puede ser un factor limitante, puesto que en la mayoría de los envases la HR que se alcanza es muy alta ( $\geq 95\%$ ).

**Cuadro 1.** Permeabilidad de diferentes polímeros plásticos al vapor de H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Los valores corresponden a una película de 25 µm a presión atmosférica y 0°C.

Material	Permeabilidad (P)			P <sub>CO2</sub> /P <sub>O2</sub> (β)
	O <sub>2</sub> (mL d <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	CO <sub>2</sub> (mL d <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	Vapor H <sub>2</sub> O (g d <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	
Polietileno baja densidad	6.000 – 7.920	30.000 – 40.800	14,4 – 19,2	5,0 – 5,2
Polietileno alta densidad	480 – 1.920	6.960 – 7.920	4,8 – 6,0	4,1 – 14,5
Polipropileno	1.920	7.920 – 12.000	7,2 – 9,6	4,1 – 6,3
Copolímero acetato vinil etileno (EVA)	9.000 – 12.000	SI	19– 48	SI
PVC	192 - 960	3.000 – 6.000	24 - 48	6,3 - 15,6
Poliestireno	4.560 – 5.040	12.960	139 – 149	2,8 – 2,6
Nylon 6	48 - 144	144 - 288	240	2,0 - 3,0
Nylon 11	280 - 480	1920	60 - 96	4,0 - 6,9
Policarbonato	1.440 – 4.080	SI	96	SI
Acetato de celulosa	1.920 – 3.000	9.600 – 48.000	1.440	5,0 – 16,0
Celulosa regenerada MS	9,6 – 12,0	48 - 60	9,6 – 12,0	5,0

SI: sin información.

Fuente: Reid y Serek (1999), adaptada.

### Películas plásticas microperforadas

Las películas plásticas microperforadas son utilizadas para generar atmósferas modificadas con productos que poseen una elevada tasa respiratoria tales como las flores y los productos de IV gama (González *et al.*, 2008). Cuando se practican estas perforaciones el intercambio gaseoso varía significativamente en comparación con una película plástica convencional sin perforaciones (Oliveira *et al.*, 1998). La difusión del O<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub> a través del aire es de 8,5 a 1,5 millones de veces más alta que a través de una película de polietileno de baja densidad. Estos cambios en la difusión significan que los intercambios gaseosos ocurren principalmente a través de las microperforaciones. En una película microperforada la relación de permeabilidad entre CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> (β) es cercana a la unidad (Brody, 2005) a diferencia de una sin perforar donde es de 3 a 5.

Durante los últimos años se han realizado la mayoría de los avances en películas plásticas y nuevas propuestas se esperan en un futuro cercano tanto a nivel de fabricación, consumidor costos y bio-degradabilidad relacionados con las películas. Alguna de las nuevas películas desarrolladas buscan cambiar de permeabilidad en función de la temperatura, incrementar la difusión de gases mediante microperforaciones, mejores propiedades mecánicas, de impresión, integridad del sellado y la posibilidad de volver a sellar una bolsa, claridad, y características anti-vaho. En algunas aplicaciones se controlan las difusiones dentro y fuera del envase a través de una membrana con una tasa específica de transmisión de gases tal como ocurre en la actualidad con FreshHold. Además se pueden mencionar las membranas que responden a los cambios de

---

temperatura desarrolladas por Landec Corporation (<http://www.landec.com>).

Otras alternativas son las películas absolvedores que pueden ser empleados para eliminar malos olores, etileno u otros gases. Los Biosensores, para detectar etanol o etil acetato (como indicadores de metabolismo fermentativo), están siendo desarrollados para potenciar su uso en productos envasados con un mecanismo de abertura que permita la entrada de O<sub>2</sub> al envase en caso de anaerobiosis.

**AGRADECIMIENTOS:** Se agradece a la Red CYTED HORTYFRESCO (113RT0480) y a CONICYT (Chile).

#### LITERATURA CITADA

- Aguayo, E.; Escalona, V.H. y Artés, F., (2007) Quality of minimally processed *Cucumis melo* var. *saccharinus* as improved by controlled atmosphere, *Eur. J. Hortic. Sci.* 72, 39-45.
- Aguayo, E.; Escalona, V. y Artés, F., (2008) Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut "Amarillo" melon, *Postharvest Biol. Tec.* 47, 397-406.
- Allende, A.; Marín, A.; Buendía, B.; Tomás-Barberán, F. y Gil, M.I., (2007) Impact of combined postharvest treatments (UV-C light, gaseous O<sub>3</sub>, superatmospheric O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub>) on health promoting compounds and shelf-life of strawberries, *Postharvest Biol. Tec.* 46: 201-11.
- Artés-Hernández, F.; Robles, P.A.; Gómez, P.; Tomás-Callejas, A. y Artés, F., (2010) Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon, *Postharvest Biol. Tec.* 55, 114-120.
- Beltrán, D.; Selma, M.V.; Tudela, J.A. y Gil, M.I., (2005) Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging, *Postharvest Biol. Tec.* 37, 37-46.
- Brody, A.L., (2005) What's fresh about fresh-cut, *Food Technol.* 59, 74-77.
- Char, C.; Silveira, A.; Inestroza-Lizardo, C.; Hinojosa, A.; Machuca, A. y Escalona, V.H., (2012) Effect of noble gas-enriched atmospheres on the overall quality of ready-to-eat arugula salads, *Postharvest Biol. Tec.* 73, 50-55.
- Escalona, V.H.; Aguayo, E. y Artés, F., (2006a) Quality changes of intact and sliced fennel stored under different atmospheres, *Postharvest Biol. Tec.* 41, 307-136.
- Escalona, V.H.; Aguayo, E. y Artés, F., (2006b) Metabolic activity and quality changes of whole and fresh-cut kohlrabi (*Brassica oleracea* L. *gongylodes* group) stored under controlled atmospheres, *Postharvest Biol. Tec.* 41,181-190.
- Escalona, V.H.; Verlinden, B.E.; Geysen, S. y Nicolai, B.M., (2006c) Changes in respiration of fresh-cut butterhead lettuce under controlled atmospheres using low and superatmospheric oxygen conditions with different carbon dioxide levels, *Postharvest Biol. Tec.* 39, 48-55.
- Escalona, V.H.; Geysen, S.; Verlinden, B.E. y Nicolai, B., (2007) Microbial quality and browning of fresh-cut butter lettuce under superatmospheric oxygen condition, *Eur. J. Hortic. Sci.* 72, 130-137.
- Escalona, V.H.; Aguayo, E.; Martínez-Hernández, G.B. y Artés F., (2010) UV-C doses to reduce pathogen and spoilage bacterial growth in vitro and in baby spinach, *Postharvest Biol. Tec.* 51, 287-296.
- Gil, M.I.; Conesa, M.A. y Artés, F. (2002) Quality changes in fresh cut tomato as affected by modified atmosphere

- 
- packaging, *Postharvest Biol. Tec.* 25, 199–207.
- González, J.; Ferrer, A.; Oria, R.; y Salvador, M.L., (2008) Determination of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> transmission rates through microperforated films for modified atmosphere packaging of fresh fruits and vegetables, *J. Food Eng.* 86, 194–201.
- Hinojosa, A.; Silveira, A.C.; Ospina, M.; Char, C. y Escalona, V.H., (2013) Safety of ready to eat watercress using treated environmentally friendly sanitizers, *J. Food Qual.* 36, 66-76.
- Nunes, M.C.N.; Emond, J.P.; Rauth, M.; Dea, S. y Chau, K.V., (2009) Environmental conditions encountered during typical consumer retail display affect fruit and vegetable quality and waste, *Postharvest Biol. Tec.* 51, 232-241.
- Oliveira, F.A.R.; Fonseca, S.C.; Oliveira, J.C.; Brecht, J.K. y Chau, K.V., (1998) Development of perforation-mediated modified atmosphere packaging to preserve fresh fruit and vegetable quality after harvest, *Food Sci. Technol. Int.* 4, 339–352.
- Reid, M.S. y Serek, M., (1999). Modified atmosphere packaging. En: *Guide to food transport controlled atmosphere*. Mercantila Publishers. Copenhagen, Dinamarca, pp. 33-38.
- Silveira, A.; Aguayo, E.; Escalona, V.H. y Artés, F., (2011) Hot water treatment and peracetic acid to maintain fresh-cut Galia melon quality, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 12, 569–76.
- Silveira, A.; Araneda, C.; Hinojosa, A. y Escalona, V.H., (2014) Effect of non conventional modified atmosphere packaging on fresh cut watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) quality, *Postharvest Biol. Tec.* 92,114-20.
- Siriphanich, J. y Kader, A.A., (1986) Changes in cytoplasmic and vacuolar pH in harvested lettuce tissue as influenced by CO<sub>2</sub>, *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 111, 73-77.
- Tano, K.; Oulé, M.L.; Doyon, G.; Lencki, R.W. y Arul, J., (2007) Comparative evaluation of the effect of storage temperature fluctuation on modified atmosphere packages of selected fruit and vegetables, *Postharvest Biol. Tec.* 46, 212-221.
- Watada, A.E.y Qi, L., (1999) Quality of fresh-cut produce, *Postharvest Biol. Technol.* 15, 201-205.