



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DEL CLIMA SOBRE LA EXPRESION DE ESCALDADO SUPERFICIAL EN PERAS
(*Pyrus communis* L.) CV. PACKHAM'S TRIUMPH**

MEMORIA DE TÍTULO

FRANCISCA GISELA MEJÍAS MARTÍNEZ

TALCA-CHILE

2019



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

EFFECTO DEL CLIMA SOBRE LA EXPRESION DE ESCALDADO SUPERFICIAL EN PERAS
(*Pyrus communis*L.) CV. PACKHAM'S TRIUMPH

Por

FRANCISCA GISELA MEJÍAS MARTÍNEZ

MEMORIA DE TÍTULO

Presentada a la
Universidad de Talca como
Parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO AGRÓNOMO

TALCA, 2019

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2019

APROBACIÓN:



Profesor Guía
Profesora Escuela de Agronomía
Centro de Pomáceas
Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad de Talca – Chile

Ing. Agr. Dra. Carolina Andrea Torres Del Campo



Profesor Informante
Profesor Escuela de Agronomía
Departamento de Horticultura
Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad de Talca – Chile

Ing. En Alimentos. Dr. Aníbal Concha Meyer

Fecha de presentación de Memoria de Título: 02 Abril 2019

AGRADECIMIENTOS

Agradecer principalmente a Dios por permitirme ponerme de pie en cada uno de estos años, ya que el último tiempo ha estado lleno de obstáculos para mí y aun así he podido salir adelante con la frente en alto.

También agradecer a mi familia en especial a mi madre Francisca Martínez por apoyarme en cada paso que doy y por confiar hasta el último día en mis capacidades y por dar su vida por mí y mi hijo. A mi hijo Emilio que me da las fuerzas para luchar y salir adelante sin rendirme, él es mi motor y mi cable a tierra, el pedacito de mí que me impulsa a lograr grandes cosas y nunca rendirme a pesar de los obstáculos que hemos tenido que superar juntos.

Agradecer a mi familia materna, en especial a mis tíos Eduardo y Magaly por estar ahí en los momentos cuando más lo necesité, a mis primos Sebastián, Catalina e Ignacia por apoyarme y subirme el ánimo en todas aquellas ocasiones que tuve problemas y por sentir que soy su ejemplo a seguir por ser su prima mayor.

Agradecer a la vida por haber conocido personas tan maravillosas en estos años de estudio, Estefanía, Gloria, Rocío y Javier que me ayudaron a culminar ésta etapa universitaria dándome su apoyo y amistad sincera.

Por otra parte dar las gracias a la Profesora Carolina Torres por recibirme y hacerme parte de su equipo de tesis de la temporada 2015-2016 y tenerme paciencia para terminar con este proceso dándome siempre el mejor de los ánimos y no dejándome nunca rendirme. A mis dos profesores informantes durante el proceso Omar y Gloria que me brindaron su apoyo incondicional, especialmente a la profesora Gloria que me ayudó cuando pensaba que ya no podía más y me motivó a salir adelante y terminar mi Memoria de Título y al profesor Aníbal por aceptar ser mi profesor informante en las últimas instancias.

A la empresa DOLE Chile por facilitar sus huertos comerciales para la obtención de la fruta necesaria para llevar a cabo éste ensayo y al proyecto FONDECYT N° 116754 que proporcionó el financiamiento.

Los momentos más difíciles suelen llevar a los momentos más importantes de tu vida. Sigue adelante. Las situaciones difíciles hacen que las personas sean más fuertes al final.

Roy T. Bennett.

RESUMEN

Chile es el quinto país exportador de peras en el mundo, siendo el cultivar Packham's Triumph el de mayor volumen exportado, sin embargo, es el principal cultivar afectado por escaldado superficial (ES) durante el periodo de guarda de la fruta, condición necesaria debido a la lejanía de los mercados. Este desorden fisiológico es difícil de predecir ya que no siempre se expresa entre las temporadas y el efecto de las variables de precosecha en este cv. ha sido poco estudiado. Durante la temporada 2015/16 se estudió el efecto de cuatro diferentes zonas productivas y tres tipos de cosecha (temprana, comercial y tardía) sobre la incidencia de ES luego de 6 meses de almacenaje en frío. Se evaluaron índices bioclimáticos como Grados días acumulados (GDA) y Horas frío acumuladas (HFA) 45 días antes de cosecha y a los 0, 45, 90, 135 y 180 los índices de madurez (Firmeza de pulpa, test de almidón, peso, sólidos soluble y diámetro), α -farneseno, capacidad antioxidante (AO), y trienoles (TC). A los 135 y 180 días más 7 días a temperatura ambiente se evaluó la incidencia de ES. Los resultados mostraron una relación entre los GDA con la incidencia de ES a los 135 días con un r de 0,77, mientras que a los 180 días no hubo relación con los índices bioclimáticos. Durante la temporada solo se acumularon 44HF, sin efecto sobre la incidencia de ES. En relación al efecto de las zonas productivas y cosechas, zonas más cálidas y cosechas más tardías expresaron mayor ES, fruta con mayor contenido de trienoles TC258 y una máxima producción de α -farneseno.

Palabras claves: pera, índices bioclimáticos, escaldado superficial, trienoles, α -farneseno y capacidad antioxidante

ABSTRACT

Chile is the fifth pear exporting country at the world, being the cultivar Packham's triumph one with highest export volume, however, it is the main cultivar affected by superficial scald (SS) during the period of the fruit storage, necessary condition due to the large of the markets. This physiological disorder is difficult to predict since it is not always expressed between the seasons and the effect of the pre-harvest variables in this cv. it has been poorly studied. During the 2015/16 season, the effect of four different productive zones and three types of harvest (early, commercial and late) on the incidence of ES after 6 months of cold storage was studied. Bioclimatic indexes were assessed as Degrees accumulated days (GDA) and accumulated cold hours (HFA) 45 days before harvest and at 0, 45, 90, 135 and 180 maturity indexes (fresh firmness, starch test, weight, solids soluble and diameter), α -farnesene, antioxidant capacity, and trienols (Tc). At 135 and 180 days plus 7 days at room temperature, the incidence of ES was evaluated. The results showed a relation between the GDA with the incidence of ES at 135 days with an r of 0.77, while at 180 days there was no relation with the bioclimatic indexes. During the season only 44HF were accumulated, with no effect on the incidence of ES. In relation to the effect of productive zones and harvests, warmer zones and later harvests expressed higher ES, fruit with higher content of Tc258 trienols and a maximum production of α -farnesene.

Key words: pear, bioclimatic indexes, superficial scald, trienols, α -farnesene and antioxidant capacity.

INDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Hipótesis	11
1.2 Objetivos Generales	11
1.2.1 Objetivos específicos	11
2. REVISIÓN BIBLOGRAFICA	12
2.1 El cultivo del peral	12
2.2 Superficie del peral en Chile y el mundo	12
2.3 Producción de peras a nivel mundial	12
2.4 Características de la variedad Packham´sTriumph	13
2.5 Descripción de escaldado superficial	13
2.6 Causas bioquímicas del escaldado superficial	14
2.7 Factores predisponentes que afectan la susceptibilidad al escaldado	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1 Antecedentes generales del ensayo	17
3.2 Material Vegetal	17
3.3 Evaluaciones	18
3.3.1 Índices climáticos	18
3.3.2 Índices de madurez.....	18
3.3.3 Compuestos químicos relacionados con el escaldado superficial	19
3.4 Análisis estadístico	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1 Características climáticas de distintas zonas durante la temporada 2015- 2016	21
4.2 Evolución de la madurez de la fruta	23
4.3 Incidencia de escaldado superficial después de 135 y 180 días de almacenaje más 7 días de la fruta expuesta a temperatura ambiente	26
4.4 Resultado del análisis químico para compuestos relacionados con el escaldado superficial	30
4.5 Asociación entre la incidencia de escaldado superficial y variables climáticas	41
4.6 Relación entre la incidencia de escaldado superficial e índices de madurez	43
6. BIBLIOGRAFIA	45
7. ANEXOS	49

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Temperaturas máximas (°C) desde el 01 de Octubre de 2015 hasta el 09 de Febrero de 2016 en las zonas agroclimáticas de Lontué, San Fernando, San Vicente de Tagua Tagua y Calera de Tango.....	22
Figura 2. Temperaturas mínimas (°C) desde el 01 de Octubre de 2015 hasta el 09 de Febrero de 2016 en las zonas agroclimáticas de Lontué, San Fernando, San Vicente de Tagua Tagua y Calera de Tango.....	23
Figura 3. Correlación entre GDA (A) y HF<10°C (B) con la incidencia de escaldado superficial total en la fruta a los 135 días más 7 días a temperatura ambiente.....	41
Figura 4. Correlación entre GDA (A) y HF<10°C (B) con la incidencia de escaldado superficial total en la fruta a los 180 días más 7 días a temperatura ambiente.....	42
Figura 5. Correlación de firmeza (lb) con incidencia de ES total en la fruta a los 135 (A) y 180 (B) días de almacenaje y 7 días a temperatura ambiente.....	43

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ubicación, acumulación de grados día acumulado (GDA>10°C) y horas frío (HF<10°C) de la temporada 2015-2016 de las distintas zonas agroclimáticas.....	21
Cuadro 2. Índices de madurez en la fruta al momento de cosecha de cada huerto y cosecha en peras cv. Packham'sTriumph, procedente de 4 zonas productivas y tres diferentes cosechas (1=tempranas; 2=comercial; 3= tardía) durante la temporada 2015/2016.....	24
Cuadro 3. Firmeza (promedios) de la fruta durante almacenaje en peras cv. Packham'sTriumph, procedente de 4 zonas productivas y tres diferentes cosechas (1=tempranas; 2=comercial; 3= tardía) durante la temporada 2015/2016.....	26

Cuadro 4. Efectos de la incidencia y severidad del escaldado superficial en frutos de peras del cv. Packham's Triumph luego de estar almacenados durante 135 días en FC y ser expuestos por 7 días a temperatura ambiente, procedentes de 4 zonas productivas y tres diferentes cosechas durante la temporada 2015/2016.....	28
Cuadro 5. Efectos de la incidencia y severidad del escaldado superficial en frutos de peras del cv. Packham's Triumph luego de estar almacenados durante 180 días en FC y ser expuestos por 7 días a Temperatura ambiente, procedentes de 4 zonas productivas y tres diferentes cosechas durante la temporada 2015/2016.....	30
Cuadro 6. Niveles de compuestos α -farneseno en la fruta al momento de cosecha y durante el almacenaje en FC, procedentes de 4 zonas productivas y tres diferentes cosechas durante la temporada 2015/2016.....	32
Cuadro 7. Niveles de TC258 en la fruta al momento de cosecha y durante el almacenaje en FC, procedentes de 4 zonas productivas y tres diferentes cosechas (1=tempranas; 2=comercial; 3=tardía) durante la temporada 2015/2016.....	34
Cuadro 8. Niveles de TC269 en la fruta al momento de cosecha y durante el almacenaje en FC procedente de 4 zonas productivas y 3 cosechas durante la temporada 2015/2016.....	36
Cuadro 9. Niveles de TC281 en la fruta al momento de cosecha y durante el almacenaje en FC procedentes de 4 zonas productivas y tres diferentes cosechas durante la temporada 2015/2016.....	38
Cuadro 10. Niveles de Capacidad Antioxidante en la fruta al momento de cosecha y durante el almacenaje en FC, procedentes de 4 zonas productivas y tres diferentes cosechas durante la temporada 2015/2016.....	40

1. INTRODUCCIÓN

El peral (*Pyrus communis L.*) es una especie frutícola de gran importancia económica ya que posee una superficie de 8.781 hectáreas plantadas a nivel nacional entre perales asiáticos y europeos, concentrándose la mayor superficie en la Región de O'Higgins con 4.795 ha, seguido por la Región del Maule con 2.742,9 ha (ODEPA, 2016).

La variedad Packham's Triumph es la más importante a nivel nacional, por tener la mayor superficie cultivada, ocupando un 35% de la superficie plantada, seguido por la variedad Abate Fetel con un 17,9% (Lorca, 2018). Chile es el primer exportador frutícola del hemisferio sur, la superficie frutícola nacional alcanza a 294.000 hectáreas entre las regiones de Atacama y Los Lagos. El sector produce cerca de 5 millones de toneladas de fruta al año, de las cuales se exportan 2,6 millones de toneladas como fruta fresca (ODEPA, 2018). Una serie de protocolos en la producción de la fruta son recomendados para que durante la postcosecha no pierda la calidad exigida por el consumidor final en los mercados de destino (ODEPA, 2018).

Existen una serie de inconvenientes durante el proceso productivo de la fruta que causan pérdidas económicas importantes al momento de comercialización, durante el almacenamiento en frío la fruta es afectada por desórdenes fisiológicos y enfermedades (Feippe, 1995).

Entre los desórdenes fisiológicos en peras del cv. Packham's Triumph el más común es el escaldado superficial (ES) y se manifiesta después de periodos prolongados al frío (Moggia *et al.*, 2005). Este desorden se expresa a través de síntomas como manchas de color marrón en la piel del fruto, y a medida que avanza el daño, se observa un oscurecimiento del color y aumenta la superficie afectada (Prasad *et al.*, 2016). Su desarrollo es producto de la oxidación de un compuesto llamado α -farneseno (α -f), componente natural presente en la cera cuticular de la fruta, el cual es oxidado a trienos conjugados que serían los causantes directos del daño (González, 1997).

El α -f se acumula principalmente en la capa de cera de la cutícula o en las paredes de la célula epidérmica, mientras que los síntomas de escaldadura se desarrollan en las células hipodérmicas y epidérmicas (Lurie y Watkins, 2012). El ES no afecta la pulpa, el sabor, ni textura del fruto, pero reduce significativamente su valor comercial (Soria, 1998).

El clima es uno de los factores que influye directamente en la susceptibilidad al escaldado superficial en manzanas, además, estudios recientes señalan una situación similar en peras (Calvo, 2016).

A continuación, se plantea la hipótesis y objetivos del presente estudio:

1.1 Hipótesis

Peras de invierno producidas en zonas donde los veranos son más calurosos, secos, y con menos acumulación de horas frío, tienen una mayor predisposición a desarrollar escaldado superficial en postcosecha.

1.2 Objetivos Generales

Determinar la expresión y bioquímica de escaldado superficial en peras cv. Packham's Triumph producidas en distintas zonas geográficas.

1.2.1 Objetivos específicos

- Cuantificar índices bioclimáticos y los compuestos asociados a escaldado superficial en peras cv. Packham's Triumph, provenientes de diferentes zonas agroclimáticas.
- Relacionar la presencia de compuestos escaldados con los distintos tipos de indicadores bioclimáticos en peras Packham's Triumph de acuerdo a zona agroclimática en la que fueron cultivadas.

2. REVISIÓN BIBLOGRAFICA

2.1 El cultivo del peral

El peral (*Pyrus communis* L.) es un frutal que pertenece a la familia de las rosáceas y al género *Pyrus* (Westwood *et al.*, 1982). Es una especie de regiones templadas donde adquiere el frío invernal necesario para su correcta producción, es poco sensible a calores estivales y altamente exigente en agua (Agustí, 2010).

El fruto es un pomo cubierto por una capa unicelular que comprende a las células epidérmicas recubiertas por la cutícula cerosa, esta capa contiene numerosas lenticelas, rellenas de un tejido suberoso (Bondoux *et al.*, 1994). En los primeros meses de desarrollo, la pulpa es dura y ácida, pero cuando alcanza la madurez pasa a ser banda y dulce (Benítez, 2001). La pera posee un alto contenido de agua que oscila entre los 78-90%, lo que varía según el estado de desarrollo y variedad, por lo que contiene en solución otras sustancias, como azúcares, taninos, pigmentos, sales minerales y ácidos que son utilizados para determinar los índices de madurez de la fruta (Gomilla, 2015).

2.2 Superficie del peral en Chile y el mundo

La superficie del cultivo de pera en el mundo es de 1.614.061 hectáreas, distribuidas en 85 países dentro de los cinco continentes (FAO, 2016). A nivel nacional, el cultivo del peral posee una superficie total plantada de 8.781 hectáreas, siendo la Región de O'Higgins la que posee la mayor superficie, contando con 4.795 ha, seguido por la Región del Maule con 2.742,9 ha (ODEPA, 2016). Por otra parte, las peras asiáticas ocupan un total de 198,4 hectáreas plantadas a nivel nacional, siendo de estas 78,5 cultivadas en la Región de O'Higgins, 77,1 en la Región del Maule y 37,5 hectáreas en la Región del Biobío (ODEPA, 2016).

2.3 Producción de peras a nivel mundial

La producción mundial de peras en el 2013 fue de 23 millones de toneladas de las cuales China aportó 17 millones de toneladas, es decir, el 73,9 % del total de producción. Chile ocupa el 14° lugar con una producción de 203 mil toneladas lo que equivale al 0,88% de la producción mundial (Toranzo, 2016).

En los últimos años en Chile se han erradicado variedades que no poseen las características adecuadas para competir en el mercado, y se han ido incorporando plantaciones de aquellas que son atractivas para el mercado externo como Abate Fetel, Forelle, Coscia (Toranzo, 2016).

La producción de peras en Chile se concentra entre las variedades: Packams Triumph, Beurre Bosc, Bartlett de Verano, Red Bartlett, Coscia, D'Anjou y Winter nellis. Chile se destaca netamente por ser un país exportador por lo que la mayoría de su producción de peras es exportada (Lucci, 2016).

2.4 Características de la variedad Packham's Triumph

La variedad Packham's Triumph se caracteriza por ser tardía por lo que su cosecha inicia a fines de verano y principios de otoño en Chile, lo que le da una ventaja al producir fuera de las épocas tradicionales, obteniendo un mayor valor de la fruta exportada (Chávez y Arata, 2009).

Las peras del cv. Packham's Triumph no maduran completamente en el árbol, por esto se necesita de frío para cumplir con los requisitos de consumo (Villalobos-Acuña y Mitcham, 2008).

Para tomar la decisión de cosecha de este cultivar se debe cumplir con estándares de madurez, entre los que destacan la firmeza de pulpa que debe ser 14-16 lb, acidez málica de 3,5- 4,0 g/l y 20-30% del almidón degradado, lo que ocurre aproximadamente 138 días después de plena flor (Calvo y Candan, 2012).

Las condiciones para almacenamiento en postcosecha de esta variedad son a temperaturas de 0,5 a -1°C y humedad relativa sobre el 90% (Calvo, 2012).

Los desórdenes fisiológicos en la producción de peras generan grandes pérdidas económicas, dentro de los que destacan en la variedad Packham's Triumph el escaldado superficial, la deshidratación y las pudriciones (Calvo, 2012). De éstos el que genera las mayores pérdidas económicas al momento de comercializar la fruta es el escaldado superficial, no compromete la pulpa, sin embargo, se manifiesta con manchas de color pardo claro o negro en forma irregular que alteran su valor comercial (Lurie y Watkins, 2011).

2.5 Descripción de escaldado superficial

El escaldado superficial es el pardeamiento difuso en la hipodermis de manzanas y peras que se manifiesta luego del almacenamiento de la fruta en frío por un periodo de tiempo entre 60 a 120 días (Prasad *et al.*, 2016). El trastorno se desarrolla después de que las frutas son retiradas del almacenamiento en frío y expuestas entre 3 a 7 días a temperatura ambiente (Lurie y Watkins, 2011).

El daño se induce durante los dos primeros meses de almacenamiento en frío, es allí donde comienzan a aumentar los niveles de α -f en la fruta (Curry, 2000) y durante el tercer y cuarto mes, alcanzan el nivel máximo de acumulación, posteriormente comienzan a descender producto de su autooxidación a Tc (Calvo, 2012). Estos Tc estarían produciendo el daño a reaccionar con proteínas e incluso con DNA, causando alteraciones severas en la permeabilidad de la membrana celular las que finalmente determinarían el pardeamiento típico del desorden (Zoffoli *et al.*, 1995).

2.6 Causas bioquímicas del escaldado superficial

El escaldado superficial es ocasionado por una célula dañada que es oxidada a α -farneseno cuando los sistemas antioxidantes dentro de la hipodermis son sobrepasados por el estrés oxidativo generado por el frío durante el almacenamiento (Whitaker, 2004).

El escaldado superficial es gatillado por la oxidación de un sesquiterpeno conocido como α -farneseno (2,6,10 trimetil,2,6,9,11dodecatetraeno). Este compuesto se localiza en forma temprana en la epidermis y posteriormente en la cutícula de la fruta, por tanto, existe una transferencia desde el lugar de producción hacia la cutícula, sector de la fruta donde se desarrolla el desorden. El compuesto es volátil, inestable en un medio ácido y muy lábil, pudiendo auto oxidarse con extrema facilidad (Huelin y Coggiola, 1968).

2.7 Factores predisponentes que afectan la susceptibilidad al escaldado

El escaldado superficial es un problema que se ha vinculado con variables de tipo medio ambientales y culturales, a las cuales la fruta es expuesta durante su crecimiento y desarrollo (Filder, 1956; Little *et al.*, 1981; Barden y Bramlage, 1994; Bramlage y Weis, 1997; Morris *et al.*, 1989). Los principales factores son los siguientes:

-Susceptibilidad varietal

Los dos cultivares de peras más susceptibles a desarrollar ES posterior al almacenamiento en frío son Packham's Triumph y D'anjou (Calvo, 2012). Estudios señalan que la concentración de antioxidantes naturales en la piel del fruto es la que marca la diferencia entre las variedades y la susceptibilidad que estas presentan al ES (Soria, 1998).

Estudios anteriores han demostrado en manzanas que la severidad del escaldado superficial es proporcional a la concentración de α -farneseno presente en la piel (Ingle y D'Souza, 1989).

-Condición de la fruta a cosecha

Otro factor de suma importancia es el estado de madurez de la fruta al momento de cosecha, estudios señalan que es un factor determinante en el desarrollo del escaldado superficial (Calvo *et al.*, 2015). cosechas más tempranas presentaron una mayor incidencia a escaldado superficial en manzanas (Anet, 1972). Años más tarde Zoffoli *et al.*, (1998) en estudios realizados en peras Packham's Triumph y D'Anjou confirmaron la teoría propuesta por Calvo *et al.*, (2015) ya que en cosechas más tardías son más resistente a ES. Otros autores han demostrado que la susceptibilidad disminuye a medida que esta presenta un mayor estado de madurez (Awad, 1993; Manseka y Vasilakakis, 1993; Ingle *et al.*, 1990).

Franz (1983) demostró que la variación del contenido de α -farneseno y otros terpenoides en la mayoría de las plantas depende del estado de desarrollo presente a la cosecha. Autores han reportado altas concentraciones de α -farneseno en cosechas tempranas, disminuyendo los niveles en cosechas tardías, principalmente en variedades susceptibles al escaldado (Emergor *et al.*, 1994).

Estudios en manzana cv. Cortland demostraron que cosechas más tardías producían un aumento en la actividad antioxidante de fruta (Meir y Bramlage, 1988). Años más tarde Barden y Bramlage (1994) confirman lo anterior y señalan que esta actividad antioxidante, en algunos casos, se correlaciono negativamente con el escaldado desarrollado en almacenaje.

Calvo *et al.*, (2015) en estudios realizados en peras BaurréD'Anjou observaron que en cosechas más tempranas los niveles de antioxidantes en la piel de la fruta eran más bajos, por ende, cosechas más tardías presentaron mayor actividad antioxidante.

-Factores climáticos en pre cosecha

Se ha encontrado que la susceptibilidad al escaldado varía mucho entre las distintas áreas geográficas de crecimiento de la fruta (Bramlage *et al.*, 1993). Estudios han demostrado que la concentración y actividad antioxidante de la piel del fruto aumenta con las bajas temperaturas previo a la cosecha (Barden y Bramlage, 1994).

Uota (1952) en estudios en manzanas ha descrito que fruta cosechada posterior a noches con elevadas temperaturas desarrollan una mayor incidencia de escaldado superficial. Por otra parte, Merrit *et al.*, (1961) reportaron que ambientes fríos previo a la cosecha disminuyeron la susceptibilidad al escaldado.

Con esta información Merrit *et al.* (1969) desarrollaron un método predictor para la fecha de cosecha libre de incidencia de escaldado para manzanas cv. Stayman, señalando que la mayoría de la fruta al haber acumulado 190 horas bajo 10° C, no presentó incidencia de

escaldado. Además, Barden y Bramlage (1994) demostraron que la predicción de ES para manzanas cv. Cortland y cv. Delicious puede ser mejorada al combinar un índice de madurez (índice de almidón) con la acumulación de horas frías en pre cosecha.

-Predicción de escaldado superficial

Existen varias condiciones previas a la cosecha que se pueden relacionar con la incidencia de escaldado superficial que se podría producir durante el almacenaje de la fruta. Sin embargo, la influencia de estos factores no está claramente estudiada, ni debidamente cuantificada (Emongor *et al.*, 1994).

Sin embargo, estudios realizados en Estados Unidos han obtenido menores incidencias de escaldado superficial en base a condiciones de la fruta previo a la cosecha, revisando los niveles de antioxidantes, acumulación de horas frío (< 10 °C) y concentración de α -farneseno (Meir y Bramlage, 1988). No obstante, la predicción basada en las temperaturas no ha tenido buenos resultados.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Antecedentes generales del ensayo

Este ensayo fue realizado durante la temporada 2015- 2016, utilizando peras del cultivar Packham's Triumph, de cuatro huertos ubicados en distintas zonas climáticas. Comprendiendo desde la Región Metropolitana, hasta la Región del Maule. Las peras se obtuvieron de los siguientes huertos comerciales, Génova ubicado en la localidad de Calera de Tango (33°64'38.06" S; 70°75'99.83"), Lo Carrizo perteneciente a San Vicente de Tagua Tagua (34°45'03.58" S; 71°07'01.65"), Huerto Liceo Agrícola el Carmen ubicado en San Fernando (34°60'50.99" S; 70°97'84.65") y El Pirhuín ubicado en la localidad de Lontué (37°04'07.00" S; 71°25'46.10"O).

Las mediciones del ensayo fueron llevadas a cabo en el laboratorio de postcosecha del Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca, adscrito a la Facultad de Ciencias Agrarias, Ubicado en el campus Talca de la Universidad de Talca.

En cada huerto se dispuso de un cuartel, seleccionando 3 hileras con 10 árboles marcados cada una, extrayendo 3 repeticiones de 150 frutos cada una por cada cosecha. Recolectándose alrededor de 15 frutos por árbol, que posteriormente fueron llevados al laboratorio y almacenados en cámaras de frío con temperatura de -0,5 °C y humedad relativa de 80%, por un periodo de 180 días.

3.2 Material Vegetal

Para la determinación de las fechas de cosecha se realizó un monitoreo 30 días antes la de cosecha del año anterior.

Las cosechas más tempranas fueron en enero, a los 126 días después de plena flor (DDPF) en Lo Carrizo y Génova, 125 DDPF en Agrícola el Carmen y 121 DDPF en Pirhuín. Los frutos recolectados fueron al azar de similar calibre, de árboles, uniformes en carga y vigor.

Fueron realizadas tres cosechas consecutivas semanalmente en los huertos Génova (126, 133 y 140 DDPF), Lo Carrizo (126, 133 y 140 DDPF), Liceo Agrícola el Carmen (125, 132 y 139 DDPF) y Pirhuín (121, 128 y 135 DDPF), desde donde se recolectaron alrededor de 250 frutos por cosecha, a partir de 10 árboles homogéneos.

3.3 Evaluaciones

3.3.1 Índices climáticos

Los índices climáticos fueron calculados en base a información obtenida de la página www.agromet.cl en el periodo que comprende desde el 01 de octubre de 2015 hasta el 09 de Febrero 2016 en huertos El Pirhuín, Liceo Agrícola el Carmen y Génova, y desde el 1 de octubre hasta el 03 de febrero en el huerto Lo Carrizo.

-Grados días (GD): se obtuvieron calculando la diferencia de la temperatura media diaria por sobre 10°C, en el periodo mencionado anteriormente. El cálculo fue realizado para cada una de las cosechas y se usó la siguiente relación.

$$\text{Grados días} = ((T^{\circ} \text{ media} - 10^{\circ} \text{ C}) / 24); (\text{Stanley, 2000})$$

-Grados días acumulados ($\text{GDA}_{>10^{\circ}\text{C}}$): que corresponde a la sumatoria de la suma de los grados días diarios.

-Horas del día sobre 30 ° C: Corresponde a la sumatoria del registro de horas del día que sobrepasaron los 30°C.

-Horas frío ($\text{HF}_{<10^{\circ}\text{C}}$): es la acumulación de horas por debajo de 10°C, fue calculada desde 40 días antes de la primera cosecha en cada uno de los huertos comerciales. Para esto se utilizó la ecuación que se muestra a continuación definida por Stanley, 2000).

$$\text{HF}_{10}: ((24 (10 - T^{\circ} \text{ mínima}) / (T^{\circ} \text{ máxima} - T^{\circ} \text{ mínima}))$$

-Temperaturas Máximas: Corresponde a la temperatura máxima del día en °C.

-Temperaturas Mínimas: Corresponde a la temperatura mínima del día en °C.

3.3.2 Índices de madurez

Para las evaluaciones de cosecha y postcosecha se utilizaron 20 frutos que fueron elegidos aleatoriamente de la fruta almacenada a -0,5 °C, luego de 0, 45, 90, 135 y 180 días de almacenaje, más 1 y 7 días a temperatura ambiente (25°C).

Se evaluaron los siguientes índices de madurez:

-Calibre en peso (g): utilizando una pesa analítica (OASUS® Scout Pro SP601, China) para determinar el calibre de la fruta expresado en gramos.

-Firmeza de la pulpa (lb) medida a través de un pesionómetro de pedestal manual y un FTA (Fruit Texture Analyze, GUSS, Australia) electrónico ambos con vástagos de 8mm, para esto fue necesario pelar parte de la zona ecuatorial del fruto para que el vástago lograra penetrar sin involucrar la piel del fruto.

-Sólidos solubles (°brix) fueron evaluados con un refractómetro (REF 103/113/103 bp, China) para determinar los azúcares a partir del jugo extraído de la fruta. Se extrajo el jugo con una bagueta de vidrio y se puso en el lente del refractómetro para la posterior lectura.

-Test de almidón, a través de un corte transversal en la zona ecuatorial del fruto, fue aplicada una solución de yodo la cual reacciona y se tiñe de color negro la zona con almidón, utilizando una escala de 0,5 a 6,0, para una hidrolisis nula y máxima de almidón respectivamente diseñada para la variedad Packham'sTriumph (Anexo 1).

3.3.3 Compuestos químicos relacionados con el escaldado superficial

Para este análisis se utilizó un espectrofotómetro de onda marca Pharo300 (Biosan, Merck S.A., Alemania), dispositivo utilizado para medir capacidad antioxidante (AO), α -farneseno (α -f) y trienos conjugados (TC), para las mediciones se evaluaron 4 repeticiones de 5 frutos cada una.

Posteriormente con el uso de un sacabocado de 1 centímetro de diámetro se obtuvieron discos de la piel de la fruta para hacer el análisis de absorbancia.

El α -f tiene actividad espectral entre los 215 a 500nm, observándose su máximo a los 232nm, el cual debe ser utilizado para su cuantificación (Huelin y Coggiola, 1968), es decir se deberá ocupar 232nm para su absorbancia y un coeficiente de extinción molar de 29000 (Anet, 1972), en cuanto a los trienos conjugados presentan máximos de absorbancia en el rango del espectro U.V de 258, 269 y 281nm, La cuantificación de los TC se realizara entonces como $TC_{258} = TC_{258} - TC_{290}$, $TC_{269} = TC_{269} - TC_{290}$ y $TC_{281} = TC_{281} - TC_{290}$ y se considera como coeficiente de extracción molar para los TC 25000 (Anet, 1972).

3.3.4 Evaluación visual de escaldado superficial.

La incidencia de escaldado en las distintas zonas climáticas fue determinada cuantificando el número de frutos afectados en relación al total analizado por repetición. Mediciones que fueron

llevadas a cabo a los 135 y 180 días de almacenaje más 7 días de exposición de la fruta a temperatura ambiente.

La severidad del daño fue medida de forma visual utilizando una cantidad aproximada de 100 frutos por cosecha

Escala de severidad de escaldado superficial

- Leve= menos del 25% de la superficie con escaldado superficial.
- Moderado= entre 26-50% de la superficie con escaldado superficial
- Severo= desde 51% de la superficie escaldada.

3.4 Análisis estadístico

El análisis estadístico utilizado fue un análisis de varianza (ANOVA), para establecer las diferencias significativas entre los distintos huertos y tiempo de cosecha, relacionándolo con las variables bioquímicas y de madurez. Al encontrar diferencias estadísticamente significativas se llevó a cabo la separación de medias mediante el Test Tukey (HSD) con intervalos de confianza del 95%.

Para datos no paramétricos (escaldado superficial e índices de madurez) se utilizó el test de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). Estos análisis fueron llevados a cabo en el software Statgraphics Centurion XVI versión 16.0.07 en español.

También para el análisis de correlación de los datos se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, en donde los índices de madurez se relacionaron con la incidencia de escaldado superficial para determinar el grado de variación de una variable con respecto a otra. Para dicha determinación fue utilizado el programa Microsoft office Excel 2016.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Características climáticas de distintas zonas durante la temporada 2015- 2016

Entre el 01 de octubre de 2015 hasta 09 de Febrero de 2016 los Grados días acumulados (GDA) fueron menores en la localidad de Calera de Tango (Huerto Génova) con una acumulación total de 864 GDA, seguido por la localidad de San Vicente de Tagua Tagua con 982 GDA, el huerto ubicado en la localidad de San Fernando (Liceo Agrícola el Carmen) acumuló un total de 1029 grados días, mientras que el huerto El Pirhuín ubicado en Lontué presentó el clima más cálido de la temporada con un total de 1059 grados días (Cuadro 1).

Con respecto a las horas frío (HF), la zona que acumuló mayor número de HF fue la zona de Lontué con 44 HF<10°C, seguido de la zona San Fernando con 32 HF<10°C (Cuadro 1), y Calera de Tango con 31 HF<10°C. La zona con menores HF<10°C fue la zona de San Vicente de Tagua Tagua con 27 HF<10°C (Cuadro 1).

Cuadro1. Ubicación, acumulación de grados día acumulado (GDA>10°C) y horas frío (HF<10°C) de la temporada 2015-2016 de las distintas zonas agroclimáticas.

Huerto	Región	Provincia	Localidad	GDA >10°C	HFA <10°C
Huerto Génova	Metropolitana	Maipo	Calera de Tango	863	31
Huerto Lo Carrizo	O'Higgins	Cachapoal	San Vicente de Tagua Tagua	982	27
Huerto Liceo Agrícola el Carmen	O'Higgins	Colchagua	San Fernando	1029	32
Huerto el Pirhuín	Maule	Curicó	Lontué	1051	44

Según Thomai *et al.* (1998) entre menor sea la acumulación de HF la fruta es más susceptible a desarrollar escaldado superficial, por lo que se puede concluir que la localidad de San Vicente de Tagua Tagua sería, en teoría, la más predisponente para producir fruta susceptible al escaldado superficial.

En la localidad de Lontué (El Pirhuín) las temperaturas máximas durante la temporada 2015/16 fueron mayores respecto a otras zonas agroclimáticas, presentando un total de 253

horas con temperaturas sobre 30°C, seguido por San Fernando (Liceo Agrícola el Carmen) con 69 horas menos que Lontué, mientras que en San Vicente de Tagua Tagua (Lo Carrizo) se observaron 171 horas con temperaturas <30°C y en Calera de Tango (Génova) la menor acumulación de horas <30°C con 101 (Figura 1). Las mayores temperaturas máximas se presentaron en el mes de enero para los huertos Pirhuín (Lontué) y Lo Carrizo (San Vicente de Tagua Tagua), mientras que para Génova (Calera de tango) se presentaron en el mes de febrero, no obstante, el huerto El Carmen (San Fernando) presentó temperaturas promedio similares desde diciembre a febrero (Figura 1).

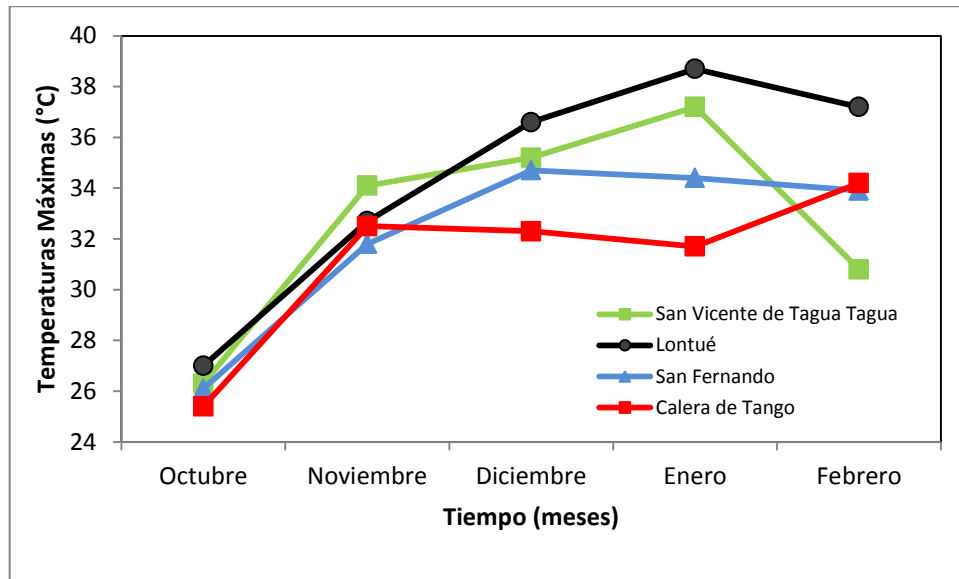


Figura 1. Temperaturas máximas (°C) desde el 01 de Octubre de 2015 hasta el 09 de Febrero de 2016 en las zonas agroclimáticas de Lontué, San Fernando, San Vicente de Tagua Tagua y Calera de Tango.

Durante la el periodo comprendido entre 01 de octubre y el 15 de diciembre en las zonas de San Vicente de Tagua Tagua, San Fernando y Calera de Tango las temperaturas mínimas fueron similares entre los huertos (Figura 2), solo la zona de Lontué presentó menores mínimas en el mes de noviembre. Durante la etapa de desarrollo del fruto (Diciembre a Febrero) solo la zona de San Vicente de Tagua Tagua presentó mínimas entre 11 a 18°C, durante el mes de enero y febrero, respecto a las otras zonas que no superaron en promedio los 10°C (Figura 2).

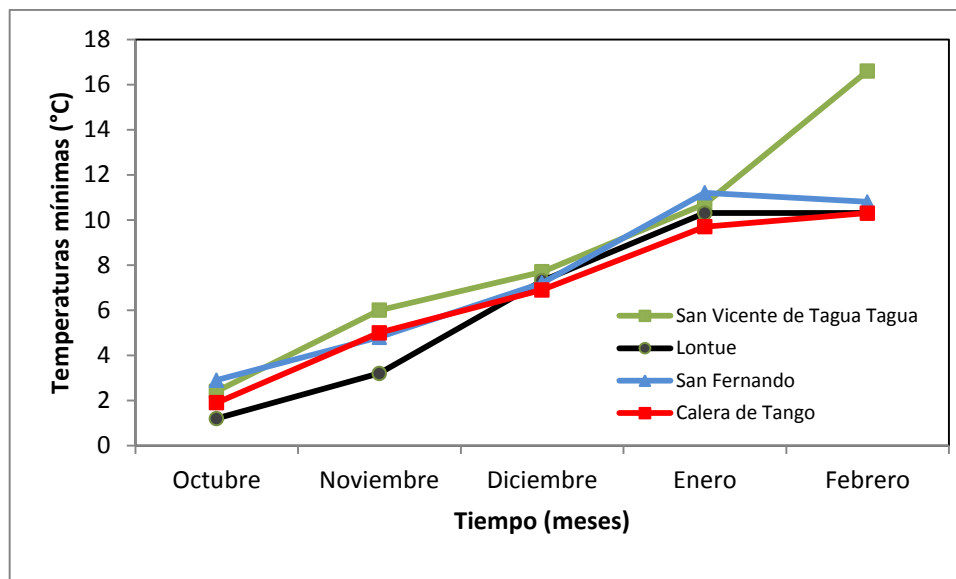


Figura 2. Temperaturas mínimas (°C) desde el 01 de Octubre de 2015 hasta el 09 de Febrero de 2016 en las zonas agroclimáticas de Lontué, San Fernando, San Vicente de Tagua Tagua y Calera de Tango.

No obstante las temperaturas en el huerto el Pirhuín de Lontué huerto en que se presentaron las menores temperaturas mínimas fluctuaron entre 1,2 y 10,3 °C. Mientras que en el huerto Lo Carrizo perteneciente a la localidad de San Vicente de Tagua Tagua se presentaron las mayores temperaturas mínimas que se encontraron en un rango de 2,4 y 16,6 °C.

4.2 Evolución de la madurez de la fruta

Se resumen (Cuadro 2) los promedios de los índices de madurez a cosecha de la fruta en las tres épocas de cosecha utilizadas en el ensayo (Cosecha 1: 25.01.2016, Cosecha 2: 01.02.2016, Cosecha 3: 08.02.2016) y los valores iniciales relacionados con la localidad del huerto, también la interacción entre ellos al momento de cosecha.

Cuadro 2. Índices de madurez en la fruta al momento de cosecha de cada huerto y cosecha en peras cv. Packham's Triumph, procedente de 4 zonas productivas y tres diferentes cosechas (1=tempranas; 2=comercial; 3= tardía) durante la temporada 2015/2016.

Factores	Peso (gr)	Índice AD (0-2)	Firmeza (lb)		Sólidos solubles (° Brix)	Test Almidón (0,5-6)
			Pedestal	FTA		
A=Huerto						
Génova	166,91 ab ²	1,91 b	15,53 b	17,62 b	11,05 b	2,42 b
Lo Carrizo	172,00 ab	1,91 b	15,42 b	16,97 b	10,58 a	2,48 c
El Carmen	162,94 a	1,87 a	13,84 a	15,77 a	12,42 c	1,96 a
Pirhuín	180,75 b	1,92 b	14,31 a	15,92 a	12,32 c	2,16 a
Valor -p	* ¹	*	**	**	**	**
B=Cosecha						
1	159,07 a	1,94 b	15,59 c	17,47 c	11,50 b	2,07 a
2	171,59 b	1,93 b	14,84 b	16,64 b	11,16 a	2,40 c
3	181,29 b	1,84 a	13,90 a	15,59 a	12,13 c	2,30 b
Valor -p	**	**	**	**	**	**
AxB						
Génova -1	148,96 a	1,92 cde	16,91	19,23 f	10,56	2,10
Génova -2	163,57 ab	1,94 de	15,63	17,34 de	10,88	2,47
Génova -3	188,19 b	1,89 abcd	14,05	16,05 abcd	11,72	2,70
Lo Carrizo -1	164,72 ab	1,98 e	15,74	17,23 de	10,66	2,47
Lo Carrizo -2	171,56 ab	1,94 de	15,41	17,62 e	9,98	2,70
Lo Carrizo -3	179,73 ab	1,81 a	15,12	16,05 abcd	11,12	2,27
El Carmen -1	164,72 ab	1,98 e	14,56	17,23 de	12,40	2,47
El Carmen -2	171,56 ab	1,94 de	13,92	17,62 e	11,89	2,70
El Carmen -3	179,73 ab	1,81 a	13,04	16,05 abcd	12,99	2,27
Pirhuín -1	169,98 ab	1,97 de	15,15	16,86 cde	12,38	1,95
Pirhuín -2	191,13 b	1,96 de	14,42	16,04 abcd	11,89	2,25
Pirhuín -3	181,15 ab	1,82 ab	13,38	14,86 a	12,71	2,30
Valor -p	**	**	n.s	**	n.s	n.s.

Nota: ANOVA ($p \leq 0,05$). ¹ n.s = no significativo, *significativo ($0,01 < p \leq 0,05$), **= altamente significativo ($p \leq 0,01$).²Valores seguidos por la misma letra, dentro de una columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0,05$).

Los resultados (Cuadro 2) muestran que en la tercera cosecha del huerto Pirhuín los frutos fueron menos firmes con 4,7 lb menos respecto a los frutos de la primera cosecha de Génova que fueron los frutos más firmes. La primera cosecha de Pirhuín presentó una firmeza promedio similar estadísticamente (16,86 lb) a todas las terceras cosechas de los otros huertos, por lo tanto Pirhuín fue el huerto con mayor Firmeza de pulpa que el resto de los huertos (Cuadro 2).

La cosecha tuvo un efecto significativo sobre la firmeza, como se puede observar (Cuadro 3) a medida que la cosecha fue más tardía la firmeza de la fruta fue menor durante las mediciones realizadas, sin embargo en la medición de los 180 días no existieron diferencias significativas entre la cosecha 2 y 3 (Cuadro 3). A medida que la fruta permanece almacenada por un periodo de tiempo va perdiendo su firmeza, lo que se puede observar en todas las cosechas (Cuadro 3).

En relación al efecto del huerto éste fue significativo sobre la firmeza, en los huertos el Pirhuín y El Carmen se observó la fruta con menor firmeza a cosecha, esto según Bower *et al.*, (2003) en peras cv. Bartlett fruta que presentó menor firmeza, es más susceptible a la expresión de escaldado superficial, lo que coincide con la incidencia a escaldado superficial de éste estudio a los 135 días de almacenaje más 7 días de la fruta expuesta a temperatura ambiente (Cuadro 4), ya que los huertos El Carmen y Pirhuín mostraron los más altos niveles de ES en la fruta.

Sólo se muestra la firmeza de la fruta, debido a que los otros índices al correlacionarlos no presentaron ningún tipo de correlación con la incidencia a ES.

Cuadro 3. Firmeza (promedios) de la fruta durante almacenaje en peras cv. Packham's Triumph, procedente de 4 zonas productivas y tres diferentes cosechas (1=tempranas; 2=comercial; 3= tardía) durante la temporada 2015/2016.

Factores	Firmeza de pulpa (lb)				
	Guarda (días)				
	45	90	135	180	
A=Huerto	Génova	16,23 b	16,61 c	15,12 b	12,32 b
	Lo Carrizo	16,16 b	15,65 b	15,21 b	14,11 c
	El Carmen	14,86 a	14,48 a	13,85 a	11,00 a
	Pirhuín	15,39 a	14,77 a	14,05 a	12,28 b
	Valor -p	**	**	*	*
B=Cosecha	1	16,37 c	16,66 c	15,85 c	14,76 b
	2	15,66 b	15,38 b	14,75 b	11,00 a
	3	14,94 a	14,08 a	13,08 a	11,51 a
	Valor -p	**	**	**	**
AxB	Génova -1	17,24	17,66	16,42 h	15,54 g
	Génova -2	15,96	16,87	15,61 fgh	8,87 a
	Génova -3	15,48	15,3	13,33 bc	12,55 de
	Lo Carrizo -1	16,65	17,15	16,34 gh	15,39 fg
	Lo Carrizo -2	16,35	15,63	14,86 def	14,54 fg
	Lo Carrizo -3	15,48	14,17	14,43 cdef	12,40 cde
	El Carmen -1	15,71	15,93	15,15 defg	13,66 ef
	El Carmen -2	14,91	14,51	14,34 cde	8,87 a
	El Carmen -3	13,95	12,99	12,07 a	10,47 ab
	Pirhuín -1	15,87	15,9	15,48 efgh	14,47 fg
	Pirhuín -2	15,43	14,53	14,17 cd	11,74 bcd
	Pirhuín -3	14,86	13,88	12,50 ab	10,63 abc
	Valor -p	n.s	n.s	**	**

Nota: ANOVA ($p \leq 0,05$). ¹n.s = no significativo, *significativo ($0,01 < p \leq 0,05$), **= altamente significativo ($p \leq 0,01$).²Valores seguidos por la misma letra, dentro de una columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0,05$).

4.3 Incidencia de escaldado superficial después de 135 y 180 días de almacenaje más 7 días de la fruta expuesta a temperatura ambiente

En cuanto al escaldado superficial (ES) total en la fruta a los 135 días de almacenaje y 7 días a temperatura ambiente se observó una variación de la incidencia de un 2,0 - 51,5%

(Cuadro 4). La cosecha tardía del huerto Pirhuín alcanzó la incidencia más alta con un 51,5% de ES (Cuadro 4), este huerto también presentó los niveles más altos de AO (Cuadro 10), y TC258 (Cuadro 7). En general la severidad de ES a los 135 días fue en su mayoría leve, es decir con hasta un 25% de la piel de la fruta afectada. Fruta proveniente del huerto Génova por su parte, presentó la menor incidencia a ES entre los huertos a los 135 días (Cuadro 4), también se pudieron observar los niveles más bajos de AO (Cuadro 10) y TC258 (Cuadro 7) a partir de este huerto.

Investigadores han reportado en manzanas Starking Delicious que entre mayor fue la acumulación de HF en la temporada, existió una menor incidencia al desarrollo de ES, distinto a lo encontrado en este estudio, ya que el huerto el Pirhuín fue el que presentó una mayor acumulación de HF (Cuadro 1), sin embargo fue el que tuvo mayor porcentaje de fruta con ES. Otros investigadores indicaron que los niveles de trienoles se correlacionan directamente con la incidencia de ES (Zoffoli *et al.*, 1998, Moggia *et al.*, 2006), similar a lo encontrado en peras Packham's Triumph en esta temporada. Además Calvo *et al.*, (2015) indicó que la capacidad antioxidante en la fruta no reveló la actividad antioxidante de la fruta, y se recomendaba identificar actividad antioxidante de antioxidantes específicos, más que una medición general del contenido de ellos, lo cual concuerda con este estudio, en que fruta con mayor capacidad antioxidante no sea la que exprese menos incidencia de ES.

Cuadro 4. Efectos de la incidencia y severidad del escaldado superficial en frutos de peras del cv. Packham's Triumph luego de estar almacenados durante 135 días en FC y ser expuestos por 7 días a temperatura ambiente, procedentes de 4 zonas productivas y tres diferentes cosechas (1=tempranas; 2=comercial; 3= tardía) durante la temporada 2015/2016.

Factores		Escaldado superficial (%)			
		Leve	Moderado	Severo	Total
A=Huerto	Génova	9,91 a ²	0,00 a	-	9,91 a
	Lo Carrizo	9,95 a	0,19 a	-	10,14 a
	El Carmen	13,63 ab	0,22 ab	-	13,84 ab
	Pirhuín	25,09 b	1,42 b	-	26,52 b
	Valor p	* ¹	*	-	**
B=Cosecha	1	5,07 a	0,84	-	5,91 a
	2	12,82 a	0,16	-	12,98 a
	3	26,04 b	0,38	-	26,42 b
	Valor p	**	n.s	-	**
AxB	Génova -1	2,38 a	0,00	-	2,38 a
	Génova -2	12,64 ab	0,00	-	12,64 ab
	Génova -3	14,71 ab	0,00	-	14,71 ab
	Lo Carrizo -1	2,90 a	0,58	-	3,48 a
	Lo Carrizo -2	16,65 ab	0,00	-	16,65 ab
	Lo Carrizo -3	10,29 a	0,00	-	10,29 a
	El Carmen -1	2,63 a	0,00	-	2,63 a
	El Carmen -2	9,10 a	0,65	-	9,75 a
	El Carmen -3	29,15 b	0,00	-	29,15 b
	Pirhuín -1	12,38 ab	2,76	-	15,14 ab
	Pirhuín -2	12,9 ab	0,00	-	12,9 ab
	Pirhuín -3	50,00 c	1,52	-	51,51 c
	Valor p	*	n.s	-	*

Nota: ANOVA ($p \leq 0,05$). ¹n.s = no significativo, *significativo ($0,01 < p \leq 0,05$), **= altamente significativo ($p \leq 0,01$). ²Valores seguidos por la misma letra, dentro de una columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0,05$).

A los 180 +7 días se observó un efecto de la cosecha en relación a la incidencia de ES, presentando la cosecha tardía el mayor porcentaje de fruta con ES (Cuadro 5), sin embargo, estudios realizados por Zoffoli *et al.*, (1998) demostraron que en las variedades de peras Packham's Triumph y D'Anjou las cosechas tardías eran más resistentes a la expresión del ES. Resultados de este estudio (Cuadro 5) coinciden con los resultados que obtuvieron Calvo *et al.*, (2015) en peras D'Anjou, ya que reportaron que cosechas más tardías presentaban la mayor expresión de ES en la fruta.

En los huertos en estudio aumentó significativamente el porcentaje de fruta con ES en las cosechas tardías (Cuadro 5) esto se debió a que en todos los huertos los trienoles fueron decreciendo al final de la guarda (180 días) (Cuadro 7, 8 y 9), resultados que se pueden comparar positivamente con los del estudio de Calvo *et al.*, (2015) debido a que cosechas más tardías presentaron más incidencia al desorden. Los huertos Génova y el Carmen mostraron un menor porcentaje de fruta con ES (Cuadro 5). De acuerdo a Whitaker *et al.*, (2009), zonas más cálidas (California) producen mayor incidencia de escaldado en manzanas, respecto zonas más frías (Washington), resultados que no se ven reflejados en este estudio, puesto que la incidencia a ES fue independiente de la acumulación térmica.

A los 180+7 días se produjo un aumento significativo sobre la incidencia de ES en la piel de la fruta (Cuadro 5). Observándose un efecto del huerto sobre el ES total. El huerto Génova presentó una menor incidencia a ES respecto a los otros huertos (Cuadro 5), lo que se contradice con los estudios realizados por Diamantidis *et al.* (2002), quienes propusieron que la acumulación de HF es invernante proporcional a la incidencia de ES, es decir que a mayor acumulación de HF menor fue la expresión de ES, sin embargo, el huerto Pirhuín fue el que acumuló la mayor cantidad de HF<10°C, no obstante fue el huerto Génova el que presentó la menor incidencia a ES.

A los 180+7 días la severidad del ES aumenta a estados moderados y severos, lo que podría indicar muerte celular o desequilibrio ya que el desorden se expresa en mayor proporción (Lurie y Watkins, 2012).

Cuadro 5. Efectos de la incidencia y severidad del escaldado superficial en frutos de peras del cv. Packham's Triumph luego de estar almacenados durante 180 días en FC y ser expuestos por 7 días a Temperatura ambiente, procedentes de 4 zonas productivas y tres diferentes cosechas (1=tempranas; 2=comercial; 3= tardía) durante la temporada 2015/2016.

Factores		Escaldado superficial (%)			
		Leve	Moderado	Severo	Total
A=Huerto	Génova	27,25 a ²	2,33 a	0,00 a	29,58 a
	Lo Carrizo	44,38 b	5,1ab	1,13 ab	50,61 b
	El Carmen	34,47 ab	3,48 ab	0,00 a	37,95 ab
	Pirhuín	41,04 ab	9 b	1,64 b	51,71 b
	Valor -p	* ¹	*	**	**
B=Cosecha	1	30,64 a	1,51 a	0,00 a	21,93 a
	2	32,64 a	4,73 ab	1,0 ab	38,37 b
	3	3,16 b	8,68 b	1,08 b	56,85 c
	Valor -p	**	**	*	*
AxB	Génova -1	18,41 a	1,00	0,00 a	19,41
	Génova -2	26,66 ab	0,00	0,00 a	26,66
	Génova -3	36,67 abc	6,00	0,00 a	42,67
	Lo Carrizo -1	40,00abc	1,33	0,00 a	41,33
	Lo Carrizo -2	30,16 ab	1,98	0,40 a	32,54
	Lo Carrizo -3	62,99 c	11,97	2,98 ab	77,95
	El Carmen -1	34,36 abc	3,12	0,00 a	37,48
	El Carmen -2	34,35 abc	2,56	0,00 a	36,91
	El Carmen -3	34,69 abc	4,76	0,00 a	39,45
	Pirhuín -1	29,82 ab	0,61	0,00 a	30,43
	Pirhuín -2	39,40 abc	14,39	3,58 b	57,36
	Pirhuín -3	54,00 bc	12,00	1,33 ab	67,33
	Valor -p	n.s	n.s	**	n.s

Nota: ANOVA ($p \leq 0,05$). ¹n.s = no significativo, *significativo ($0,01 < p \leq 0,05$), **= altamente significativo ($p \leq 0,01$). ²Valores seguidos por la misma letra, dentro de una columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0,05$).

4.4 Resultado del análisis químico para compuestos relacionados con el escaldado superficial

Los niveles de α - farneseno (α -f) en la piel de peras cv. Packham's Triumph alcanzaron entre 0,08 – 0,53 nmol/cm² al momento de cosecha (Cuadro 6). Las mayores concentraciones

se presentaron en el huerto Génova y las menores en el huerto Lo Carrizo (Cuadro 6). Los huertos Génova, El Carmen y Pirhuín presentaron concentraciones de α -f más altas en la fruta procedente de las cosechas tempranas lo que concuerda con lo estudiado por Huelin y Murray (1966) en manzanas donde fruta procedente de cosecha temprana presentaba mayores niveles de α -f. Sin embargo, el huerto Lo Carrizo no presentó diferencias significativas del contenido de α -f entre cosechas (Cuadro 6). El huerto Lo Carrizo fue el que presentó los niveles más bajos de α -f y fue el que acumuló menos horas frío (27 HF) durante la temporada (Cuadro 1), lo que se asocia a lo descrito en manzanas Granny Smith por Thomai *et al.*, (1998) que indicaron que al haber una menor acumulación de HF había más incidencia a escaldado superficial, por lo que los niveles de α -f en la piel de la fruta fueron mayores.

A los 45 días de guarda se presentaron los mayores niveles de α -f en las cosechas tardías de los huertos Génova y Lo Carrizo con 1,8 y 2,2 nmol/cm² respectivamente, siendo significativamente diferentes a los otros huertos y cosechas (Cuadro 6), resultados que difieren con Huelin y Murray (1966) en estudios en manzanas, que señalan que cosechas más tempranas presentaron los mayores niveles de α -f. (Cuadro 6).

Luego de 90 días de guarda sólo hubo un efecto significativo sobre los niveles de α -f entre los huertos, fruta del huerto Génova presentó los mayores niveles de α -f (Cuadro 6), este huerto fue también el que presentó el mayor porcentaje de incidencia a ES (Cuadro 4).

A los 135 días de guarda las cosechas tardías de todos los huertos presentaron los niveles más altos de α -f (Cuadro 6), el huerto Génova, no presentó diferencias significativas entre sus cosechas, (Cuadro 6).

A los 180 días de almacenaje la fruta presentó una disminución en los niveles de α -f, variando de 0,93- 3,57 nmol/cm² respecto a los niveles encontrados a los 135 días de guarda (Cuadro 6). Las cosechas comerciales de los huertos Génova y Pirhuín presentaron las mayores concentraciones de α -f (Cuadro 6). Siempre hubo un efecto combinado de la zona productiva y las cosechas sobre los niveles de α -f, exceptuando solo la evaluación a los 90 días. Dado los resultados, indicar que las mayores concentraciones de α -f fueron encontradas a los 135 días de guarda en la piel de la fruta, disminuyendo sus niveles a los 180 días de guarda (Cuadro 4).

Calvo (2016) afirmó que en peras Packhams Triumph los niveles de α -f alcanzaron un máximo a los 90 días en las cosechas más tardías, mientras que en la cosecha temprana se alcanzó un “peak” de concentración a los 150 días y posteriormente estos niveles comenzaron a descender producto su oxidación, a diferencia éste estudio presentó en la cosecha tardía los

niveles máximos de α -f a los 135 días de evaluación y luego los niveles descendieron, sin embargo las cosechas temprana y comercial, aumentaron sus niveles a medida que se prolongó el almacenaje (Cuadro 4).

Cuadro 6. Niveles de compuesto α -farneseno en la fruta al momento de cosecha y durante el almacenaje en FC, procedentes de 4 zonas productivas y tres diferentes cosechas (1=tempranas; 2=comercial; 3= tardía) durante la temporada 2015/2016.

Factores		α -farneseno (nmol/cm ²)				
		Guarda (días)				
		0	45	90	135	180
A= Huerto	Génova	0,31 b ²	1,61 a	2,15 b	2,31	2,01 bc
	Lo Carrizo	0,10 a	1,44 b	1,02 a	1,82	1,42 a
	El Carmen	0,30 b	1,04 a	1,18 a	2,33	1,48 ab
	Pirhuín	0,30 b	0,88 a	1,20 a	2,09	2,34 c
	Valor p	** ¹	**	**	n.s	**
B= Cosecha	1	0,38 c	1,26 ab	1,33	1,30 a	1,81 b
	2	0,23 b	1,06 a	1,56	1,87 b	2,43 c
	3	0,15 a	1,41 b	1,27	3,24 c	1,20 a
	Valor p	**	**	n.s	**	**
AxB	Génova -1	0,42 cde	1,52 bc	1,90	2,26 b	1,84 ab
	Génova -2	0,35 cd	1,5 bc	2,29	1,67 ab	2,81 b
	Génova -3	0,17 ab	1,8 cd	2,25	3,01 bc	1,38 a
	Lo Carrizo -1	0,08 a	1,52 bc	0,89	1,14 a	1,79 ab
	Lo Carrizo -2	0,11 a	0,56 a	1,36	1,14 a	1,64 a
	Lo Carrizo -3	0,11 a	2,23 d	0,81	3,19 bc	0,83 a
	El Carmen -1	0,49 de	0,96 ab	0,99	1,02 a	1,82 ab
	El Carmen -2	0,29 bc	1,08 ab	1,30	2,32 b	1,70 a
	El Carmen -3	0,13 a	1,08 ab	1,26	3,65 c	0,93 a
	Pirhuín -1	0,53 e	1,03 ab	1,54	0,81 a	1,81 ab
	Pirhuín -2	0,17 ab	1,09 ab	1,28	2,34 b	3,57 b
	Pirhuín -3	0,19 ab	0,52 a	0,78	3,13 bc	1,66 a
	Valor p	**	**	n.s	**	*

Nota: ANOVA ($p \leq 0,05$). ¹n.s = no significativo, *significativo ($0,01 < p \leq 0,05$), **= altamente significativo ($p \leq 0,01$). ²Valores seguidos por la misma letra, dentro de una columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0,05$).

Se observó un efecto significativo entre el huerto y la época de cosecha, donde la cosecha más tardía del huerto Pirhuín presento los niveles más bajos de TC258, mientras que el huerto El Carmen los niveles de TC258 más altos en relación a los otros huertos y cosechas (Cuadro 7).

A los 45 días de almacenaje hubo efecto entre los huertos siendo el huerto Lo Carrizo el que presentó los niveles más bajos significativamente de TC258 (55 % menos) (Cuadro 7), La cosecha tardía mostró las concentraciones más elevadas de TC258 (0,13 nmol/cm²) en relación a la cosecha temprana y comercial (0,08 y 0,09 nmol/cm² respectivamente) (Cuadro 7).

Al cumplirse 90 días de guarda existió solo un efecto de la cosecha sobre los niveles de TC258, los niveles más bajos fueron observados en la cosecha temprana y en mayor concentración en la cosecha tardía (Cuadro 7).

Los resultados de la interacción entre la zona productiva y la cosecha fueron significativos a los 135 días de almacenaje. Todos los huertos presentaron las concentraciones más altas en las cosechas tardías.

A los 180 días de guarda se observó que la cosecha tardía de cada huerto presentó los niveles más bajos de TC258 (Cuadro 4). Existiendo un efecto del huerto sobre los niveles de TC258 donde Génova y Lo Carrizo mostraron las concentraciones más bajas, lo que se relacionó con la menor acumulación de HF<10°C (Cuadro 1), sin embargo en el efecto de la cosecha, la cosecha comercial presentó los niveles más altos significativamente.

En general, se logró ver que los niveles de TC258 aumentaron en paralelo al tiempo de almacenaje (cosecha-180 días) para la cosecha temprana y comercial, mientras que para la cosecha tardía se observó un aumento del TC258 hasta los 135 días y luego bajan los niveles a los 180 días de guarda (Cuadro 7), lo mismo ocurrido con los niveles de α -f (cuadro 6).

Se observó que cosechas más tempranas presentaron menor concentración del TC258 durante los 135 días de almacenaje (Cuadro 7) lo que según Zoffoli *et al.* (1998) estudiado en peras Bartlett se resumiría en una menor incidencia de ES, ya que estos autores correlacionaron cosechas tempranas con una menor incidencia a ES en la piel de la fruta.

Cuadro 7. Niveles de TC258 en la fruta al momento de cosecha y durante el almacenaje en FC, procedentes de 4 zonas productivas y tres diferentes cosechas (1=tempranas; 2=comercial; 3=tardía) durante la temporada 2015/2016.

Factores		TC 258 (nmol/cm ²)				
		Guarda (días)				
		0	45	90	135	180
A= Huerto	Génova	0,06	0,10 b ²	0,18	0,64 ab	0,63 a
	Lo Carrizo	0,05	0,05 a	0,19	0,49 a	0,53 a
	El Carmen	0,09	0,14 b	0,24	0,85 b	0,89 b
	Pirhuín	0,04	0,10 b	0,17	0,68 ab	0,94 b
	Valor p	n.s ¹	**	n.s	**	**
B= Cosecha	1	0,07	0,08 a	0,16 ^a	0,26 a	0,72 b
	2	0,05	0,09 a	0,21 b	0,64 b	0,94 c
	3	0,06	0,13 b	0,21 b	1,09 c	0,58 a
	Valor p	n.s	**	*	**	*
AxB	Génova -1	0,04 ab	0,09 abc	0,13	0,26 ab	0,61 abc
	Génova -2	0,05 ab	0,08 abc	0,18	0,49 abcd	0,71 bc
	Génova -3	0,08 ab	0,14 cd	0,22	1,16 e	0,57 ab
	Lo Carrizo -1	0,04 ab	0,04 ab	0,19	0,24 a	0,63 abc
	Lo Carrizo -2	0,06 ab	0,03 a	0,23	0,29 ab	0,61 abc
	Lo Carrizo -3	0,05 ab	0,08 abc	0,19	0,93 cde	0,34 a
	El Carmen -1	0,12 b	0,09 abc	0,18	0,36 abc	0,94 cde
	El Carmen -2	0,03 ab	0,13 bcd	0,26	0,94 cde	1,17 de
	El Carmen -3	0,11 b	0,20 d	0,27	1,24 e	0,56 ab
	Pirhuín -1	0,08 ab	0,11 abcd	0,17	0,19 a	0,71 bc
	Pirhuín -2	0,05 ab	0,13 bcd	0,18	0,83 bcde	1,28 e
	Pirhuín -3	0,00 a	0,08 abc	0,16	1,02 de	0,84 bcd
	Valor p	*	**	n.s	**	**

Nota: ANOVA ($p \leq 0,05$). ¹n.s = no significativo, *significativo ($0,01 < p \leq 0,05$), **= altamente significativo ($p \leq 0,01$). ²Valores seguidos por la misma letra, dentro de una columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0,05$).

Al momento de cosecha existe un efecto del huerto sobre los niveles de TC269 presentando el huerto Lo Carrizo los niveles significativamente más bajos de TC269 en la piel de la fruta. Existe significancia en la interacción mostrándose los niveles más altos de TC269 en el huerto El Carmen en las cosechas temprana y tardía (0,9 nmol/cm²; Cuadro 8).

A los 45 días de almacenaje en FC se observó un efecto del huerto sobre los niveles de TC269, observándose las concentraciones más bajas en el huerto Lo Carrizo (0,05 nmol/cm²) (Cuadro 8).

A los 90 días de guarda existió solamente un efecto de la cosecha sobre las concentraciones de TC269 en la piel de la fruta mostrándose los niveles más bajos de TC269 en la cosecha temprana (0,07 nmol/cm²) (Cuadro 8).

A los 135 días desde cosecha la cosecha tardía presentó los niveles más altos de TC269 en todos los huertos, sin embargo el huerto Lo Carrizo no presentó diferencias significativas entre la cosecha temprana y comercial (Cuadro 8).

A los 180 días de guarda se logró ver un efecto del huerto sobre los niveles de TC269, los huertos Génova y Lo Carrizo presentaron las concentraciones más bajas, mientras que los huertos El Carmen y Pirhuín mostraron niveles alrededor de un 60% superiores de TC269. La cosecha tardía obtuvo los niveles más bajos de TC269 mientras que la cosecha comercial los niveles más altos (Cuadro 8).

En general se puede observar que las cosechas temprana y comercial aumentan sus niveles de TC269 a medida que aumenta tiempo de almacenaje, no así la cosecha tardía, debido a que los niveles de TC269 aumentan hasta los 135 días de guarda y disminuyen hacia los 180 días de almacenaje de la fruta en FC (Cuadro 8).

Cuadro 8. Niveles de TC269 en la fruta al momento de cosecha y durante el almacenaje en FC procedente de 4 zonas productivas y 3 cosechas durante la temporada 2015/2016.

Factores		TC269 (nmol/cm ²)				
		Guarda (días)				
		0	45	90	135	180
A= Huerto	Génova	0,05 ab ²	0,08 ab	0,18	0,66	0,73 a
	Lo Carrizo	0,01 a	0,05 a	0,19	0,57	0,67 a
	El Carmen	0,07 b	0,10 ab	0,23	0,87	1,00 b
	Pirhuín	0,05 ab	0,08 ab	0,19	0,79	1,21 b
	Valor p	* ¹	**	n.s	n.s	**
B= Cosecha	1	0,05	0,07	0,17 a	0,34 a	0,89 b
	2	0,04	0,08	0,21 ab	0,67 b	1,14 c
	3	0,06	0,09	0,22 b	1,16 c	0,68 a
	Valor p	n.s	n.s	*	**	**
AxB	Génova -1	0,04 ab	0,08	0,14	0,32 a	0,75 ab
	Génova -2	0,04 ab	0,07	0,18	0,53 abc	0,83 abc
	Génova -3	0,06 ab	0,10	0,22	1,14 d	0,63 ab
	Lo Carrizo -1	0,00 a	0,03	0,16	0,33 a	0,83 abc
	Lo Carrizo -2	0,05 ab	0,04	0,21	0,34 a	0,76 abc
	Lo Carrizo -3	0,04 ab	0,07	0,20	1,03 cd	0,42 a
	El Carmen -1	0,09 b	0,07	0,19	0,42 ab	1,11 bc
	El Carmen -2	0,03 ab	0,10	0,24	0,9 bcd	1,28 cd
	El Carmen -3	0,09 b	0,14	0,26	1,31 d	0,62 ab
	Pirhuín -1	0,06 ab	0,09	0,19	0,28 a	0,89 abc
	Pirhuín -2	0,04 ab	0,10	0,19	0,92 bcd	1,68 d
	Pirhuín -3	0,05 ab	0,05	0,19	1,18 d	1,07 bc
	Valor p	*	n.s	n.s	**	**

Nota: ANOVA ($p \leq 0,05$). ¹n.s = no significativo, *significativo ($0,01 < p \leq 0,05$), **= altamente significativo ($p \leq 0,01$). ²Valores seguidos por la misma letra, dentro de una columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0,05$).

Hasta los 45 días de almacenaje, no existió efecto del huerto, ni de la cosecha sobre la concentración de TC281, los resultados fluctuaron entre 0,01 y 0,03 nmol/cm² en la piel de la fruta, lo que indica que son niveles mínimos de TC281 (Cuadro 9).

A los 90 días de guarda hubo un efecto de la cosecha sobre los niveles de TC281, presentando la cosecha temprana los niveles más bajos de TC281 (0,1 nmol/cm²) (Cuadro 9).

A los 135 días de almacenaje, se observa un efecto del huerto sobre los niveles de TC281 en la piel de la fruta, siendo el huerto Lo Carrizo el que presenta las concentraciones más bajas significativamente, huerto que también presentó la menor acumulación de HF<10°C durante la temporada. La época de cosecha incide sobre la concentración de TC281 presentando la cosecha temprana los más bajos niveles de TC281, mientras que la cosecha tardía presentó las mayores concentraciones (Cuadro 9).

Durante el periodo de 180 días de almacenaje las concentraciones de TC281 fluctúan entre 0,23-0,99 nmol/cm². Se observó un efecto del huerto sobre la concentración de TC281, mostrando el huerto Pirhuín (0,51 nmol/cm²) los niveles más elevados de TC281, la época de cosecha influye sobre las concentraciones de TC281 observándose en la cosecha tardía significativamente los niveles más bajos (0,38 nmol/cm²) de TC281 y en la cosecha comercial los niveles más altos (0,64 nmol/cm²) (Cuadro 9).

En general las concentraciones de los TC en la piel de la fruta aumentan sus niveles a medida que aumenta el periodo de guarda, sin embargo, éste fenómeno solo se logra observar en la cosecha temprana y comercial, ya que en la cosecha tardía los TC alcanzan sus mayores concentraciones a los 135 días de almacenaje y disminuyen a los 180 días (Cuadro 9).

Cuadro 9. Niveles de TC281 en la fruta al momento de cosecha y durante el almacenaje en FC procedentes de 4 zonas productivas y tres diferentes cosechas (1=tempranas; 2=comercial; 3=tardía) durante la temporada 2015/2016.

Factores		TC281 (nmol/cm ²)				
		Guarda (días)				
		0	45	90	135	180
A= Huerto	Génova	0,01	0,02	0,09 a ²	0,38 ab	0,38 a
	Lo Carrizo	0,01	0,02	0,11 b	0,34 a	0,39 a
	El Carmen	0,01	0,03	0,11 b	0,37 ab	0,55 b
	Pirhuín	0,01	0,02	0,12 b	0,51 b	0,71 c
	Valor p	n.s ¹	n.s	*	*	**
B= Cosecha	1	0,02 b	0,02	0,1 a	0,21 a	0,5 b
	2	0,01 ab	0,02	0,11 ab	0,41 b	0,64 c
	3	0,02 b	0,02	0,12 b	0,58 c	0,38 a
	Valor p	n.s	n.s	*	*	*
AxB	Génova -1	0,01	0,02	0,07 a	0,19 a	0,40 abc
	Génova -2	0,01	0,02	0,09 ab	0,32 abcd	0,46 abc
	Génova -3	0,01	0,03	0,10 ab	0,61 de	0,29 ab
	Lo Carrizo -1	0,04	0,01	0,12 b	0,23 abc	0,48 abc
	Lo Carrizo -2	0,00	0,01	0,11 b	0,22 ab	0,46 abc
	Lo Carrizo -3	0,00	0,02	0,10 ab	0,56 bcde	0,23 a
	El Carmen -1	0,02	0,02	0,09 ab	0,22 ab	0,60 bc
	El Carmen -2	0,02	0,03	0,12 b	0,51 abcde	0,66 c
	El Carmen -3	0,00	0,03	0,13 b	0,39 abcd	0,38 abc
	Pirhuín -1	0,02	0,03	0,11 ab	0,19 a	0,51 abc
	Pirhuín -2	0,01	0,02	0,11 ab	0,59 cde	0,99 d
	Pirhuín -3	0,01	0,01	0,13 b	0,76 e	0,63 c
	Valor p	n.s	n.s	n.s	*	**

Nota: ANOVA ($p \leq 0,05$). ¹n.s = no significativo, *significativo ($0,01 < p \leq 0,05$), **= altamente significativo ($p \leq 0,01$). ²Valores seguidos por la misma letra, dentro de una columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0,05$).

A los 45 días de guarda solo se observa un efecto de los huertos, encontrando que Génova incrementó significativamente los niveles de AO en 265%, mientras que Lo Carrizo y Pirhuín sólo aumentaron en 129% y 144% respectivamente, sin embargo, el huerto El Carmen disminuyó sus niveles de AO en un 1,4%. (Cuadro 10)

A cosecha existió un efecto del huerto sobre los niveles de AO, en donde el huerto El Carmen presentó significativamente los niveles más altos de AO (Cuadro 10). Mientras que el efecto de las cosechas sobre los niveles de AO estuvo dado en menores niveles en la cosecha más tardía (Cuadro 10), resultados distintos obtuvieron Calvo *et al.*, (2015) en peras BeurreD'Anjou, debido a que encontraron mayores concentraciones de AO en la cosecha tardía.

Luego de 90 días existió un efecto de la cosecha, en donde la cosecha temprana presentó los niveles más bajos de AO, igual a los resultados obtenidos por Calvo *et al.*, (2015) en peras cv. BeurreD'Anjou, lo que indicaría una menor incidencia a ES. La fruta de las cosechas tardías aumentó las concentraciones de AO en un 261%, mientras que la cosecha comercial sólo aumentó un 29%, inversamente la cosecha temprana que disminuye sus niveles en un 42% a los 90 días (Cuadro 10).

Según Zoffoli *et al.* (1998) en peras Packham's Triumph las cosechas tardías fueron más resistentes a ES lo que se explica un aumento significativo en los niveles de AO en la fruta, ya que, durante el tercer y cuarto mes, se alcanzan los niveles máximos de acumulación de α -f, posteriormente comienzan a descender producto de su autooxidación a TC (Calvo, 2012), es decir aumenta significativamente los AO en la fruta.

Transcurridos 135 días desde cosecha se observó un efecto de la interacción, presentándose los mayores niveles de AO en la cosecha comercial del huerto Génova, Los huertos Génova, El Carmen y Pirhuín aumentan sus niveles más altos de AO a los 135 días mientras que el huerto Lo Carrizo mostró una disminución en los niveles de AO presentes en la piel de la fruta (Cuadro 10).

A los 180 días se observa efecto de la interacción, donde la cosecha más temprana del huerto El Carmen contiene los niveles más altos de AO, aumentando en un 578% los niveles de AO desde el periodo de cosecha a los 90 días de guarda (Cuadro 10).

Estudios realizados en manzanas Granny Smith muestran que la producción de Antioxidantes (AO) en la piel de la fruta depende de la producción de α -f y el periodo de almacenaje, donde se encontró que el nivel de AO en la piel de la fruta es proporcional a la incidencia de escaldado superficial (ES) (Anet, 1994), por lo que cuando hay un mayor nivel de antioxidantes en la piel de la fruta, se observa un menor porcentaje de fruta con ES, teoría confirmada el mismo año por Emongor *et al.* (1994), según los resultados obtenidos en éste estudio se cumple la teoría, puesto que la cosecha temprana posee los mayores niveles de AO, así mismo es la que presenta la menor incidencia a ES.

Cuadro 10. Niveles de Capacidad Antioxidante en la fruta al momento de cosecha y durante el almacenaje en FC, procedentes de 4 zonas productivas y tres diferentes cosechas (1=tempranas; 2=comercial; 3= tardía) durante la temporada 2015/2016.

Factores		Capacidad antioxidante (OD 200nm)				
		Guarda (días)				
		0	45	90	135	180
A= Huerto	Génova	0,73 a ²	2,65 b	1,51	4,36	5,15
	Lo Carrizo	0,74 a	1,70 a	1,20	2,12	3,06
	El Carmen	1,36 b	1,34 a	1,63	3,18	5,73
	Pirhuín	0,50 a	1,22 a	0,76	2,25	4,37
	Valor p	** ¹	**	n.s	n.s	n.s
B= Cosecha	1	1,02 b	1,83	0,59 a	1,37	5,55
	2	0,91 b	1,54	1,18 ab	3,08	4,90
	3	0,57 a	1,80	2,06 b	4,47	3,28
	Valor p	**	n.s	**	n.s.	n.s.
AxB	Génova -1	0,84	2,71	0,64	2,06 a	2,98 a
	Génova -2	0,82	2,55	1,86	7,29 b	6,81 a
	Génova -3	0,53	2,69	2,03	3,72 a	5,66 a
	Lo Carrizo -1	0,83	1,57	0,45	0,59 a	4,17 a
	Lo Carrizo -2	0,63	1,03	1,14	0,93 a	3,28 a
	Lo Carrizo -3	0,75	2,51	2,01	4,85 a	1,73 a
	El Carmen -1	1,63	1,47	0,59	2,16 a	11,06 b
	El Carmen -2	1,49	1,30	0,70	2,50 a	3,92 a
	El Carmen -3	0,96	1,25	3,61	4,88 a	2,21 a
	Pirhuín -1	0,78	1,58	0,69	0,66 a	3,97 a
	Pirhuín -2	0,70	1,29	0,99	1,63 a	5,59 a
	Pirhuín -3	0,01	0,78	0,59	4,45 a	3,55 a
	Valor p	n.s	n.s	n.s	**	*

Nota: ANOVA ($p \leq 0,05$). ¹n.s = no significativo, *significativo ($0,01 < p \leq 0,05$), **= altamente significativo ($p \leq 0,01$). ²Valores seguidos por la misma letra, dentro de una columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0,05$).

4.5 Asociación entre la incidencia de escaldado superficial y variables climáticas

En relación a la acumulación de grados días (GDA) en la temporada 2015/16, a los 135+7 días de almacenaje de la fruta se observó que la incidencia de ES total en la piel de la fruta tuvo una correlación positiva con los GDA (Figura 3 A), donde, existió una mayor expresión del desorden en fruta cosechada con mayor acumulación de GD, es decir en cosechas más tardías. Se observó además que fruta proveniente de huertos con climas más cálidos (mayor GDA; Cuadro 1), fueron más susceptibles a ES, similar a lo encontrado en peras cv. Bartlett producidas en California, las cuales presentaron mayor incidencia de ES respecto a las producidas en Washington (Zona más fría), asociándose a que en zonas más cálidas la tasa de α -farneseno, etileno y respiración fue más acelerada, por consiguiente la expresión del desorden fue mayor (Whitaker *et al.*, 2009).

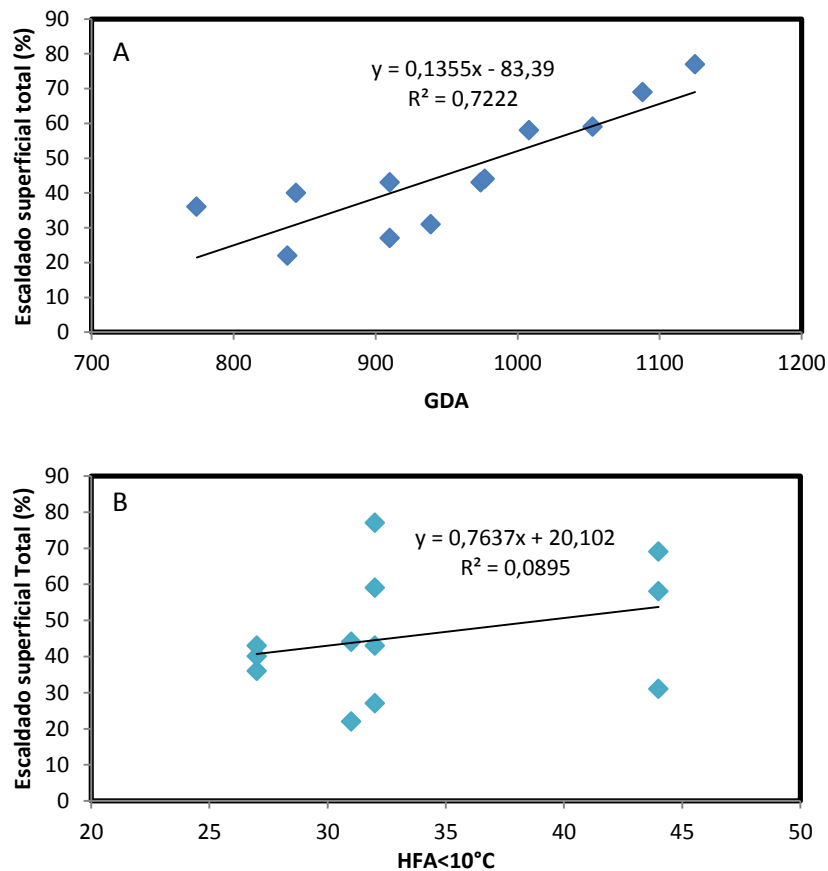


Figura 3. Correlación entre GDA (A) y HF<10°C (B) con la incidencia de escaldado superficial total en la fruta a los 135 días más 7 días a temperatura ambiente.

Por el contrario, se pudo observar que no existió una correlación entre la incidencia de ES y la acumulación de HF (Figura 2 B). Sin embargo, autores como Thomai *et al.* (1998) y Diamantidis *et al.* (2002) concuerdan en que a mayor acumulación de HF<10°C, reduciría la expresión de ES en la fruta.

Luego de 180 +7 días, no se logró observar una correlación entre GDA e incidencia de ES (Figura 4 A), diferente a lo encontrado a los 135+ 7 días (Figura 3 A). Del mismo modo que a los 135 días se pudo ver que no existió correlación entre el ES y la acumulación de HF<10°C con la incidencia de ES a los 180 días de guarda (Figura 4 B). La razón puede estar asociada a que las acumulaciones de HF fueron insuficientes para incidir sobre la incidencia de ES, ya que en manzanas solo por sobre 50 HF se observó diferencias significativas de ES (Diamantidis *et al.*, 2002).

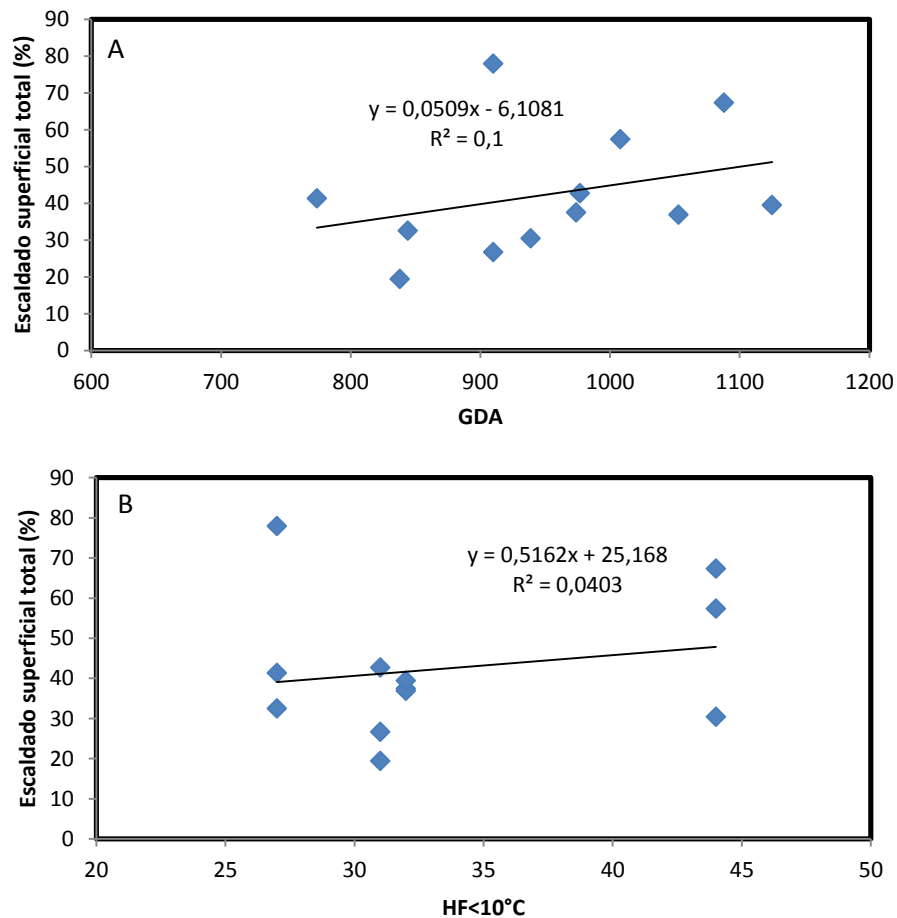


Figura 4. Correlación entre GDA (A) y HF<10°C (B) con la incidencia de escaldado superficial total en la fruta a los 180 días más 7 días a temperatura ambiente

4.6 Relación entre la incidencia de escaldado superficial e índices de madurez

La firmeza de la fruta al momento de cosecha presentó una correlación negativa con la incidencia de ES, como se puede observar en la figura 5 A y B. Fruta con menor firmeza tuvieron un mayor porcentaje de ES, lo que se relaciona con estudios realizados por Bower *et al.* (2003), que también encontraron un mayor porcentaje de ES en fruta con menor firmeza (= más madura).

Es más, Moggia *et al.*, (2010) encontraron que fruta más firme expresó una menor incidencia al escaldado superficial, resultados que se pueden comparar con los obtenidos en este estudio (Cuadro 2), donde la cosecha temprana presentó la menor firmeza y la menor incidencia de ES.

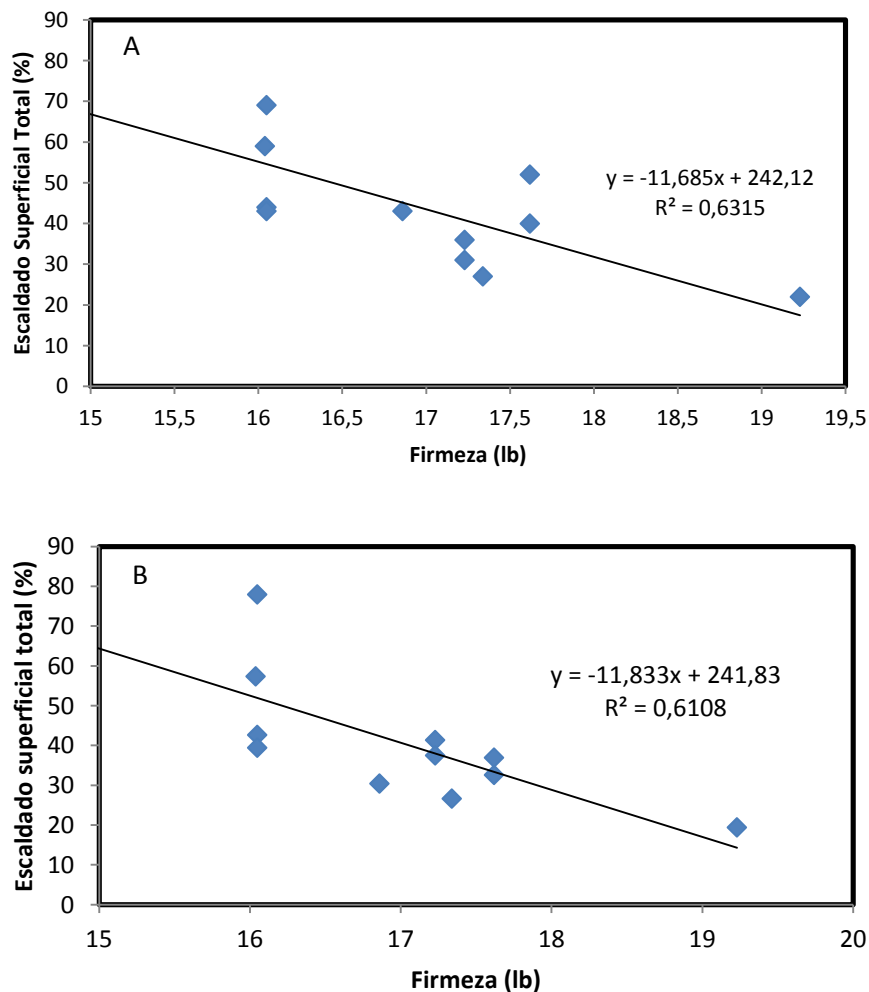


Figura 5. Correlación de firmeza (lb) con incidencia de ES total en la fruta a los 135 (A) y 180 (B) días de almacenaje y 7 días a temperatura ambiente.

5. CONCLUSIONES

La temporada 2015/16 se caracterizó por presentar insuficiente acumulación de horas frío durante los 45 días previos a cosecha, por lo que las HFA fueron insuficientes para incidir sobre la expresión de escaldado superficial en la fruta.

La incidencia a escaldado superficial en peras cv. Packham's Triumph fue dependiente de la interacción de los factores huerto y cosecha, expresando a los 135+7 días el huerto el Pirhuín y la cosecha tardía la mayor incidencia. Al 180 + 7 días los huertos Lo Carrizo y el Pirhuín presentaron la mayor incidencia al desorden, y la cosecha tardía mostró la mayor expresión.

La incidencia de ES a los 135 días de almacenaje se correlacionó positivamente con la acumulación de GD y negativamente con la firmeza de la pulpa, lo que evidencia una dependencia del estado de madurez de la fruta para la expresión del desorden. A los 180 días de almacenaje no fue posible correlacionar la incidencia a ES con variables asociadas a madurez, bioclimáticas ni bioquímicas debido al prolongado tiempo de guarda, lo que provocó condiciones extremas en la fruta.

6. BIBLIOGRAFIA

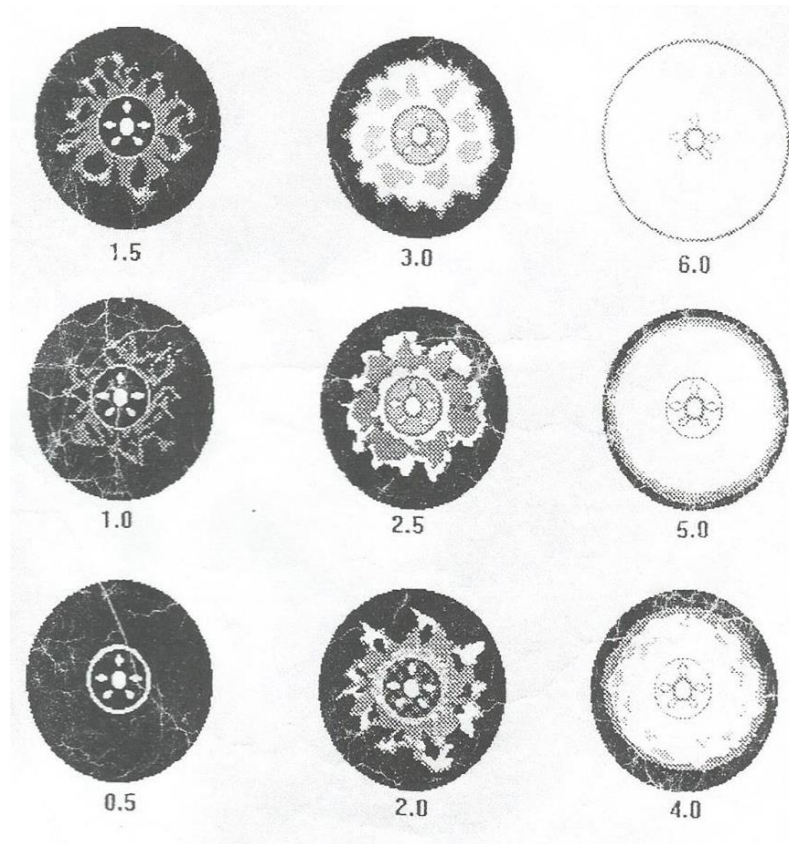
- Anet E., 1972. Superficial Scald, a Functional Disorder of Stored Apples VIII. Volatile Products from the Autoxidation of α -Farnesene. *J.Sci. Food Agric.* 23: 605-608.
- Anet E, and Coggiola I, 1974. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. X, Control of α -farnesene autoxidation. *J. Sci, FoodAgric.*, 25:293-298.
- Awad M, and Scholtens A, 1993. Superficial scald in jonagold as affected by harvest date and storage conditions. *ActaHortic.* 326: 245-249.
- Barden C. and Bramlage W, 1994. Accumulation of antioxidants in Apple peel as related to preharvest factors and superficial scald susceptibility of the fruit. *J. Amer. Soc Hort. Sci.* 119: 54-58.
- Bramlage W. and Weis S, 1997. Effects of temperature, light and rainfall on Superficial Scald Susceptibility in apples. *Hort Science*, Vol. 32(5): 808-811.
- Bramlage W., Barden C., and C. Walkins, 1993. Comparing potential predictors of scald susceptibility of apples (*MalusDomesticaBorkh*). *ActaHortic.* 326: 237-243.
- Calvo G., y A. Candan, 2012. Índices de cosecha en pera. Disponible en: <http://inta.gov.ar/documentos/indices-de-cosecha-en-pera/>
- Calvo G., 2012. Escaldadura superficial. Fisiología y control. *Boletín técnico, Centro de pomáceas* 12(6): 8.
- Calvo G., Candan A.P., Civello M., Giné-Bordonaba J., and C. Larrigaudière, 2015. An insight into the role of fruit maturity at harvest on superficial scald development in “BeurréD’Anjou pear. *Scientia Horticultural.* 192: 173 – 179.
- Calvo G., 2016. El escaldado superficial en pera “BeurréD’Anjou”: etiología y desarrollo de sistemas de control. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. Argentina. 140 p.

- Chávez W., y A. Arata, 2009. El cultivo del peral en la provincia de Caraveli. Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo. PROGRAMA REGIONAL SUR. Unidad Operativa Territorial Caravelí. 9-20.
- Diamantidis G., Thomai T., Genitsariotis M., Nanos G., Bolla N., and E. Sfakiotakis, 2002. Scald susceptibility and biochemical/physiological changes in respect to low preharvest temperature in “Starking Delicious” apple fruit. *Scientia Horticulturae* 92, 361-366.
- Edward F., and J. Anet, 1974. Superficial Scald, a Functional Disorder of Stored Apples. XI. Apple antioxidants. 25: 299-304.
- Emongor V., Murr D., y E. Loughheed, 1994. Preharvest factors that predispose apples to superficial scald. *Postharvest Biology and Technology*. 4: 289-300.
- Feippe A., 1995. Desordenes fisiológicos y problemas más comunes observados durante el almacenamiento de manzanas, peras y ciruelas en Uruguay. Boletín de divulgación N°55. Edición por la unidad de Difusión e información Tecnológica del INIA, Montevideo, Uruguay. 20.
- Filder J., 1956. Scald and weather. *Food SCI. Abstr.*, 28:545-554.
- Franz C., 1983. Nutrient and water management of medicinal and aromatic plants. *Acta Hortic.*, 132: 203-215.
- Gil G., 2012. Fruticultura: Madurez de la fruta y manejo postcosecha: frutas de clima templado y subtropical. 3° edición, Ediciones UC, Santiago, Chile. 489.
- Gomilla T., 2015. Conservación prolongada de peras en bins: pautas y consideraciones para un nuevo desafío. EE INTA Alto Valle. 1-8.
- González P., 1997. Efecto de factores de pre-almacenaje sobre el desarrollo de escaldado en manzanas Var. Granny Smith. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Talca. Talca. Chile. 52p.
- Huelin F., and I. Coggiola, 1968. Superficial Scald, A functional disorder of Stored apples. IV, effect of variety, maturity, oiled wraps and diphenylamine on the concentration of α - Farnesene in the fruit. *J. Sci. Food Agric*. 19: 297- 301.

- Huelin F., and K. Murray, 1966. Farnesene in the natural coating of apples. *Nature*, 210: 1260-1261.
- Ingle M., and M. D'Souza, 1989. Physiology and control of superficial scald of apples: a review. *Hortscience*, 24: 28-31.
- Little C., and H. Taylor, 1981. Orchard locality and storage factors affecting the commercial quality of Australian Granny Smith apples. *J. Hort. Sci.* 56(4): 323-329.
- Lucci W., 2016. Fruticola - manzana y pera. *Informes de cadena de valor*, 23, 33-40.
- Lurie S., and C. Watkins, 2012. Superficial scald, its etiology and control. *Postharvest Biology and Technology*, 65:44-60
- Manseka V., and M. Vasilakakis, 1993. Effect of maturity, postharvest treatments and storage conditions on superficial scald and quality of apples. *Actahortic.* 326: 231-224.
- Meir S., and W. Bramlage, 1988. Antioxidants activity in "Cortland" apple peel and Susceptibility to superficial scald after storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113(3): 412-418.
- Merrit R., Stiles W., Havens A., and L. Mitterling, 1961. Effects of preharvest air temperatures on storage scald of "Stayman" apples. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 78: 24-34.
- Moggia C., Pereira M., Yuri J., y M. Moya, 2005. Evolución de Madurez en Pre y Postcosecha y Potencialidad de Almacenaje de Peras Packham's Triumph. *Agricultura Técnica*, 65(3), 246-257.
- Prasad K., Sharma R., Nirmal M., and N. Pallavi, 2016. Apple superficial scald: Recent advances for its control. *Agriculture for Sustainable Development* ISSN 2347-5358. 3. 130-132.
- Soria Y., 1998. El escaldado superficial en manzana Granny Smith. *Fisiología de la alteración y estudio de métodos de control alternativos a la difenilamina*. Tesis Doctoral. Universitat de Lleida. 114 p

- Stanley C., Tustin D., Lupton G., McCartney S., Cashmore W. and H. De Silva, 2000. Towards understanding the role of temperature in apple fruit growth responses in three geographical regions within New Zealand. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. v. 75, p. 413-422
- Tellez C., 1998. Determinación de zonas geográficas con potencialidad para desarrollar escaldado en manzanas Granny Smith y su relación con condiciones climáticas y acumulación con compuestos químicos en la fruta. Tesis de Pregrado. Universidad de Talca. 51 p
- Thomai T., Sfakiotakis E., Diamantidis G., and M. Vasilakakis, 1998. Effects of low pre-harvest temperature on scald susceptibility and biochemical changes in “Granny Smith” apple peel. *Sci. Hortic.*76, 1-15.
- Toranzo J., 2016. Producción mundial de manzanas y peras, Programa nacional de frutales. EEA Alto Valle 2016. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_produccion-mundial-de-manzanas-y-peras_0.pdf
- Villalobos-Acuña M., and E, Mitchan, 2008. Ripening of European pears: The chilling dilemma. *Postharvest Biology and Technology*, 49: 187-200.
- Whitaker B., 2004. Oxidative Stress and Superficial Scald of Apple Fruit. *HortScience*. 39. 933-937.
- Whitaker B., Acuña M., Mitcham E. and J. Mattheis, 2009. Superficial scald susceptibility and α -farnesene metabolism in “Bartlett” pears grown in California and Washington. *Postharvest Biology and Technology*. 53: 43-50.
- Zoffoli J., Richardson D., y P. Chen, (1995). Principales antecedentes orientados al manejo integrado del desorden fisiológico de escaldadura de manzanas y peras. *Revista Frutícola*. 16: 89-95.

7. ANEXOS



Anexo 1. Escala de degradación de almidón (0,5- 6,0) de peras cv. 'Packham's Triumph'.