



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

***EFFECTO DE LA EXPOSICIÓN DE LA FRUTA EN EL ÁRBOL SOBRE LA TASA
RESPIRATORIA Y PRODUCCIÓN DE ETILENO EN DOS CVS. DE MANZANA (*Malus
domestica Borkh*)***

MEMORIA DE TÍTULO

FELIPE IGNACIO GONZÁLEZ BRICEÑO

TALCA-CHILE

2018



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

***EFFECTO DE LA EXPOSICIÓN DE LA FRUTA EN EL ÁRBOL SOBRE LA TASA
RESPIRATORIA Y PRODUCCIÓN DE ETILENO EN DOS CVS. DE MANZANA (*Malus
domestica Borkh*)***

Por

FELIPE IGNACIO GONZÁLEZ BRICEÑO

MEMORIA DE TÍTULO

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

INGENIERO AGRÓNOMO

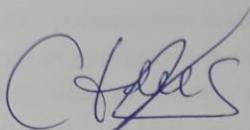
CONSTANCIA

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:

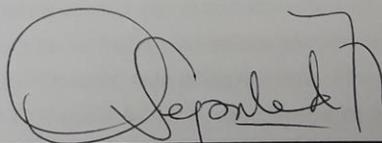


Profesor Guía: Ing. Agr. Mg Cs. Dr. Carolina Torres

Profesor asistente

Escuela de Agronomía

Facultad de Ciencias Agrarias



Profesor co-guía: Ing. Agr. Gloria Sepúlveda León

Centro de Pomáceas

Escuela de Agronomía

Facultad de Ciencias Agrarias

Fecha de presentación de Memoria de Título: 06 de noviembre de 2018

RESUMEN

El manzano (*Malus domestica* Borkh) en Chile es ampliamente cultivado, y se precisa a través de estudios maximizar la calidad de sus frutos, con pruebas de campo y en almacenaje.

Este estudio tuvo como propósito monitorear y analizar los cambios en la tasa de producción de etileno y la tasa de respiración durante la maduración en pre y postcosecha en manzanas cvs. (Galaxy y Cripps Pink) en diferentes exposiciones en la canopia, expuesta al sol, (EXP) y no expuesta (NO-EXP) en el árbol, sobre los cambios de madurez en la fruta. Antes de cosecha, las mediciones se llevaron a cabo cada 10 días desde 110 días de plena flor (DDPF) hasta 140 DDPF (cosecha comercial) para el cv. Galaxy y cada 10 días desde 160 DDPF hasta 200 DDPF en el cv. Cripps Pink y desde cosecha, cada 10 días para el cv. Galaxy y cada 15 días para el cv. Cripps Pink durante almacenamiento en frío (0° C, > 90% HR). Las mediciones de etileno (ppm) y tasa respiratoria (%CO₂/5 min) se realizaron usando un cromatógrafo portátil (CI-900, CID). Los índices de madurez evaluados tanto en pre como en postcosecha fueron, firmeza de la fruta, contenido de sólidos solubles y el índice de degradación del almidón se midieron en la cosecha y la postcosecha.

En ambos cultivares, las manzanas EXP mostraron una producción de etileno significativamente más alta que la fruta NO-EXP durante la maduración en el árbol y la postcosecha (P <0,05). Lo mismo se observó con la tasa de respiración, aunque no siempre estadísticamente diferente. La firmeza de los frutos y los sólidos solubles fueron más altos en la fruta EXP en comparación con NO-EXP durante todo el experimento. El índice de almidón fue significativamente mayor en la fruta EXP que la NO-EXP, directamente correlacionado con el etileno y la tasa de respiración en la fruta.

La exposición de los frutos en el árbol detalló un distinto comportamiento que nos proporciona información relevante al momento de cosecha.

ABSTRACT

The apple tree (*Malus domestica* Borkh) in Chile is widely cultivated, and is needed through studies to maximize the quality of its fruits, with field and storage tests.

The purpose of this study was to monitor and analyze the changes in the rate of ethylene production and the rate of respiration during maturation in pre and post-harvest cvs. (Galaxy and Cripps Pink) in different exposures in the canopy, exposed to the sun, (EXP) and not exposed (NO-EXP) in the tree, on the changes of maturity in the fruit. Before harvesting, measurements were taken every 10 days from 110 days of full bloom (DDPF) to 140 DDPF (commercial harvest) for cv. Galaxy and every 10 days from 160 DDPF to 200 DDPF in the cv. Cripps Pink and from harvest, every 10 days for the cv. Galaxy and every 15 days for the cv. Cripps Pink during cold storage (0 ° C, > 90% RH). Ethylene measurements (ppm) and respiratory rate (% CO₂ / 5 min) were made using a portable chromatograph (CI-900, CID). The maturity indices were evaluated both in their previous version and in the postharvest, the firmness of the fruit, the content of solid solids and the rate of degradation of the starch in the harvest and postharvest.

In both cultivars, apples. EXP. An ethylene production. Higher than the fruit. NO-EXP during maturation in the tree and post-harvest ($P < 0.05$). The same was observed with the respiration rate, although not always statistically different. The firmness of the fruits and the soluble solids are higher in the fruit EXP in the comparison with NO-EXP throughout the experiment. The starch index was significantly higher in the EXP fruit than the NO-EXP, directly correlated with the ethylene and the respiration rate in the fruit.

The exposure of the fruits on the tree is a behavior different from that given by the relevant information at the time of harvest.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	HIPÓTESIS	2
1.2	OBJETIVOS	2
2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	Antecedentes generales	3
2.2	Cripps Pink	3
2.3	Galaxy	4
2.4	Maduración de frutos del manzano.....	4
2.5	Producción de Etileno en manzana	5
2.6	Tasa respiratoria	6
2.7	Frío Convencional	8
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1	Ubicación del ensayo	9
3.2	Material vegetal.....	9
3.3	Evaluación de Etileno y Tasa respiratoria.....	11
3.4	Índices de Madurez.....	12
3.5	Diseño experimental y Análisis estadístico.....	12
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
4.1.	Evolución de la producción de Etileno y Tasa de Respiración en precosecha en manzanas expuestas y no expuestas a la radiación solar directa en el árbol.....	14
4.1.1	Tasa de Producción de Etileno	14
4.1.2	Tasa Respiratoria.....	15
4.2.	Comportamiento del Etileno, Tasa de Respiración e índices de madurez en precosecha en manzanas expuestas y no expuestas a la radiación solar directa para los cultivares Cripps Pink y Galaxy	16
4.2.1	Tasa de Producción de Etileno	16

4.2.2	Concentración Interna de Etileno.....	18
4.2.3	Tasa Respiratoria.....	18
4.2.4	Índices de Madurez.....	20
4.3.	Comportamiento del Etileno, Tasa de Respiración e índices de madurez en guarda en manzanas expuestas y no expuestas a la radiación solar directa.....	25
4.3.1	Tasa de Producción de Etileno	26
4.3.2	Concentración Interna de Etileno.....	29
4.3.3	Tasa Respiratoria.....	32
4.3.4	Índices de Madurez.....	35
5.	CONCLUSIONES	41
6.	BIBLIOGRAFÍA	42
7.	ANEXOS	49
7.1	Anexo 1:	49
7.2	Anexo 2:	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.5.1: Ciclo de Yang. Ruta de la biosíntesis del etileno. (Fuente: Bulens <i>et al.</i> , 2011).....	6
Figura 2.6.1: El patrón climatérico de la respiración en la fruta (Saltveit, 2016).....	7
Figura 3.2.1: Analizador de etileno portátil en campo.....	10
Figura 3.2.2: Muestras de Galaxy.....	10
Figura 3.2.3: Muestras de Cripps Pink.....	10
Figura 3.3.1: Analizador de etileno portátil, en laboratorio.....	11
Figura 3.3.2: Cromatógrafo de gases.....	11
Figura 4.1.1.1: Tasa de producción de etileno (TPE; ppm/5min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Cripps Pink durante su desarrollo hasta madurez comercial.....	14
Figura 4.1.1.2: Tasa de Producción de CO ₂ (% CO ₂ /5 min) en frutos no expuestos (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Cripps Pink durante su desarrollo hasta madurez comercial....	15
Figura 4.2.1.1: Tasa de producción de etileno (TPE; ppm/5min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Cripps Pink durante su desarrollo hasta madurez comercial.....	16
Figura 4.2.1.2: Tasa de producción de etileno (TPE; ppm/5min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Galaxy durante su desarrollo hasta madurez comercial..	17
Figura 4.2.2.1: Concentración interna de etileno (CIE; ppm/5min) en frutos no expuestos (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Cripps Pink durante su desarrollo hasta madurez comercial.....	18
Figura 4.2.3.1: Tasa de Producción de O ₂ (% O ₂ /5 min) y CO ₂ (% CO ₂ /5 min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Cripps Pink durante su desarrollo hasta madurez comercial.....	19

Figura 4.2.3.2: Tasa respiratoria (%CO ₂ / 5 min) en frutos no expuestos (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy durante su desarrollo hasta madurez comercial.....	19
Figura 4.2.4.1: Índices de madurez en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Cripps Pink durante su desarrollo hasta madurez comercial.....	21
Figura 4.2.4.2: Índices de madurez en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Galaxy durante su desarrollo hasta madurez comercial.....	23
Figura 4.3.1.1: Tasa de producción de etileno (TPE; ppm/5min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y fruto expuesto (EXP) del cv. Cripps Pink durante su almacenaje en frío convencional (FC).....	24
Figura 4.3.1.2: Tasa de producción de etileno (TPE; ppm/5min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Galaxy cosecha 1 durante su almacenaje en frío convencional.....	25
Figura 4.3.1.3: Tasa de producción de etileno (TPE; ppm/5min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy cosecha 2 durante su almacenaje en frío convencional.....	26
Figura 4.3.1.4: Tasa de producción de etileno (TPE; ppm/5min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy cosecha 3 durante su almacenaje en frío convencional.....	27
Figura 4.3.2.1: Concentración Interna de Etileno (CIE; ppm/5min) en fruto no expuesto (NO-EXP) y fruto expuesto (EXP) del cv. Cripps Pink durante su almacenaje en frío convencional (FC).....	28
Figura 4.3.2.2: Concentración interna de etileno (CIE; ppm/5min) en frutos no expuestos (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy cosecha 1 durante su almacenaje en frío convencional.....	28
Figura 4.3.2.3: Concentración interna de etileno (CIE; ppm/5min) en frutos no expuestos (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy cosecha 2 durante su almacenaje en frío convencional.....	29
Figura 4.3.2.4: Concentración Interna de Etileno (CIE; ppm/5min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Galaxy cosecha 3 durante su almacenaje en frío convencional.....	30

Figura 4.3.3.1: Tasa Respiratoria de CO ₂ (% CO ₂ /5 min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Cripps Pink durante su almacenaje en frío convencional (FC).....	30
Figura 4.3.3.2: Tasa Respiratoria de CO ₂ (% CO ₂ /5 min) en frutos no expuestos (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy cosecha 1 durante su almacenaje en frío convencional.....	31
Figura 4.3.3.3: Tasa respiratoria de CO ₂ (% CO ₂ /5 min) en frutos no expuestos (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy cosecha 2 durante su almacenaje en frío convencional.....	32
Figura 4.3.3.4: Tasa respiratoria de CO ₂ (% CO ₂ /5 min) en frutos no expuestos (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy cosecha 3 durante su almacenaje en frío convencional.....	33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 4.3.4.1: Índices de madurez en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Cripps Pink durante su almacenaje en frío convencional (FC).....	34
Cuadro 4.3.4.2: Índices de madurez en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Galaxy cosecha 1 durante su almacenaje en frío convencional (FC).....	35
Cuadro 4.3.4.3: Índices de madurez en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Galaxy cosecha 2 durante su almacenaje en frío convencional (FC).....	36
Cuadro 4.3.4.4: Índices de Madurez en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy cosecha 3 durante su almacenaje en frío convencional.....	38

1. INTRODUCCIÓN

Chile es el octavo mayor productor de manzanas con 1.757.225 toneladas y el quinto mayor exportador con 761.984 toneladas, mientras que en el hemisferio sur está consolidado como el más importante (FAO, 2014).

A nivel nacional el manzano (*Malus domestica* Borkh) corresponde al cuarto frutal con mayor superficie plantada después de la vid de mesa, el nogal y el palto con 36.063 hectáreas distribuidas principalmente en la Región de O'Higgins y Región del Maule y en menor medida Región del Bio Bio y Región de La Araucanía (ODEPA, 2016).

En la Región del Maule se encuentran 22.067 hectáreas de las cuales 18.705 hectáreas son variedades rojas y 3.362 hectáreas son variedades verdes (ODEPA, 2016). Su superficie se ha mantenido estable y con un prudente incremento en la última década, lo cual responde a una creciente exportación a países extranjeros, en donde países desarrollados, tales como, Taiwan, Brasil, Canadá entre otros, son los principales importadores, mercados exigentes tanto en calidad como inocuidad. (ODEPA, 2016)

En la Región del Maule la producción total de manzanas alcanza las 892.120 toneladas y su principal destino es la exportación con 75%, mientras que un 9,4% queda en el mercado nacional y un 15,2% para la agroindustria. (ODEPA Y CIREN, 2013).

Dado lo anterior, Chile posee un gran prestigio en la fruticultura mundial por lo que procura dar al consumidor una fruta de excelente calidad, es por ello, que tener certeza en la fecha de cosecha óptima con el fin de maximizar el tiempo de almacenaje y así llegar a su destino comercial con óptima calidad.

El deterioro de nuestros productos frescos en postcosecha es un serio problema para el productor y el distribuidor, pudiendo influir negativamente en la disponibilidad y en los costos de estos productos al consumidor (Shewfelt and Prussia, 1992).

La fase de maduración de los frutos es un punto crítico clave a considerar al momento de cosecha, ya que está condicionada a un incremento repentino en la actividad respiratoria, proceso llamado climaterio, dando lugar a daños en la calidad final (Feippe, 2003). Este proceso está ligado fuertemente a la producción de una fitohormona denominada Etileno, la cual es clave en el rol de madurez de los frutos climatéricos (Lara y Vendrell, 2000).

1.1 HIPÓTESIS

Frutas expuestas directamente a la radiación solar tienen mayor tasa respiratoria y producción de etileno que fruta no expuesta desde temprano en la temporada, lo que afecta directamente su tasa de maduración en pre como en postcosecha.

1.2 OBJETIVOS

Determinar la tasa respiratoria y producción de etileno de fruta expuesta y no expuesta a la radiación solar en el árbol en dos cultivares de manzana durante su desarrollo hasta cosecha.

Determinar la tasa respiratoria y producción de etileno de fruta expuesta y no expuesta en dos cultivares de manzana durante el almacenaje en frío convencional.

Determinar si métodos no destructivos de medición de etileno y respiración son óptimos para averiguar el proceso de maduración en el árbol, estado de madurez en precosecha y postcosecha en manzana.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Antecedentes generales

La manzana es clasificada como un fruto simple por originarse de un solo ovario, comúnmente llamado Pomo, el cual es un fruto carnoso falso, porque la parte comestible corresponde al tubo floral (bases fusionadas de sépalos, pétalos y estambres), el cual, a su vez, contiene fusionado al fruto verdadero o corazón cartilaginoso, de cinco carpelos con dos semillas cada uno (manzana, membrillo, pera). (Gil, 2012).

2.2 Cripps Pink

La variedad Cripps Pink tiene su origen parental del cruzamiento entre Lady Williams y Golden Delicious realizado en la estación experimental de Stoneville, Australia, por John E.L. Cripps en el año 1973 (Cripps *et al.*, 1993). El objetivo del cruzamiento fue combinar la firmeza, potencial de almacenaje y baja susceptibilidad a bitter pit de L. Williams con la buena calidad organoléptica (dulzor) y baja incidencia de escaldado superficial de G. Delicious (Cripps *et al.*, 1993)

El fruto es bicolor con un atractivo color rosado sobre un color de fondo verde, el cual se torna amarillo en madurez (Portman y Ward, 2000). Su tamaño medio a grande, 70-75 mm de diámetro promedio y de forma cónica oblonga (Cripps *et al.*, 1993).

La pulpa es blanca, densa, firme (18,7 lb a cosecha), moderadamente jugosa y con alto contenido de azúcar (12,5° a 13,5° Brix) el cual está en balance con la cantidad de acidez que fluctúa entre 0,71% y 0.9% (Cripps *et al.*, 1993).

La hendidura de cáliz es profunda y amplia. La epidermis, es rugosa o con protuberancias en frutos de árboles jóvenes, pero suave en frutos de árboles maduros; es delgada y las lenticelas no son visibles (Cripps *et al.*, 1993).

Su cosecha es tardía, desde fines de abril a mediados de mayo, cuando el color de fondo empieza a virar a amarillo (Campbell, 2002). Con respecto a la tasa respiratoria, considerada baja, corresponde a 5-10 mg CO₂/kg-hr a 5° C (Kader. A, 1992) mientras que a 25°C corresponde a 16 mg CO₂/kg-hr (Verma L. y Joshi V.2000) y su tasa de producción de etileno, clasificada como alta, es de 10-100 ul C₂H₄/kg-hr a 20° C(Kader. A, 1992).

2.3 Galaxy

El cv. Galaxy se originó en Nueva Zelanda (Huarangi Farm, Havelock North, Hawkes Bay), producto de una mutación natural del cv. Tenroy (Stark Royal Gala) descubierta el año 1985. Esta variedad entrega fruta de tamaño medio a pequeño, de color rojo fuerte y un estriado robusto sobre fondo rojo más tenue. La pulpa es blanca, firme (17,5 lb a cosecha), jugosa y con buen sabor (13,3 °Brix y 0,37% de acidez titulable). El árbol es de gran tamaño y vigor medio, con una gran producción de brindillas. En la zona central de Chile, esta variedad está clasificada como temprana, esto es, desde fines de Enero a mediados de Febrero (Sotomayor, 2000). Con respecto a la tasa respiratoria, considerada baja, corresponde a 5-10 mg CO₂/kg-hr a 5° C (Kader, 1992) mientras que a 25°C corresponde a 16 mg CO₂/kg-hr (Verma L. y Joshi V.2000) y su tasa de producción de etileno, clasificada como alta, es de 10-100 ul C₂H₄/kg-hr a 20° C (Kader, 1992).

2.4 Maduración de frutos del manzano

La manzana es clasificada como un fruto climacterico (Kidd and West, 1924). Los frutos climactericos a diferencia con los no climactericos cuentan con fluctuaciones en la tasa respiratoria durante el proceso de maduración, la acentuación respiratoria en el fruto está asociada con un incremento en la concentración interna de dióxido de carbono y producción autocatalítica del etileno (Ferree and Warrington, 2003).

Durante el proceso de maduración se distinguen dos estados de madurez, la madurez fisiológica y la madurez de consumo (Gil, 2004). La madurez fisiológica corresponde al estado de la fruta que puede ser cosechada y continúa su proceso de maduración hasta llegar a la madurez de consumo (Gil, 2004). La madurez de consumo es el estado en el cual la fruta ha desarrollado la composición como para ser consumida con agrado en la planta, o después de cosecha (Gil, 2004).

Para comprender la maduración de los frutos hay ciertos índices que indican el estado de madurez el cual se encuentra. Los índices de madurez más apropiados para manzanas son resistencia de la pulpa a la presión, color de fondo, tamaño, color de semillas y mediciones químicas entre las cuales están: contenido de azúcares, contenido de almidón, acidez titulable y producción de etileno (Cooper, 1985). Si la fruta cosechada esté sobre madura tiende a ser más blanda, fácilmente dañable y susceptible a enfermedades y desordenes fisiológicos (Ferree and Warrington, 2003). La madurez a cosecha es un importante factor que afecta la calidad. Un

índice de madurez ideal de medida puede ser un método no destructivo (Florkowski, *et al.*, 2009).

La maduración de los frutos climactericos está acompañada por un incremento en la respiración y producción de etileno denominada incremento climacterico, en el cual ambos desencadenan el proceso de maduración y senescencia (Salisbury y Ross, 1992).

2.5 Producción de Etileno en manzana

El etileno (C₂H₄) es una hormona gaseosa simple capaz de estimular la abscisión, maduración y senescencia, dada esta característica tiene un impacto significativo en el comportamiento del fruto en postcosecha y calidad de la planta o partes de la planta (Kays, 1997).

Frecuentemente, el etileno es almacenado dentro de la planta como su precursor: ácido 1-aminociclopropano -1-carboxílico (ACC) (Figura 2.5.1). La conversión desde ACC a etileno ocurre tras un estrés ambiental o desencadenamiento por una señal fisiológica interna (Ferree and Warrington, 2003). La ACC sintetasa (ACS) una de las principales enzimas reguladoras de la biosíntesis, cumpliendo el rol de desencadenar la conversión a etileno (Antunes y Sfakiotakis, 2000; Lara y Vendrell, 2000).

El etileno es sintetizado a partir de S-adenosil metionina (SAM) y luego a ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) (Figura 2.5.1).

La tasa de síntesis de etileno es conocida por ser alterada por una amplia gama de factores ambientales (Kays, 1997). La concentración de oxígeno y temperatura son dos de las más importantes, cuando ambos son suficientemente bajas, la síntesis es reducida, en cambio, estrés (agua, mecánico y otros) es conocido por estimular la síntesis de etileno (Kays, 1997).

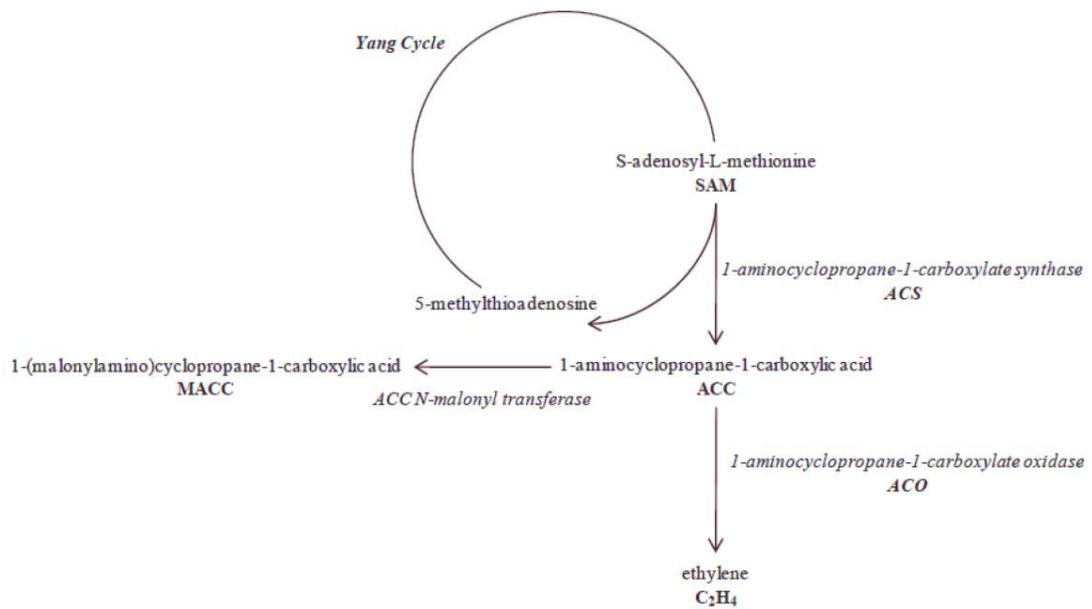


Figura 2.5.1: Ciclo de Yang. Ruta de la biosíntesis del etileno. (Fuente: Bulens *et al.*, 2011)

El etileno en las manzanas tiene un rol natural en la maduración, sin embargo el control de su producción en el almacenaje es fundamental ya que retrasa el ablandamiento (Sisler *et al.*, 1990). La inhibición de su síntesis trae como consecuencia un retraso del periodo climacterio y de la maduración de los frutos (Gil, 2001) y su síntesis puede ser inducida tanto por factores internos como externos, como ejemplo una herida (Yang, 1985), los niveles de etileno también se incrementan en condiciones de estrés, ya sea por calor, frío, déficit hídrico, entre otros (Ábeles, *et al.*, 1992).

La producción del etileno es un factor clave en el metabolismo de la manzana. Generalmente, una alta producción de etileno lleva a una alta emisión de compuestos volátiles pero, por otra parte, causa un incremento en la tasa respiratoria (Both, *et al.*, 2016). El estado de máxima producción de etileno genera un clímax en la respiración del fruto donde se concentran los cambios más violentos, que culminan con la expresión de la madurez de consumo (Zoffoli, 1997a)

2.6 Tasa respiratoria

La descomposición oxidativa de moléculas complejas, como almidón, azúcares y ácidos orgánicos en moléculas más simples como el CO₂ y H₂O es lo que llamamos respiración (Saltveit, 2016). Habitualmente la respiración ocurre en un pequeño y fundamental organelo situado en la célula llamado mitocondria, donde su función principal es tomar la glucosa y el

oxígeno para transformarlo en energía (Kays, 1997). La energía y las moléculas orgánicas producidas durante la respiración son utilizadas por otros procesos metabólicos para mantener la salud del producto (Saltveit, 2016).

Las frutas normalmente se clasifican según un cambio en las tasas de respiración y de producción de etileno durante la maduración (Gil, 2012; Kays, 1997; Zapata *et al*, 2014). Las frutas que están sometidas a dicha transición se denominan climactericos (figura 2.6.1), mientras las frutas que no producen niveles elevados de etileno y respiración se conocen como no climactericos (figura 2.6.1). El climacterio inicia cuando el fruto alcanza su mayor tamaño evidenciándose en su aumento en las tasa de respiración y de producción de etileno (Zapata *et al*, 2014). Existe una relación directa entre la producción de etileno y la tasa de respiración. Entre más cantidad de etileno se producida mayor será a su vez la tasa de respiración y viceversa. (Zapata *et al*, 2014).

La respiración es estimulada por diversos factores externos, tales como, la temperatura, compuestos volátiles, humedad, y la luz (Kays, 1997). Una alta demanda por energía y compuestos carbonados también generan una activación en la respiración (Kays, 1997).

En general, existe una relación inversa entre las tasas de respiración y la vida postcosecha de productos frescos. Cuanto más alta es la tasa de respiración, más precedera. La respiración desempeña un papel importante en la vida posterior a la cosecha de productos frescos, ya que refleja la actividad metabólica del tejido que también incluye la pérdida de características valiosas para la transacción del producto (Saltveit, 2016).

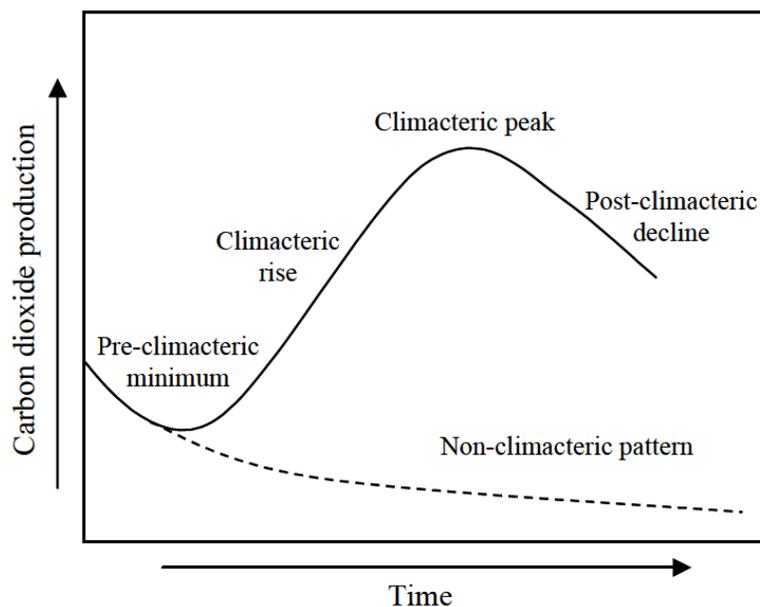


Figura 2.6.1: El patrón climaterico de la respiración en la fruta (Saltveit, 2016).

2.7 Frío Convencional

La calidad inicial de la fruta y la fecha de cosechas son factores primordiales para maximizar el tiempo de almacenaje. Su duración debe ser prolongada por la mantención de una óptima temperatura, humedad relativa y condiciones del ambiente, por consiguiente, el tipo de almacenaje debe procurar mantener el mayor tiempo posible sin perder calidad del producto desde la cosecha hasta el consumo (Florkowski, et al., 2009).

Este tipo de almacenaje radica en la tolerancia de los frutos a las bajas temperaturas. La atmósfera se altera solo por la presencia de gases volátiles, además el agregar agua incrementa la humedad relativa (GIL, 2012). Si el control es específico y se toma en cuenta las variedades, por lo tanto las temperaturas y humedad relativa pueden llegar a ser; 0° C o a 1° C, o a -0,5° C o -1° C y 90% - 95% de humedad relativa (GIL, 2001).

La importancia del almacenaje en FC reside en que la baja temperatura permite reducir la respiración de la fruta y con ello disminuir la actividad metabólica (Navarrete y Reyes, 1988; Wills, *et al.*, 1989)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del ensayo

El ensayo se realizó con fruta proveniente del Huerto San Carlos, San Clemente, Provincia de Talca, VII Región, Chile, 35°30' L.S.; 31°28' L.O. y Huerto San José de Perquin, San Clemente, Provincia de Talca, VII Región, Chile, 35°55' L.S.; 71°84' L.O.

Las mediciones en laboratorio se realizaron en el departamento de Postcosecha del Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca, Chile.

3.2 Material vegetal

Para llevar a cabo el estudio se emplearon muestras de dos cultivares de manzana roja, Cripps Pink y Galaxy. En ambos cultivares se evaluaron frutos expuestos (EXP) directamente a la radiación solar (periferia del árbol) y fruta no expuesta (NO-EXP) a la radiación solar directa (cercana al tronco).

En Cripps Pink se marcaron 20 frutos (10 frutos EXP y 10 NO-EXP) y se evaluó en 5 momentos (169, 175, 188, 191 y 198 DDPF) la evolución de los frutos en producción de etileno y tasa respiratoria en el árbol a través de un método no destructivo (figura 3.2.1). En precosecha (170, 175, 191, 194 y 201 DDPF) se tomaron 10 frutos EXP y 10 frutos NO-EXP (figura 3.2.3) para evaluar en laboratorio la producción de etileno, tasa respiratoria, concentración interna de etileno e índices de madurez, tales como, firmeza, peso, color de fondo, color de cubrimiento, sólidos solubles y almidón. En postcosecha se evaluaron 10 frutos por tratamiento (EXP y NO-EXP) cada 15 días de guarda hasta 150 días de almacenaje, en los cuales se midió producción de etileno, tasa respiratoria, concentración interna de etileno e índices de madurez.

Para Galaxy en precosecha se tomaron 10 frutos EXP y 10 frutos NO-EXP (figura 3.2.2) en 3 momentos (126, 131, Y 141 DDPF) donde se evaluó producción de etileno, tasa respiratoria, concentración interna de etileno e índices de madurez. En postcosecha se evaluaron frutos de 3 cosechas diferentes (134, 140, Y 144 DDPF) cada 10 días de guarda hasta 90 días de almacenaje, en dichos frutos se evaluó producción de etileno, tasa respiratoria, concentración interna de etileno e índices de madurez.

Los frutos de ambos cultivares se almacenaron en cámaras de frío del Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca a temperatura de 0° a 1° C y humedad relativa de 90% - 95%.



Figura 3.2.1: Analizador de etileno portátil en campo.

EXP

NO EXP

EXP

NO EXP



Figura 3.2.2: Muestras de Galaxy



Figura 3.2.3: Muestras de Cripps Pink

3.3 Evaluación de Etileno y Tasa respiratoria

Se determinó la producción de etileno, O_2 y CO_2 tanto en campo (figura 3.2.1) como en laboratorio (figura 3.3.1) con un método no destructivo utilizando un cromatógrafo portátil modelo CI-900. La tasa de producción de etileno y la tasa respiratoria fueron estimadas cada 5 minutos por fruto. Para cada cultivar se midió 10 frutos EXP y 10 NO-EXP en precosecha y postcosecha.



Figura 3.3.1: Analizador de etileno portátil, en laboratorio.

Las mediciones de concentración interna de etileno (CIE) se realizaron según la metodología de Mettheis y Buchanan (1998), con algunas modificaciones. Se tomó una porción de gas de 1mL de etileno con una jeringa, el cual fue inyectado y analizado en cromatógrafo de gases, marca Hewlett Packard modelo HP 5890 serie II (Figura 3.2.2), provisto de una columna Porapak Q, detector de ionización de llama (FID) y helio como gas de arrastre. La concentración se determinó utilizando una curva estándar creada al inicio del día para todas las mediciones.



Figura 3.2.2: Cromatógrafo de gases

3.4 Índices de Madurez

La evaluación de madurez se analizó a través de los índices más relevantes para manzana, tales como:

Color de fondo y color de cubrimiento: color de fondo se midió la intensidad de color con las categorías A (amarillo), AV (amarillo verde), VA (verde amarillo) y V (verde) (**Anexo 1**). Mientras que el color de cubrimiento fue evaluado de acuerdo a la superficie del fruto cubierta de rojo, expresado en porcentaje.

Peso de la fruta (gr): se pesó con una balanza OHAU5 modelo Scout Pro SP601 expresada en gramos.

Firmeza de la pulpa (lb): se evaluó mediante el dispositivo Fruit Texture Analyzer (FTA) y presionómetro digital marca GUSS modelo GS14, donde se realizaron dos mediciones por cada fruto en lados opuestos a la zona ecuatorial, previa remoción de la piel.

Concentración de sólidos solubles (SS): se realizó con jugo provenientes de los frutos de los que se les midió firmeza, mediante un refractómetro portátil modelo REF 113 (0-32°Brix)

Índice de almidón: se aplicó una solución de yodo en forma de yoduro de potasio al 30% a cortes transversales de los frutos, comparando luego con una escala de 1 (para fruta completamente inmadura) a 10 (para fruta completamente madura) (**Anexo 2**).

3.5 Diseño experimental y Análisis estadístico

El diseño experimental constó de dos tratamientos, fruta expuesta (EXP) y fruta no expuesta (NO-EXP) a la radiación solar directa, cada tratamiento con 4 repeticiones, la primera y segunda repetición con 2 unidades experimentales y la tercera y cuarta repetición con 3 unidades experimentales.

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza simple (ANOVA) para establecer diferencias entre los distintos tratamientos en cada una de las variables en estudio. En los casos en que se presentaron diferencias estadísticas, se llevó a cabo una separación de medias a través del test de Tukey (HSD) con un intervalo de confianza de 95%. (Valor $P \leq 0,05$ existen diferencias significativas entre tratamientos). Para los datos no paramétricos en los índices de madurez se utilizó el Test de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$).

Dicho análisis se llevo a cabo mediante el software estadístico STATGRAPHIC CENTURION XVI Versión 16.2.04 en español.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evolución de la producción de Etileno y Tasa de Respiración en precosecha en manzanas expuestas y no expuestas a la radiación solar directa en el árbol

4.1.1 Tasa de Producción de Etileno

Con respecto a la producción de etileno, en este cultivar incrementó considerablemente a partir de los 188 DDPF (Figura 4.1.1.1), situación que ocurrió en ambos tratamientos (EXP y NO-EXP) sin diferencias estadísticas. Para Torres *et al*, (2013) la concentración interna de etileno, den el cultivar Fuji, aumentó desde los 110 DDPF mientras que en Gala aumentó desde los 140 DDPF.

El comportamiento del etileno en precosecha corresponde al aumento característico de los frutos climactericos, el cual posee un alza en la producción de etileno y respiración hasta un máximo, llamado máximo climacterico y nuevamente baja su tasa hasta la senescencia del fruto, todo este proceso conlleva a la maduración (Kays, 1997 y Gil, 2012).

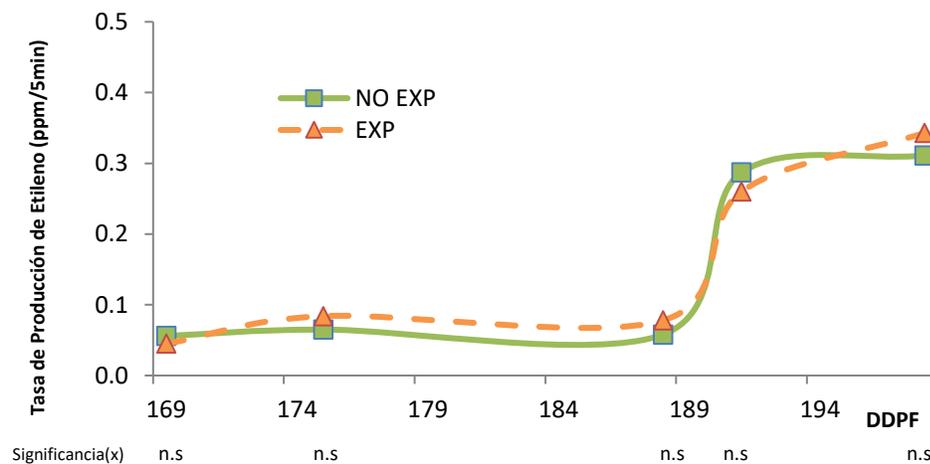


Figura 4.1.1.1: Tasa de producción de etileno (TPE; ppm/5min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Cripps Pink durante su desarrollo hasta madurez comercial.

4.1.2 Tasa Respiratoria

En frutos climactericos, paralelamente con el incremento del etileno está el aumento de la tasa respiratoria que presenta valores bajos antes del comienzo de la maduración, aumenta hasta alcanzar su máximo valor conforme el fruto madura, y desciende de nuevo durante la postmaduración y senescencia para frutos climactericos (Kays, 1997).

El aumento de la actividad metabólica (figura 4.1.1.1 y figura 4.1.1.2) que está relacionado con el incremento en la respiración y coordinado por el etileno en los frutos climactericos, origina una serie de cambios integrados que conducen a cambios de sabor, desarrollo de aroma y color, ablandamiento, etc., en un periodo de tiempo relativamente corto (Kays, 1997, Gil, 2012).

La figura 4.1.1.2 no mostró diferencias estadísticas en ningún momento de evaluación entre fruta EXP y NO-EXP. Sin embargo la curva no representa notoriamente lo mostrado por Kays (1997), ya que la falta de evaluaciones durante precosecha no nos permite visualizar la tendencia de la tasa respiratoria durante el proceso de maduración.

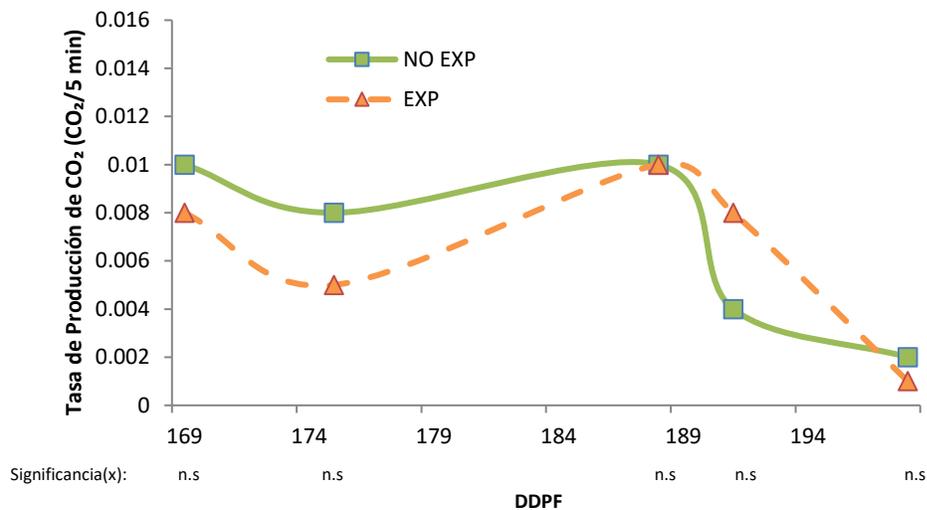


Figura 4.1.1.2: Tasa de Producción de CO₂ (% CO₂/5 min) en frutos no expuestos (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Cripps Pink durante su desarrollo hasta madurez comercial

4.2. Comportamiento del Etileno, Tasa de Respiración e índices de madurez en precosecha en manzanas expuestas y no expuestas a la radiación solar directa para los cultivares Cripps Pink y Galaxy

4.2.1 Tasa de Producción de Etileno

La figura 4.2.1.1 muestra la producción de etileno del cultivar Cripps Pink durante la maduración del fruto en el árbol. Mostró la tendencia al alza, a medida que maduran los frutos como postulan Shewfelt and Prussia (1992) y Kays (1997), característica icónica de frutos climactericos, pero la curva no se asemeja a la curva estándar en la amplia literatura. Las curvas atípicas aquí mostradas son debido a la poca experiencia por parte del operador y el lugar poco adecuado para las mediciones , ya que no contaba con un espacio aislado donde las mediciones no fueran alteradas.

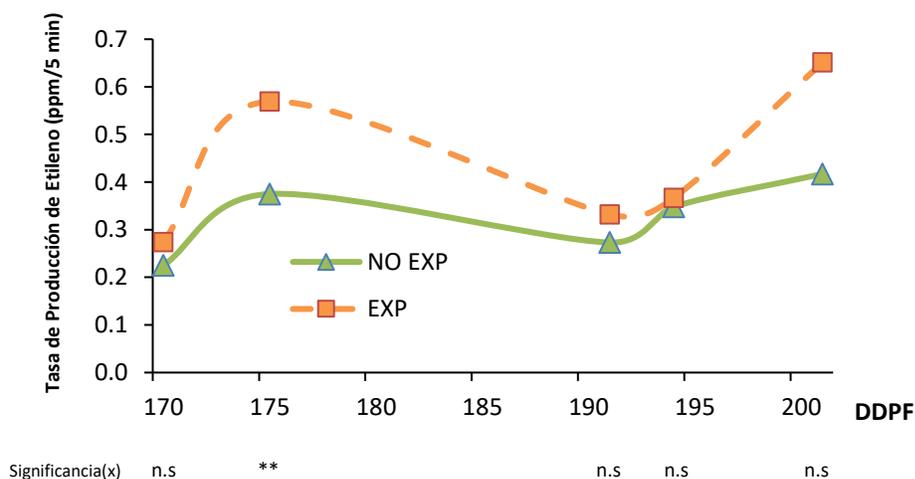


Figura 4.2.1.1: Tasa de producción de etileno (TPE; ppm/5min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Cripps Pink durante su desarrollo hasta madurez comercial.

El cultivar Galaxy es de elevado metabolismo (alta tasa respiratoria y elevada producción de etileno), por lo que la determinación de los niveles de etileno a cosecha constituye un buen indicativo de su potencial almacenaje. El rango óptimo a cosecha para un almacenaje prolongado es de 0,5 a 1 ppm de etileno interno (Gil, 2001), lo que mostró la figura 4.2.1.2 en el cultivar Galaxy, aunque solo con diferencias significativas en el primer momento de evaluación.

El estado de máxima producción de etileno genera un clímax en la respiración del fruto donde se concentran los cambios más violentos que culminan con la expresión de la madurez de consumo (Zoffoli, 1997a), por lo tanto en ambos cultivares la fecha de cosecha representa gran importancia para posteriormente en almacenaje la tasa de producción de etileno sea controlada.

El inicio del rápido aumento en la producción de etileno ha sido propuesto como una herramienta para definir el momento óptimo de cosecha, incluso valores inferiores a 0,5 ppm se han aconsejado en ciertas variedades para optimizar su conservabilidad (Dilley, 1980, 1985), por ejemplo en cultivares Gala.

Para Jorquera (2000) la concentración interna de etileno (CIE) aumentó significativamente ($p \leq 0,05$) previo a la cosecha, no así la tasa de producción de etileno (TPE), cuyos valores obtenidos no tuvieron diferencias significativas.

La figura 4.2.1.2 muestra que el etileno a partir de los 130 DDPF aumenta su producción a medida que se acerca la fecha de cosecha estimada para Galaxy y la fruta expuesta muestra una mayoría en 126 DDPF significativo sobre la fruta no expuesta.

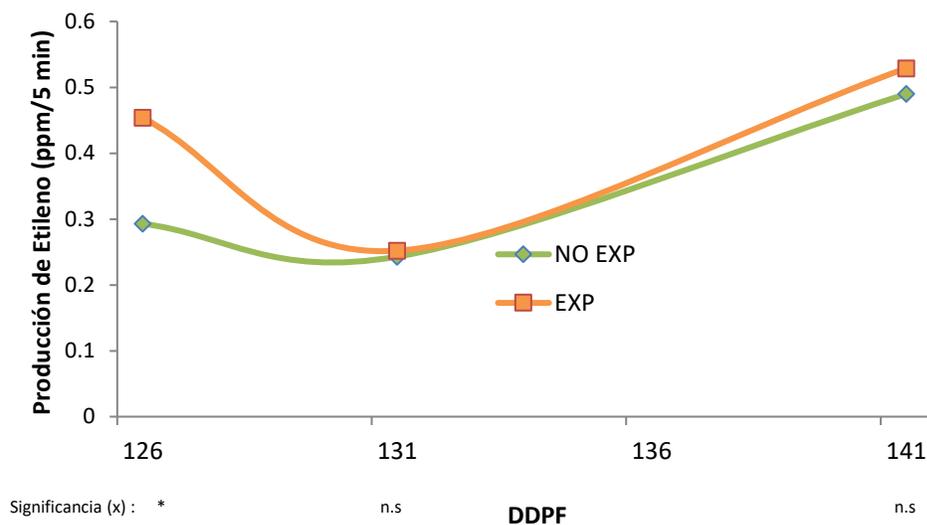


Figura 4.2.1.2: Tasa de producción de etileno (TPE; ppm/5min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Galaxy durante su desarrollo hasta madurez comercial.

4.2.2 Concentración Interna de Etileno

Según Dilley (1981 y 1985) en términos fisiológicos la CIE es óptima para un máximo potencial de almacenaje entre 0,5 y 1 ppm. En la figura 4.2.2.1 muestra gráficamente el incremento del etileno por parte de los frutos. Sólo 200 DDPF se mostró diferencias altamente significativas para frutos expuestos y no expuestos

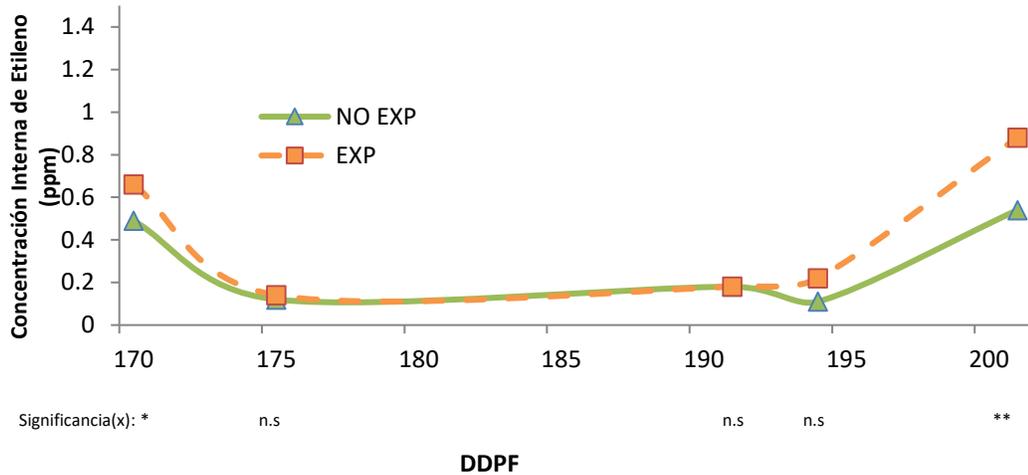


Figura 4.2.2.1: Concentración interna de etileno (CIE; ppm/5min) en frutos no expuestos (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Cripps Pink durante su desarrollo hasta madurez comercial.

4.2.3 Tasa Respiratoria

En la figura 4.2.3.1 se aprecia que desde los 191 DDPF hubo diferencias estadísticas, las cuales indican que en fruta expuesta hubo una mayor tasa de producción de CO₂ que en fruta no expuesta. Esta figura mostro el comportamiento, ya al final de las mediciones, que la fruta expuesta tiene un mayor metabolismo que la fruta no expuesta, dándonos a conocer que fruta en la periferia es diferente a la fruta sombreada al interior del árbol.

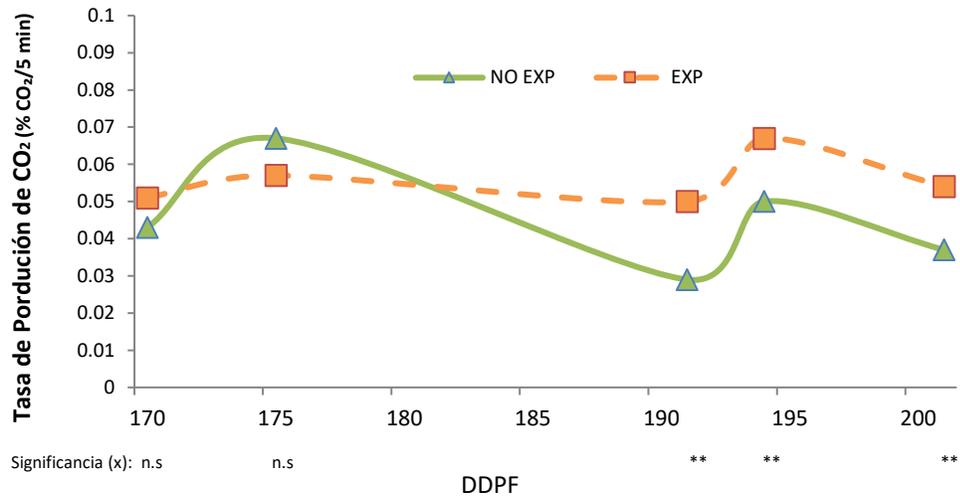


Figura 4.2.3.1: Tasa de Producción de CO₂ (% CO₂/5 min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Cripps Pink durante su desarrollo hasta madurez comercial.

La figura 4.2.3.2: no mostró diferencias significativas relevantes en la tasa respiratoria para ningún tratamiento durante precosecha, sin embargo la fruta expuesta se mantuvo sobre la no expuesta. Comparando entre cultivares se mostraron diferencias entre tasa respiratoria, sobre todo en Galaxy que tendió a la baja. Sin embargo la poca cantidad de momentos de evaluación fue gatillante para no visualizar opimamente la curva de respiración en frutos climactericos.

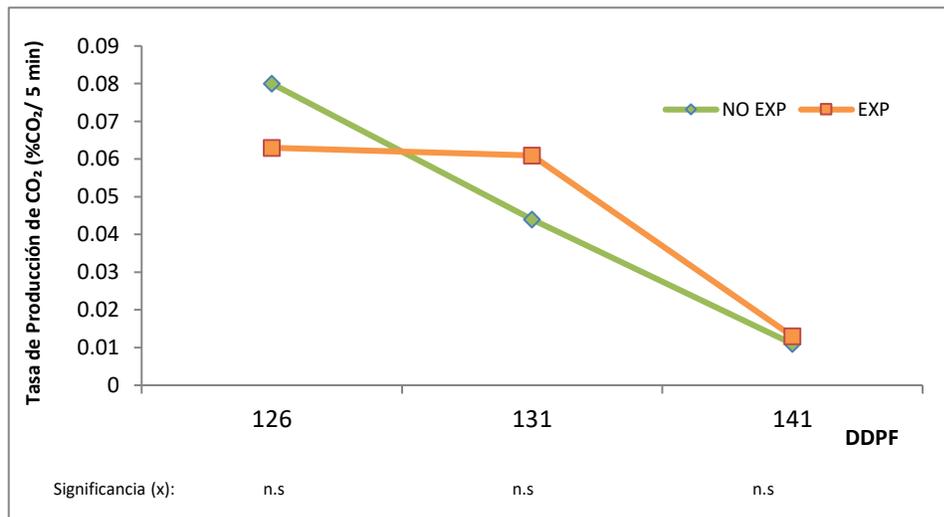


Figura 4.2.3.2: Tasa respiratoria de CO₂ (%CO₂/ 5 min) en frutos no expuestos (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy durante su desarrollo hasta madurez comercial.

4.2.4 Índices de Madurez

Con respecto al comportamiento de frutos expuestos (EXP) y no expuesto (NO-EXP) hubo diferencias estadísticas que demuestran que la exposición a la radiación solar directa afecta en algunos atributos del producto final. Estas diferencias son evidentes en la figura 4.2.4.1 donde color de cubrimiento se aprecia una diferencia altamente significativa entre tratamientos en cada una de las mediciones. En cambio para el color de fondo no hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos. En el grafico de peso, por su lado, mostró una tendencia al alza a medida que pasan los días hasta cosecha en ambos tratamientos, evidenciando pocas diferencias atribuibles a la exposición solar. Sólidos solubles y almidón evidencian diferencias significativas entre tratamientos en algunos puntos de mediciones, sin embargo no poseen un patrón determinante el cual se pueda atribuir exclusivamente a la radiación solar directa. Por último la firmeza claramente fue menor a medida que pasaron los días en ambos tratamientos, arrojando diferencias altamente significativas entre 170 y 190 DDPF. A pesar de la poca solides de los tratamientos en evidenciar diferencias estadísticas, cabe destacar que los frutos expuestos a la radiación solar directa tuvieron características visuales mucho más apreciables que en frutos no expuestos a la radiación solar directa.

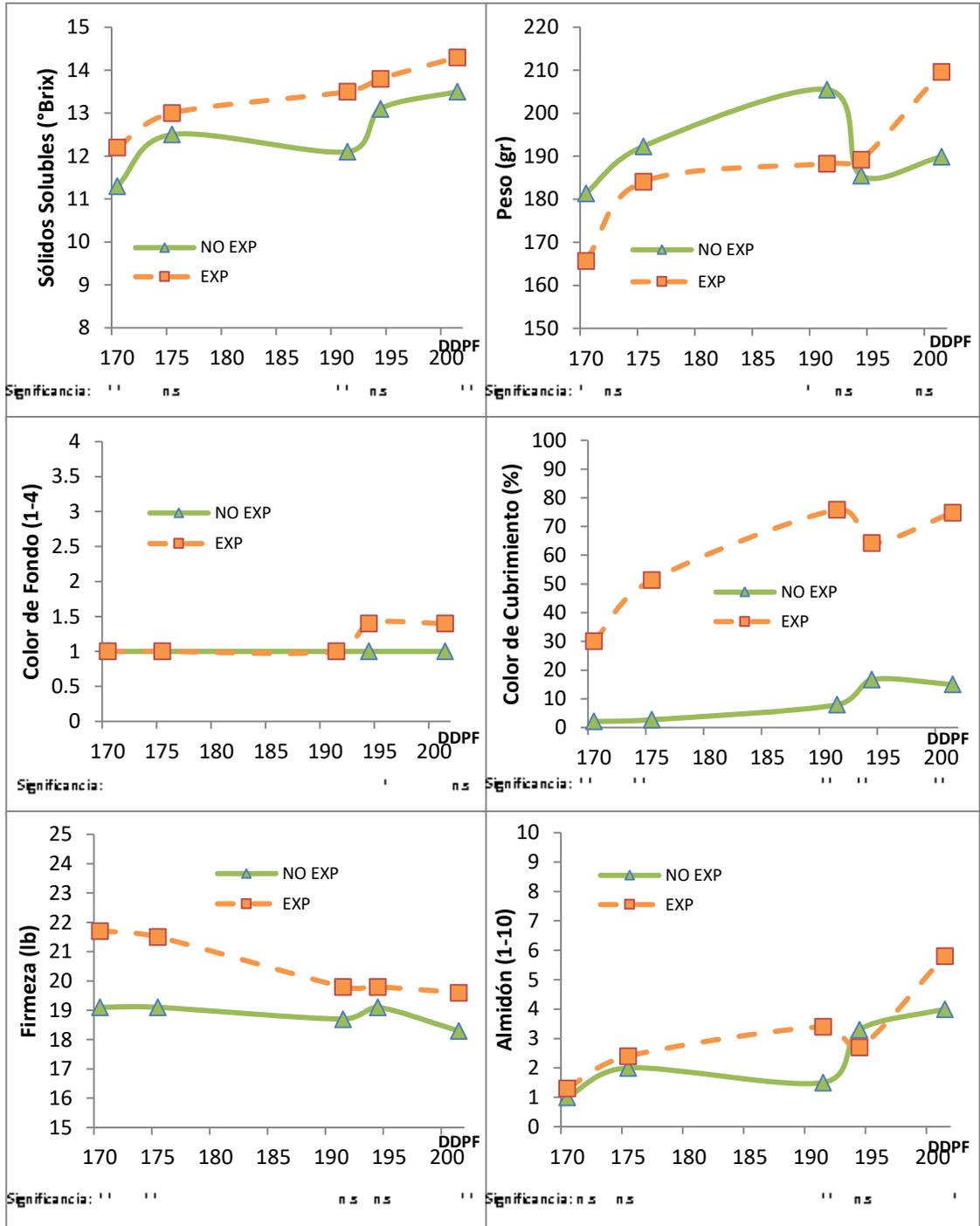


Figura 4.2.4.1: Índices de madurez en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Cripps Pink durante su desarrollo hasta madurez comercial.

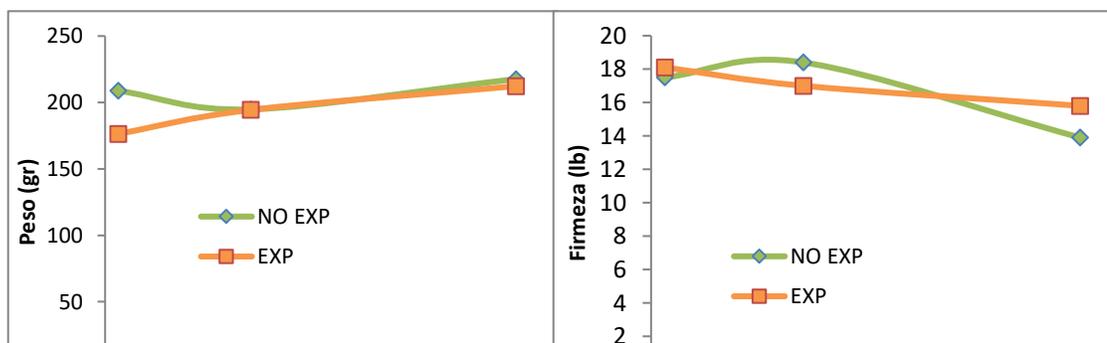
Entre las variables de madurez, el color de fondo se correlacionó mejor con la madurez interna de la fruta, lográndose una buena asociación entre este y la concentración de etileno para el

cultivar Galaxy (Gil, 2001). En el caso del color de fondo, la madurez interna de la fruta se logra cuando ocurre el cambio desde verde a verde-amarillo (Gil, 2001).

Kupferman (1994) recomienda para una cosecha oportuna y almacenaje prolongado para cultivares Gala una firmeza de 17,5 lb; 13,3% de sólidos solubles y almidón de 3,6 en escala 1-5 y un color de fondo blanco, evitando el quiebre de color hacia amarillo.

La figura 4.2.4.2 exhibe que hubo una diferencia altamente significativa en el gráfico de color de fondo solo a los 131 DDPF y que el color de fondo siempre fue más verde en fruta no expuesta, eso debido posiblemente a la menor degradación de la clorofila (verde) al interior de la copa (Gil, 2012) similar a lo ocurrido con Cripps Pink. Conjuntamente con la pérdida de clorofila ocurre un aumento de carotenoides (amarillo), cambio asociado con la maduración y promovidos por la alta luminosidad y producción de etileno (GIL, 2012). En cambio el color de cubrimiento hubo diferencia altamente significativas 126 y 131 DDPF y se mantuvo mayor color por parte de la fruta expuesta y días antes de cosecha no hubo diferencias significativas de color entre tratamientos. El pigmento asociado a la coloración es la antocianina, que durante la maduración sube hasta cinco veces y es influida por factores internos y externos. De los factores externos que favorecen la coloración está la luz, en cantidad sobre 60%-70% de la radiación solar (Gil, 2012). En el gráfico de peso se identificó diferencias significativas solo a los 126 DDPF, luego se mantuvo similar en ambos tratamientos. Con respecto a los Sólidos Solubles hubo una clara diferencias entre tratamientos en 126 y 131 DDPF altamente significativos para luego disminuir y presentar diferencias. En la firmeza se mantuvo sin diferencias significativas entre tratamientos durante precosecha, ya que la turgencia se mantiene por flujo floemático y el xilema de pedicelos está tapado (Gil, 2012) y finalmente la degradación de almidón la fruta expuesta mostró diferencias altamente significativas durante todo la precosecha sobre la no expuesta.

Jorquera (2000) evidenció que en tres cosechas previo al almacenaje, en cv. Royal Gala, a medida que la cosecha era más tardía obtuvo fruta con menor firmeza de pulpa con una alta significancia, los sólidos solubles no mostraron diferencias significativas entre las cosechas en diferentes épocas, el test de almidón hubo diferencias altamente significativas, a más tardía mayor fue el índice, el color de fondo fue más amarillo en las cosechas tardías con significancia alta y por último el color de cubrimiento también fue mayor significativamente alto.



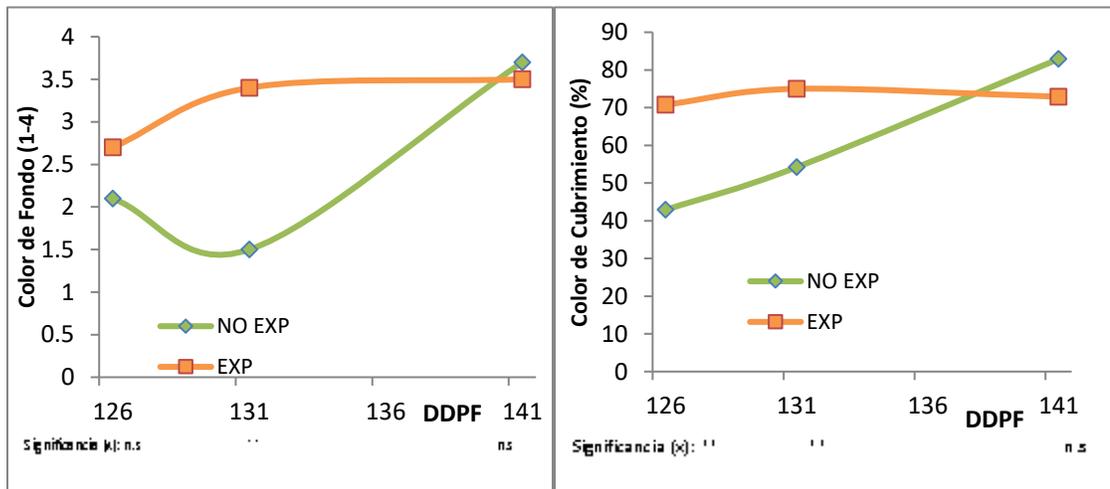


Figura 4.2.4.2: Índices de madurez en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Galaxy durante su desarrollo hasta madurez comercial.

4.3. Comportamiento del Etileno, Tasa de Respiración e índices de madurez en guarda en manzanas expuestas y no expuestas a la radiación solar directa

La siguiente figura (4.3.1.1) mostró el comportamiento del etileno al momento de guarda, desde cosecha hasta 150 días postcosecha durante almacenaje en frío convencional (FC). Este grafico mostró que en ambos tratamientos las fluctuaciones en la tasa de producción de etileno no hubo diferencias estadísticas las cuales no nos demuestran algún efecto de la exposición de la fruta y su posterior guarda en almacenaje (FC).

4.3.1 Tasa de Producción de Etileno

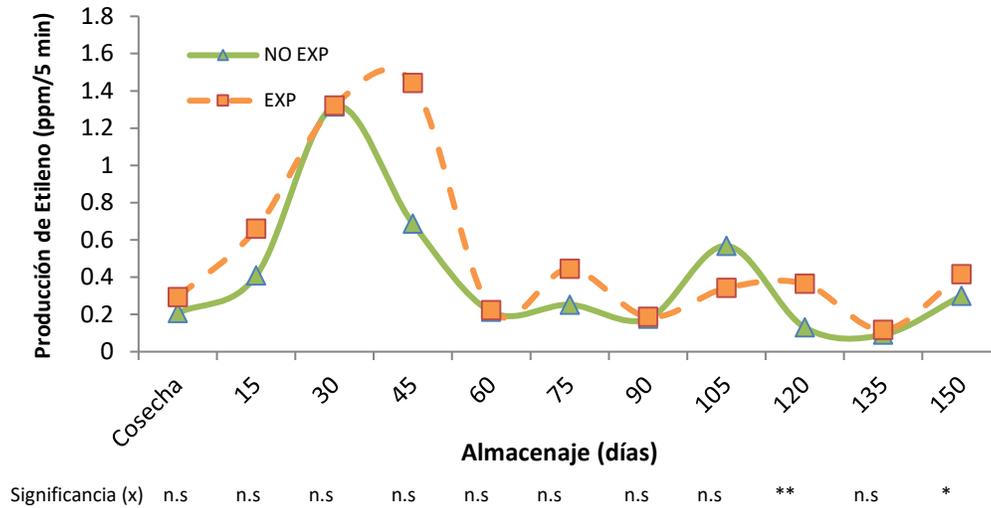


Figura 4.3.1.1: Tasa de producción de etileno (TPE; ppm/5min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y fruto expuesto (EXP) del cv. Cripps Pink durante su almacenaje en frío convencional (FC).

La producción de etileno (figura 4.3.1.2) fue mayor en casi todo el periodo en la fruta expuesta que la no expuesta, demostrándonos que la fruta expuesta posee un mayor metabolismo que fruta no expuesta. A pesar de que las evaluaciones no fueron las adecuadas para evidenciar una curva representativa, según autores como Gil (2001), Kays (1997).

Hay antecedentes de que la degradación del almidón por si solo sería un buen indicador de la evolución del etileno (Zoffoli, 1997a) sin embargo, las características óptimas de calidad para la fruta NO-EXP no se cumplen, como el color de cubrimiento.

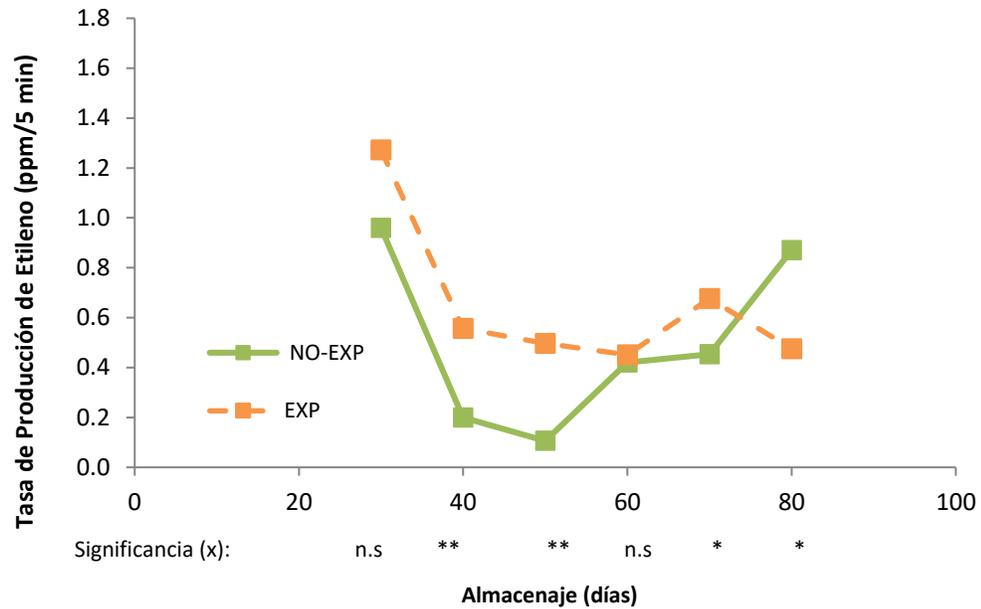


Figura 4.3.1.2: Tasa de producción de etileno (TPE; ppm/5min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Galaxy cosecha 1 durante su almacenaje en frío convencional.

La figura 4.3.1.3 exhibe que durante al almacenaje no hubieron mayoritariamente diferencias entre los tratamientos, excepto los días 50 y 80 de almacenaje que mostraron diferencias altamente significativas.

La producción endógena de etileno puede variar mucho entre variedades. En general, las variedades de temporada temprana tienen tasas de producción de etileno altas y maduran rápidamente, mientras que las de temporada tardía tienen tasas de producción de etileno bajas y maduran lentamente (Saltveit, 2016).

En general, las variedades tempranas tienen tasas de respiración altas, mientras que las variedades tardías tienen tasas de respiración bajas (Saltveit, 2016). La tasa de respiración de la fruta se ve afectada directamente por la temperatura, y el climaterio respiratorio se suprime con temperaturas de almacenamiento por debajo de 10 ° C. Las temperaturas más bajas para el almacenamiento deben estar por encima de la congelación y por encima de aquellas que se desarrollará una lesión por frío (Saltveit, 2016).

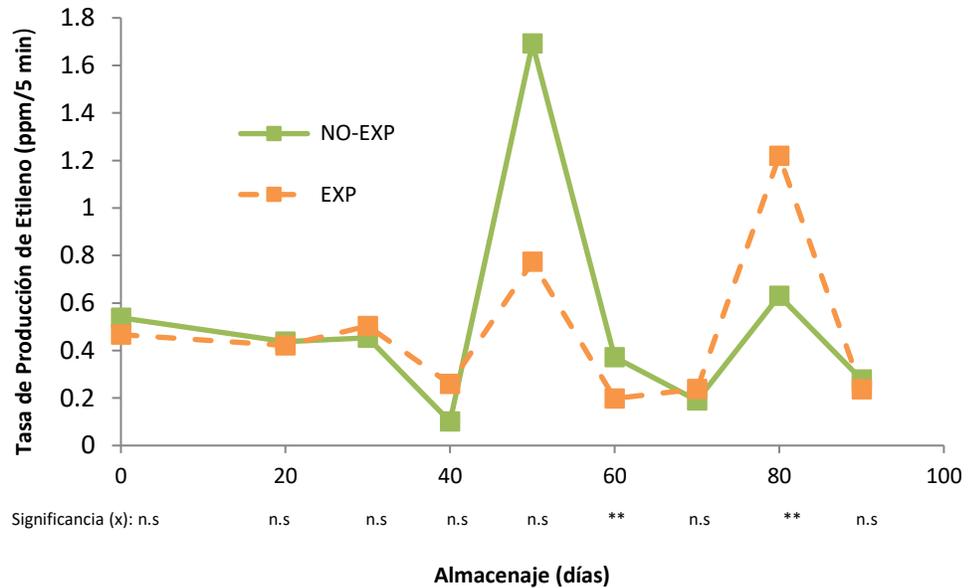


Figura 4.3.1.3: Tasa de producción de etileno (TPE; ppm/5min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy cosecha 2 durante su almacenaje en frío convencional.

En la tercera cosecha (figura 4.3.1.4) la producción de etileno evidenció altas diferencias significativas entre tratamientos en las mayorías de los días en almacenaje postcosecha. Desde los 40 días de almacenaje hasta los 90 días la fruta expuesta a la radiación solar tuvo diferencias con la fruta no expuesta a la radiación solar. Según Jorquera (2000), en el cultivar Royal Gala, la tasa de producción de etileno (TPE) fue afectada significativamente por la época de cosecha, el sistema de almacenaje y la interacción de ambos factores y que según el sistema de almacenaje en frío convencional (FC) la fruta mostró valores crecientes de este índice, desde la primera evaluación.

Si bien la producción de etileno se considera el único indicador fisiológico de la madurez de la manzana, la fruta de algunas variedades y regiones de cultivo a menudo se cosecha mucho antes de que se produzca la producción de etileno autocatalítico, y por lo tanto esta medición es comercialmente irrelevante (Saltveit, 2016). Sin embargo, en algunas regiones el etileno se usa para determinar cuándo las frutas son demasiado maduras para ser candidatas para el almacenamiento a largo plazo. En general, se reconoce que ningún índice de madurez único es apropiado para todas las variedades los productores han aprendido a confiar en una combinación de índices (Saltveit, 2016).

Otros índices, como la firmeza de la pulpa y el contenido de sólidos solubles, son indicadores de calidad en lugar de indicadores de madurez, ya que están muy influenciados por factores del huerto, por ejemplo, la exposición de la fruta a la luz. Durante la temporada de precosecha, la firmeza disminuye y el contenido de azúcar continúa aumentando. Sin embargo, estos indicadores de calidad proporcionan información que puede ser importante para el rendimiento de la fruta en almacenamiento. Ambos índices se utilizan cada vez más en el mercado como criterios de calidad por parte de los mayoristas, especialmente en Europa (Saltveit, 2016).

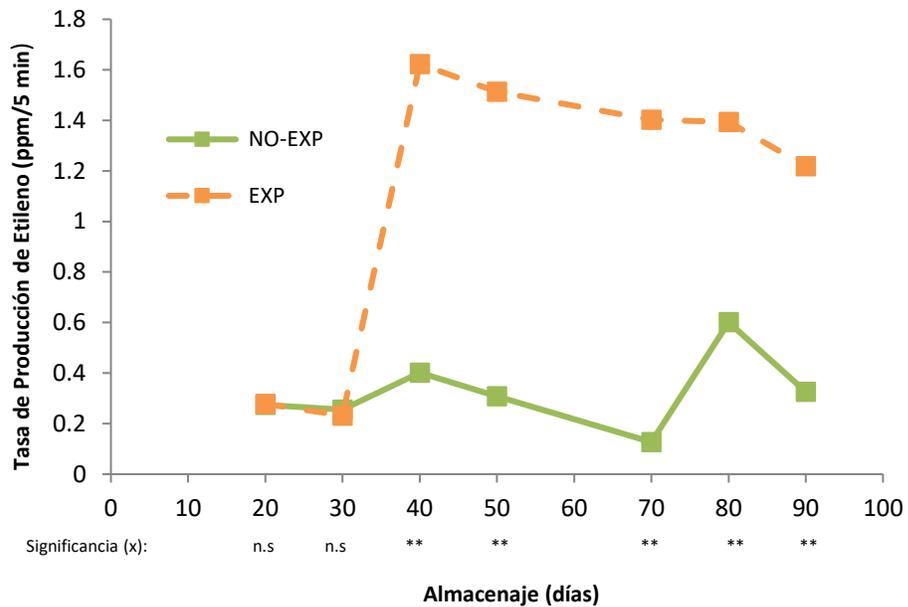


Figura 4.3.1.4: Tasa de producción de etileno (TPE; ppm/5min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy cosecha 3 durante su almacenaje en frío convencional.

4.3.2 Concentración Interna de Etileno

Con respecto a la figura 4.3.2.1 la concentración interna de etileno mostró altas diferencias significativas que demuestran un metabolismo diferente entre fruta expuesta a la radiación directa con fruta no expuesta a la radiación directa. Si bien la fruta estaba almacenada en frío convencional, no es la mejor manera de preservar la fruta para un almacenaje prolongado, ya que debería estar en atmósfera controlada (Saltveit, 2016, Gil, 2012) debido a sus características de bajo oxígeno dando las condiciones que la fruta no permita realizar su metabolismo adecuadamente.

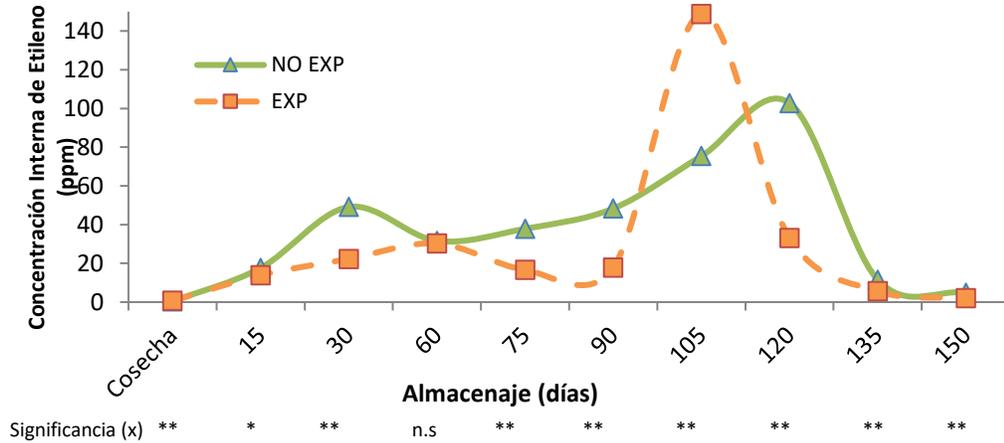


Figura 4.3.2.1: Concentración Interna de Etileno (CIE; ppm/5min) en fruto no expuesto (NO-EXP) y fruto expuesto (EXP) del cv. Cripps Pink durante su almacenaje en frío convencional (FC).

Con respecto a la Concentración Interna de Etileno (CIE) en el cultivar Galaxy, la fruta no expuesta se mantuvo menor con respecto a la fruta expuesta durante la guarda, aunque no siempre estadísticamente diferente (figura 4.3.2.2). A pesar del tipo de almacenaje en frío convencional vimos un alza en la concentración interna de etileno, posiblemente a la apertura y cierre frecuente de la cámara de frío debido a estar en constante monitoreo de fruta no perteneciente a esta evaluación. Permitiendo entrar oxígeno a la cámara.

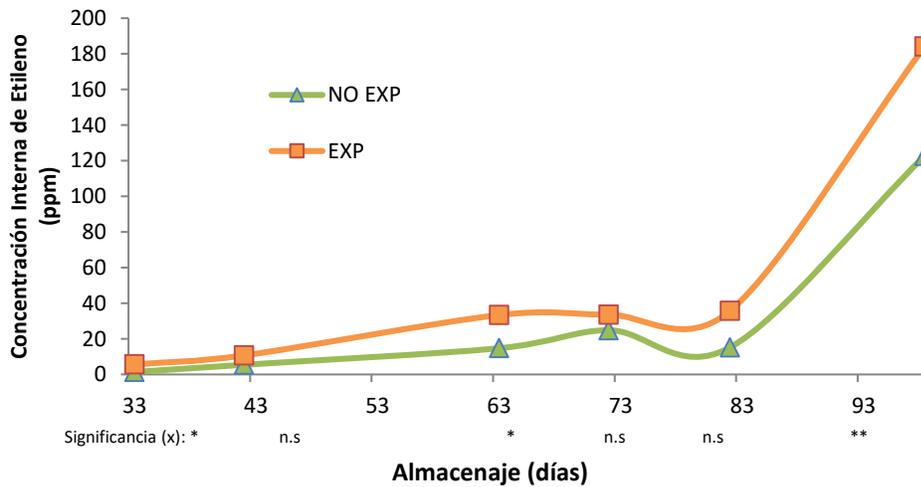


Figura 4.3.2.2: Concentración interna de etileno (CIE; ppm/5min) en frutos no expuestos (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy cosecha 1 durante su almacenaje en frío convencional.

La figura 4.3.2.3 evidencia poca diferencias entre tratamientos, excepto en los días 1, 19 y 75 donde hubo diferencias altamente significativas entre fruta expuesta y fruta no expuesta. Sin embargo, fruta EXP y fruta NO-EXP mostraron un alza en la concentración interna de etileno a medida que avanzaban los días de almacenaje. Al igual que la figura 4.3.2.2, la concentración aumento hacia el final de las evaluaciones, posiblemente por la maduración avanzada de la fruta, portas a la senescencia.

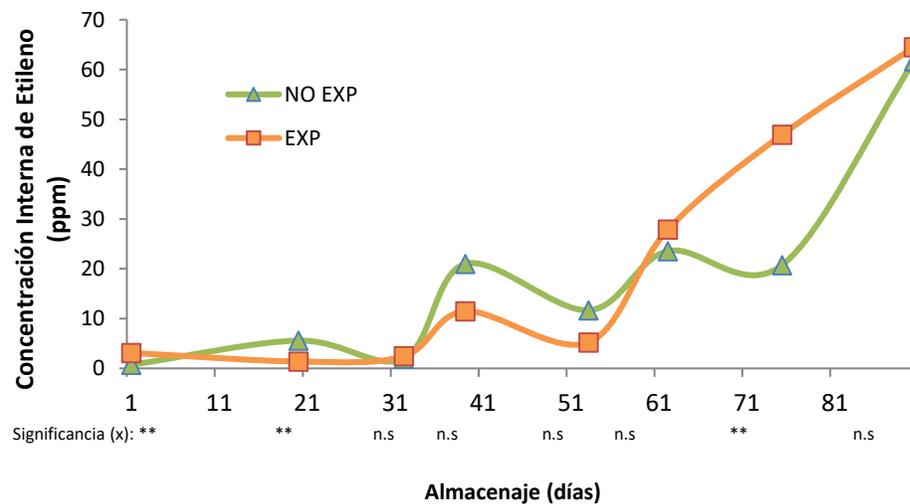


Figura 4.3.2.3: Concentración interna de etileno (CIE; ppm/5min) en frutos no expuestos (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy cosecha 2 durante su almacenaje en frio convencional.

La concentración interna de etileno (CIE) en la figura 4.3.2.4 enseñó la falta de diferencias entre tratamientos debido que esta fruta fue la que se cosechó en última instancia, y todo el árbol poseía frutos con similares cualidades que le otorgaban aptitudes de una cosecha de barrido. Según Dilley (1981, 1985) en términos fisiológicos, la CIE óptima para un máximo potencial de almacenaje es entre 0,1 y 0,5 ppm, pero también se podría esperar un almacenaje adecuado entre 0,5 y 1,0 ppm, condición que se cumple para cosecha 1 NO-EXP y cosecha 2 NO-EXP.

Actualmente, el contenido de almidón es uno de los indicadores de madurez más usado en la industria comercial de manzanas para determinar el momento de cosecha (Drake et al, 2002), sin embargo está comprobado, en estudios anteriores (Herrera, 2005 y Bravo, 2004) que éste se degrada rápidamente en almacenaje.

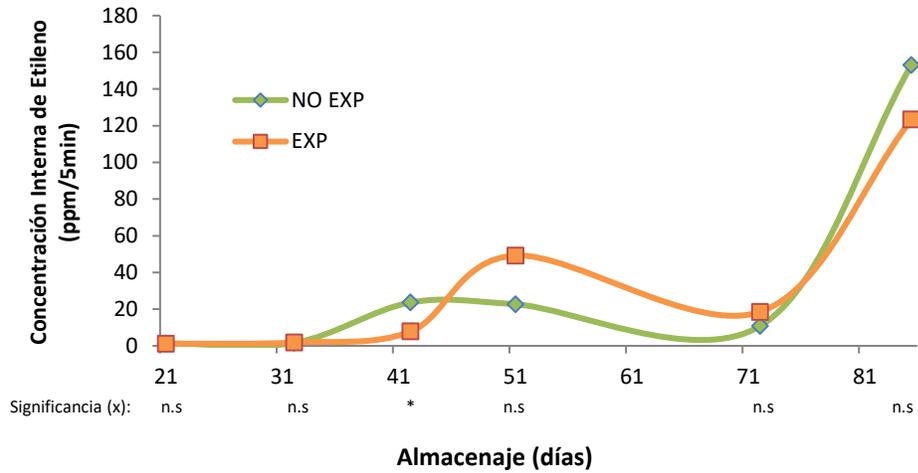


Figura 4.3.2.4: Concentración Interna de Etileno (CIE; ppm/5min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Galaxy cosecha 3 durante su almacenaje en frío convencional.

4.3.3 Tasa Respiratoria

La tasa respiratoria de los frutos durante el almacenaje en frío convencional (FC) se obtuvieron diferencias altamente significativas en la figura 4.3.3.1 entre tratamientos (EXP y NO-EXP), lo cual nos dice que fruta expuesta a la radiación y fruta no expuesta directamente se expresan metabólicamente distintos, cabe destacar que los frutos expuestos poseen mayor tasa respiratoria que frutos no expuestos (Torres, *et al* 2013)

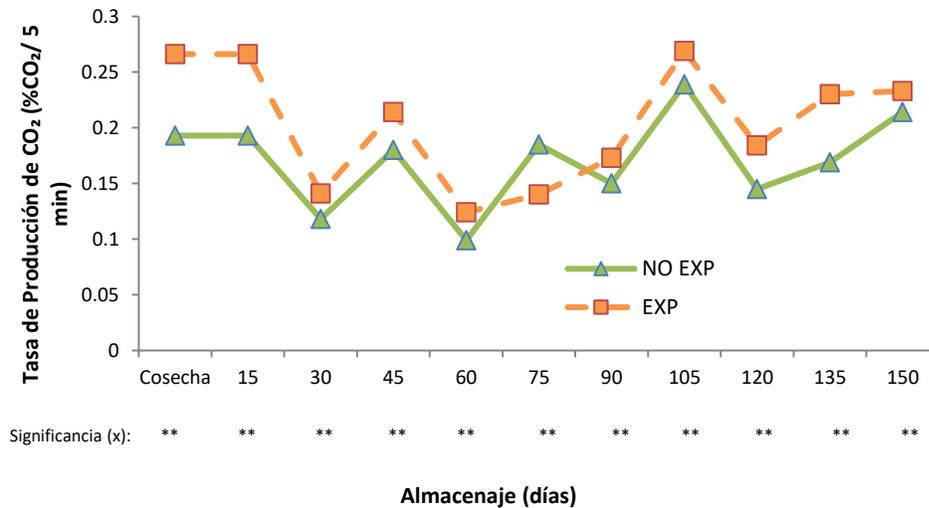


Figura 4.3.3.1: Tasa Respiratoria de CO₂ (% CO₂/5 min) en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Cripps Pink durante su almacenaje en frío convencional (FC).

El comportamiento de la tasa de producción de O₂ mayoritariamente la fruta expuesta estuvo sobre la fruta no expuesta en figura 4.3.3.2 en 33 días de almacenaje sin diferencias altamente significativas y en los días 82 y 98 de almacenaje con diferencias significativas entre tratamientos. En cambio la tasa de producción de CO₂ los días 42, 63 y 82 hubo diferencias altamente significativas, y a los 98 días de almacenaje diferencias significativas, que nos arrojaron un metabolismo mayor en fruta expuesta que en fruta no expuesta (Saltveit, 2016)

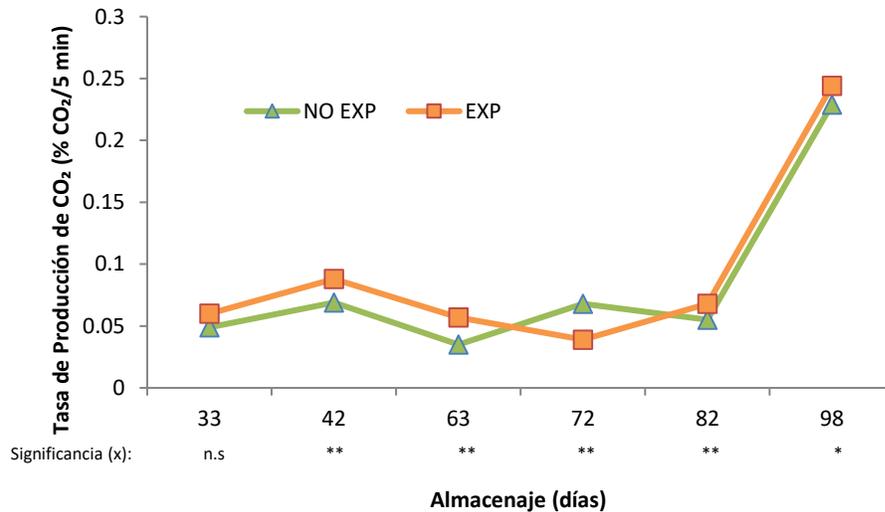


Figura 4.3.3.2: Tasa Respiratoria de CO₂ (% CO₂/5 min) en frutos no expuestos (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy cosecha 1 durante su almacenaje en frío convencional.

En general, la vida de almacenamiento de los productos varía inversamente con la frecuencia respiratoria (Saltveit, 2016). Este se debe a que la respiración suministra compuestos que determinan la velocidad de los procesos metabólicos directamente relacionados con parámetros de calidad, como la firmeza, el contenido de azúcar, el aroma y el sabor. Los productos básicos y los cultivares con mayores tasas de respiración tienden a tener una vida de almacenamiento más corta que aquellos con tasas de respiración más bajas, la manzanas es considerada una fruta con tasa de respiración baja (5 a 10 mg CO₂/Kg-hr (Saltveit, 2016). La respiración se ve afectada por una amplia gama de factores ambientales que incluyen la luz, el estrés químico (por ejemplo, fumigantes), el estrés por radiación, el estrés hídrico, los reguladores del crecimiento y el ataque de patógenos (Saltveit, 2016). Los factores postcosecha más importantes son la temperatura, la composición atmosférica y estrés físico (Saltveit, 2016), lo que en la figura 4.3.3.3 pudo haber pasado, en la composición atmosférica por apertura y cierre frecuente de la cámara de almacenaje, entrando oxígeno a ella. El factor más importante que afecta la vida postcosecha es la temperatura, porque la temperatura tiene un efecto profundo en

las tasas de reacciones biológicas (Saltveit, 2016). En general, existe una relación inversa entre las tasas de respiración y la vida poscosecha de productos frescos. Cuanto más alta es la frecuencia respiratoria, más precedero suele ser el producto (Saltveit, 2016.)

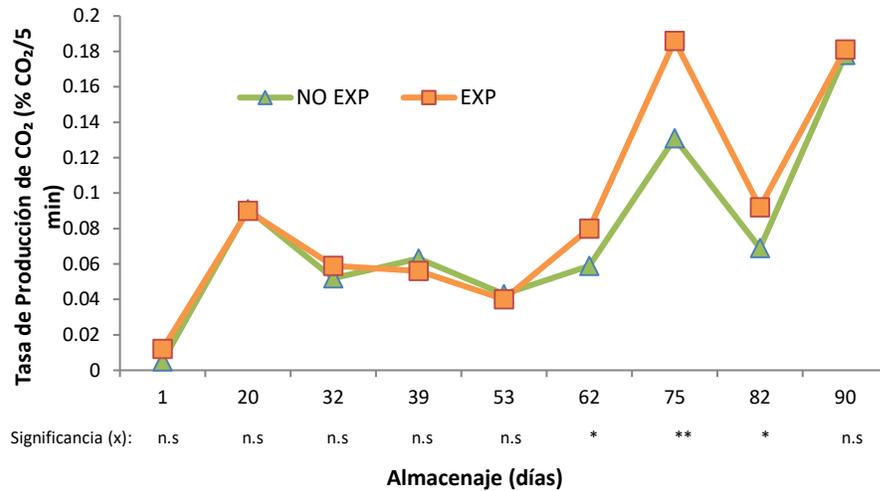


Figura 4.3.3.3: Tasa respiratoria de CO₂ (% CO₂/5 min) en frutos no expuestos (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy cosecha 2 durante su almacenaje en frío convencional.

Con respecto a la respiración el grafico de la tasa de producción de CO₂ en la figura 4.3.3.4 solo mostró diferencias significativas al final del periodo de almacenaje, dando que la fruta expuesta estuvo sobre la fruta no expuesta, con un mayor metabolismo, lo cual se evidencia en el estado de madurez según los índices principales, sobre todo en el color de cubrimiento y sólidos solubles (Saltveit, 2016; Gil, 2012, Kays 1997),

La respiración desempeña un papel importante en la vida posterior a la cosecha de productos frescos porque refleja la actividad metabólica del tejido que también incluye la síntesis de nuevos compuestos y la liberación de energía térmica (Saltveit, 2016).

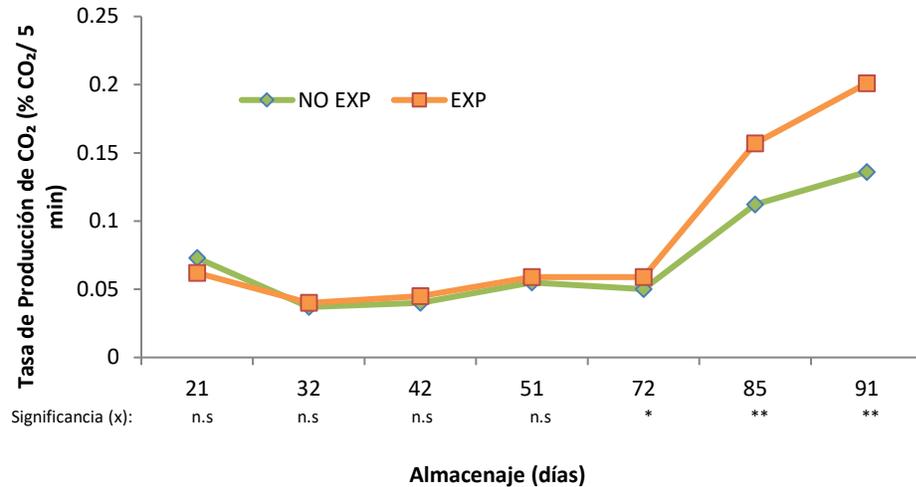


Figura 4.3.3.4: Tasa respiratoria de CO₂ (% CO₂/5 min) en frutos no expuestos (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy cosecha 3 durante su almacenaje en frío convencional.

4.3.4 Índices de Madurez

El cuadro 4.3.4.1 representa los índices de madurez del cv Cripps Pink durante su almacenaje en frío convencional, los cuales fueron diferencias significativas en gran parte de ellos, tal como, color de cubrimiento, mostró una diferencia entre tratamientos de frutos expuestos sobre los frutos no expuestos, esto nos permite con gran certeza, que la fruta debe tener a cosecha un buen porcentaje de color ya que en postcosecha no hay una evolución positiva (GIL, 2001). En cambio el color de fondo, a pesar de las diferencias entre tratamientos, hay un evolución de color verde (1) a amarillo (4) durante el almacenaje. Con respecto al peso de los frutos no hubo diferencias significativas durante el mayor tiempo de almacenaje, excepto 135 y 150 días postguarda donde la fruta ya comienza a deshidratarse y con mucha más relevancia en frutos expuestos que en frutos no expuestos (cuadro 4.3.4.1). Los sólidos solubles mostraron diferencias entre tratamientos hasta los 90 días postcosecha. En lo que respecta a la firmeza de la pulpa, en tanto, demostró que en fruta expuesta y no expuesta es constante la disminución de firmeza a medida que pasan los días postcosecha dio a conocer en su mayoría diferencias significativas entre tratamientos. Por otro lado, en la degradación de almidón no obtuvimos diferencias significativas en la mayoría del tiempo de almacenamiento, pero ambos tratamientos llegaron a su máximo a los 90 días postcosecha.

Cuadro 4.3.4.1: Índices de madurez en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Cripps Pink durante su almacenaje en frío convencional (FC).

Índices de Madurez	Tratamiento	Almacenaje (días)										
		COSECHA	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
Peso	NO EXP	217,3	225,6	229,1	222,7	204,5	209,7	215,3	227,7	220,1	232,3	230,8
	EXP	210,5	224,9	216,2	211,8	192,3	218,7	224,1	217,9	210,8	206,2	192,6
Significancia		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	*	**
Firmeza	NO EXP	17	17,7	17,4	17,4	16,8	15,4	15,9	15	15	13,9	14,4
	EXP	19,6	18,8	18,7	18,8	17,7	16,5	15,6	15,3	15,6	15,9	15,3
Significancia		**	*	*	**	*	*	n.s	n.s	n.s	**	n.s
Color Fondo	NO EXP	1	1	2	1,5	1	2	2,2	2	2,8	4	2,8
	EXP	1	2,1	3	2,5	2,9	3,2	3,9	3,7	4	4	4
Significancia		n/s	*	n/s	**	**	n.s	**	**	**	n.s	**
Color Cubrimiento	NO EXP	4,4	22,9	25,6	24,8	34,2	14	32,1	32,5	32,1	11,9	13,1
	EXP	93,8	93,7	92,3	97,1	90,8	95,2	88,8	90,8	89,8	92,9	93,3
Significancia		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Sólidos Solubles	NO EXP	12,8	13,2	13,1	13,4	12,8	13,8	13,4	12,9	13,3	13,3	13,3
	EXP	13,2	15	15,1	14,9	14,4	14,7	15	12,8	13,5	14	15,5
Significancia		n/s	**	**	**	**	**	**	n.s	n.s	n.s	**
Almidón	NO EXP	3,8	6,4	8,3	7,7	9	9,2	10	10	10	10	10
	EXP	5,2	6,7	7,5	8,1	8,8	8,4	10	10	10	10	10
Significancia		*	n.s	**	n/s	n.s	**	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

El comportamiento de los principales índices de madurez en el cuadro 4.3.4.2 en almacenaje mostró desigualdades en color de cubrimiento, entre fruta expuesta y no expuesta, en 42, 72 y 98 días de almacenaje hubo diferencias altamente significativas, mientras que en los días 63 y 82 de almacenaje hubo diferencias significativas de color entre tratamientos (cuadro 4.3.4.2). Los sólidos solubles también mostraron disparidad entre tratamientos, en los días 33, 42, 82 y 98 manifestó diferencias altamente significativas, en cambio, los días 63 y 72 evidencia diferencias significativas entre fruta expuesta y fruta no expuesta. Con respecto a la firmeza en ambos tratamientos hubo una drástica caída en su almacenaje, lo cual limitaría el potencial de guarda en FC, siendo aquella fruta cosechada más tarde la más afectada por el ablandamiento (Olsen, 1987; Cooper, 1981; Kupferman, 1994) llegando a valores de 12,5 lb NO-EXP y 13,8 lb EXP al final de periodo, muy por debajo de lo requerido para embarque de 15-16 lb (Asociación de Exportadores de Chile, 2010).

Cuadro 4.3.4.2: Índices de madurez en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Galaxy cosecha 1 durante su almacenaje en frío convencional (FC).

Índices de Madurez	Tratamiento	Almacenaje (días)					
		33	42	63	72	82	98
Peso	NO EXP	194,6	199,7	201,7	197,5	216,1	193,2
	EXP	191,6	209,8	191,8	205,2	214,1	197,8
Significancia		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Firmeza	NO EXP	15	14,7	13,4	13,1	13,4	12,5
	EXP	14,7	14,6	13,8	13,4	14,1	13,8
Significancia		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	*
Color Fondo	NO EXP	3,3	3,7	3,5	2,9	3,7	4
	EXP	3,4	3,9	3,9	4	3,9	4
Significancia		n.s	n.s	n.s	**	n.s	n.s
Color Cubrimiento	NO EXP	55,4	56,7	58,8	60	63,3	58,1
	EXP	67,5	80,4	72,5	71,7	77,5	80
Significancia		n.s	**	*	**	*	**
Sólidos Solubles	NO EXP	12,8	13,5	13,2	13,5	13,4	13,1
	EXP	14,3	14,4	13,7	14,7	14,2	14,6
Significancia		**	**	*	*	**	**
Almidón	NO EXP	8,4	9,3	10	10	10	10
	EXP	8,9	9,3	10	10	10	10
Significancia		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

El desarrollo de madurez en frutos climactericos está estrechamente asociado a la producción de etileno. Durante el proceso de maduración se producen una serie de cambios metabólicos que se manifiestan en el incremento del contenido de sólidos solubles, degradación de clorofila, síntesis de antocianinas en la piel, ente otros (Gussman *et al.*, 1993; Salveit, 1999).

Al respecto con los índices de madurez en el cuadro 4.3.4.3 es importante destacar que la firmeza al momento de cosecha no es la mejor para un fruta que se quiera almacenar por varios meses y el tipo de almacenaje no es el más adecuado para conservarla, según Abeles (1992) un almacenaje en Atmosfera Controlada (AC) la fruta mantiene sus características organolépticas por más tiempo, no madurando tan rápido como en Frío Convencional (FC), ya que se ha restringido su oxígeno inhibiendo la producción de etileno.

La firmeza de la pulpa tiene gran importancia dado que es el índice que definirá el destino de la fruta. Esto ya que al incrementarse el ablandamiento, se reduce la vida de postcosecha del fruto, siendo más susceptible a daños por manipulación y a desordenes fisiológicos (Gil y Zoffoli, 1989)

Cuadro 4.3.4.3: Índices de madurez en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuesto (EXP) del cv. Galaxy cosecha 2 durante su almacenaje en frío convencional (FC).

Índices de Madurez	Tratamiento	Almacenaje (días)								
		1	20	32	39	53	62	75	82	90
Peso	NO EXP	217,6	210	204,2	223,9	196,2	199,5	211	217,6	216,3
	EXP	212,3	198,7	195,8	188,8	190	183,3	187,2	193,9	201,2
Significancia		n.s	n.s	n.s	**	n.s	n.s	*	*	*
Firmeza	NO EXP	13,9	14,4	14,9	13,5	14,1	12,8	13,8	13	12,8
	EXP	15,8	15,4	14,7	14,3	13,7	13,6	12,9	13,5	11,7
Significancia		n.s	*	n.s						
Color Fondo	NO EXP	3,7	3,3	4	4	3,9	3,7	4	4	3,9
	EXP	3,5	3,7	4	3,9	4	4	4	4	4
Significancia		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Color Cubrimiento	NO EXP	82,9	63,8	74,2	73,8	59,6	60,4	63,8	65	78,3
	EXP	72,9	76,3	77,9	83,8	82,9	77,1	69,2	86	65,8
Significancia		n.s	n.s	n.s	n.s	**	**	n.s	*	n.s
Sólidos Solubles	NO EXP	13	14,1	13,1	14	13,5	14,1	14,2	14,3	13,4
	EXP	13,5	13,1	13,7	14,2	13	14	13,8	13,8	13
Significancia		n.s	**	n.s						
Almidón	NO EXP	7,9	9,4	8,8	10	10	10	10	10	10
	EXP	9	9	9,6	10	10	10	10	10	10
Significancia		**	n.s	*	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

Según Jorquera (2000) la concentración interna de etileno (CIE), está estrechamente relacionada con la degradación del almidón ($r=0,98$) y los sólidos solubles ($r=0,83$), significa que a medida que aumentó la CIE mayor fue el índice de almidón y los sólidos solubles y una relación indirecta con la firmeza ($r=-0,85$) que a mayor CIE menor fue la firmeza de la fruta durante los días de almacenaje en frío convencional. Jorquera (2000) también uso tres cosechas diferentes y evidencio en los índices de madurez que a medida que la cosecha es más tardía las características óptimas de madurez comercial se desvanecían. Por lo señalado, si el objetivo es la conservación por largo periodo (> 6 meses), la evolución en firmeza, sólidos solubles entre otros, confirma el inconveniente de cosechar en estados tardíos y almacenar en FC.

La duración del almacenamiento de las manzanas generalmente puede aumentarse cosechando frutas antes de que estén completamente maduras, pero las características de

calidad tales como el sabor varietal disminuyen a medida que aumenta la inmadurez en la cosecha. Las frutas cosechadas temprano para el almacenamiento a largo plazo (6 a 12 meses) tienden a tener menos sabor que los permitieron madurar más en el árbol pero son aceptables si los requisitos mínimos de sabor se cumplen junto con una buena textura (Saltveit, 2016)

La producción de etileno y las fechas óptimas de cosecha pueden ser deficientes, y el momento o la presencia de una mayor producción de etileno es una función del cultivar. Factores tales como, el lugar crecimiento, la variedad de cultivar, las condiciones de la estación de crecimiento y la nutrición se ven muy afectadas dentro de un cultivar (Watkins 2003). Por lo tanto, la producción de etileno puede no ser relevante para determinar la cosecha de algunos cultivares (Saltveit, 2016)

El cuadro 4.3.4.4 expone que gran parte de los índices mostraron que ya no había diferencias mayores entre un tratamiento y otro durante el almacenaje exceptuando algunos puntos como sólidos solubles en los primeros muestreos del almacenaje, en cambio los otros índices mostraron en su mayoría no significancia. Los cambios en la pigmentación del color de fondo casi en su totalidad no evidenciaron diferencias significativas (KAYS S. 1997).

Cuadro 4.3.4.4: Índices de Madurez en frutos no expuesto (NO-EXP) y frutos expuestos (EXP) del cv. Galaxy cosecha 3 durante su almacenaje en frío convencional.

Índices de Madurez	Tratamiento	Almacenaje (días)						
		21	32	42	51	72	85	91
Peso	NO EXP	172,5	163,6	168,9	168,8	182	154,1	154,7
	EXP	177,3	201,1	170,8	165,6	178,3	175,3	170,9
Significancia		n.s	**	n.s	n.s	n.s	*	n.s
Firmeza	NO EXP	14,3	15	14	13,7	12,7	12,7	13,4
	EXP	15	15,4	15,1	14,3	13,3	13,2	12,9
Significancia		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Color Fondo	NO EXP	4	3,9	4	3,1	3,7	3,8	4
	EXP	4	4	4	3,9	3,8	4	4
Significancia		n.s	n.s	n.s	**	n.s	n.s	n.s
Color	NO EXP	66,7	65,4	46	55	75	69,4	55
	EXP	96,3	80	75,8	76,3	80,4	84	72,3
Significancia		**	n.s	**	*	n.s	*	**
Sólidos Solubles	NO EXP	12,5	12,3	12,9	13,4	12,8	12,3	12,3
	EXP	14,6	13,9	14,7	13,2	13,8	13,8	13,7
Significancia		**	**	n.s	n.s	n.s	*	*
Almidón	NO EXP	9,4	9,1	6,4	10	10	10	10
	EXP	9,5	8,9	9,5	10	10	10	10
Significancia		n.s	n.s	**	n.s	n.s	n.s	n.s

5. CONCLUSIONES

La fecha de cosecha es relevante para determinar el tiempo de almacenaje, fruta que se cosecha al floreo (fruta expuesta) posee una mayor actividad metabólica (producción de etileno y respiración) que fruta no expuesta a la radiación solar directa, por lo tanto, esta fruta posee características de madurez que no le permitirían un almacenaje tan prolongado como fruta no expuesta, pero con mejores características organolépticas.

Cultivares de cosecha temprana, como es el caso de Galaxy se diferencian con cultivares de cosecha tardía, como Cripps Pink en su metabolismo (producción de etileno y respiración), lo cual tendría directa incidencia en las diferencias organolépticas y diferentes tiempos de almacenaje.

Fruta expuesta (EXP) y fruta no expuesta (NO-EXP), independiente el cultivar, deben cosecharse en tiempos diferentes para maximizar el tiempo de almacenaje, no se recomienda cosecha de barrido.

Métodos no destructivos de medición de etileno y respiración son óptimos para averiguar el proceso de maduración en el árbol, estado de madurez en precosecha y postcosecha en manzana.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ABELES, F.B., P. W. MORGAN and M. E. SALTVEIT Jr. 1992. Ethylene in plant biology. 2 ed. San Diego, CA, Academic Press. 414 p.
- ANTUNES M. and SFAKIOTAKIS, E. 2000. Effect of high temperature stress on ethylene biosynthesis, respiration and ripening of 'Hayward' kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*. 20: 251.259.
- BASTIAS, R. 1999. Golpe de sol en manzanos: estudio de factores inductores y algunas medidas de control. Tesis Ing. Agr. Universidad de Talca, Chile. 64 p.
- BERGH, O., FRANKEN. J., VANZYL, E., KLOPPERS, F. and DEMPERS, A. 1980. Sunburn on apples: preliminary results of an investigation conducted during the 1978/79 season. *The Deciduous Fruit Grower*, January: 8-22.
- BRAVO C. 2004. Evolución de madurez en pre y postcosecha de Manzanas cv. Pink Lady Memoria de Título, Ing. Agr. Escuela de Agronomía . Universidad de Talca. 35 pp.
- BOTH V., THEWES F., BRACKMANN A., FERREIRA D., PAVANELLO E. and WAGNER R. 2016. Effect of low oxygen conditioning and ultralow oxygen storage on the volatile profile, ethylene production and respiration rate of 'Royal Gala' apples. *Scientia Horticulturae*. 209:156-164.
- BULENS, I., VAN DE POEL, B., HERTOOG, M. GEERAERD, A., and NICOLAI, B. 2011. Protocol: an updated integrated methodology for analysis of metabolites and enzyme activities of ethylene biosynthesis. *Plant Methods*. 7:17.
- CALVO G., CANDAN A. Tendencias para la conservación de frutas de pepita. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha [en línea]* 2012, 13 (Sin mes): [Fecha de consulta: 16 de noviembre de 2017] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81325441007>>
- CALVO G., CANDAN A., GOMILA T. y VILLAREAL P. 2008. Cripp's Pink: Investigación regional sobre el comportamiento de la variedad en cosecha y poscosecha. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle, Centro Regional Patagonia Norte e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Rio Negro, Argentina. 69 p.

- CAMPBELL, J. 2002. Apple variety Pink Lady (Cripps Pink). NSW Agriculture. Disponible en: <http://www.aric.nsw.gov.au/reader/11123>.
- COOPER, T. 1985. Factores de madurez, Bitter Pit y Daños Mecánicos en Manzanas Granny Smith. Rev. Fruticola. 3 : 100-101.
- CRIPPS, J.E.L, RICHARDS, L.A y A.M. MAIRATA. 1993. Pink Lady Apple. HortScience 28:1057.
- DILLEY, D. R. 1981. Harvested timing viewed differently by scientist. Good Fruit Grower.
- DILLEY, D.R y C. L. DILLEY. 1985. New technology for analyzing ethylene and determining the onset of the ethylene climacteric of apples, in controlled atmospheres for storage and transport of perishable agricultural commodities. Blankship S.M. (ed.). Proc. 4th Nat. Cont. Atm. Res. Conf. Pp 352-362.
- DILLEY, D. R. y DILLEY, C. L. 1985. New Technology for Analyzing ethylene and Determining the onset of the ethylene climacteric of apples. In Controlled Atmospheres for Storage and transport of Perishable Agricultural Commodities. Blankship S. m. (ED.). Proc. 4th. Nat. Cont. Atm. Res. Conf. Pp. 352-362.
- DILLEY, D.R. 1980. Assessing fruit and ripening and techniques to delay ripening in storage. Annual Report of the Michigan State Horticultural Society. 110:132-146.
- DILLEY, D.R y DILLEY, C.L. 1985. New Technology for Analyzing ethylene and Determining the onset of the ethylene climacteric of apples. In controlled Atmospheres for Storage and transport of perishable Agricultural Commodities. Blankship S.M. (ed.). Proc. 4th. Nat. Cont. Atm. Res. Conf. Pp. 352-362.
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), 2014 (en línea). Faostat cultivos Chile. Consultado el 2 de Agosto de 2017. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> .
- FEIPPE, A., 2003. Evaluación de la madurez de manzana sobre la base del contenido y degradación de almidón (Test de Yodo). Instituto Nacional de Investigación Agraria Uruguay.

- FERREE D.C., WARRINGTON I.J., 2003. Apples: Botany, production and uses. Massey University, New Zealand. CABI Publishing. 660 p.
- FLORKOWSKI W., SHEWFELT R., BRUECKNER B., PRUSSIA S. 2009. Postharvest Handling, A Systems Approach. Segunda Edición. Burlington, EEUU. Academic Press. 615 p.
- GIL-ALBERT, V. 1991. Hormonas Vegetales. En: Fisiología Vegetal. 1992. Salisbury y Ross. Grupo Editorial Iberoamericana. 759 p.
- GIL, G. y ZOFFOLI, J. 1989. Madurez de consumo de peras. Revista frutícola. Volumen 10. 14-16 p.
- GIL, G., 2004. Fruticultura: Madurez de la fruta y postcosecha. Frutas de clima templado y subtropical y uva de vino. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- GIL G. 2012. Fruticultura. La producción de Fruta, Frutas de Climas Templado y Subtropical. Tercera Edición. Santiago, Chile. Ediciones UC. 643 p.
- GIL G. 2012. Fruticultura, Madurez de la fruta y Manejo Poscosecha. Tercera Edición. Santiago de Chile. Ediciones UC. 493 p.
- GIL G. 1999. Fruticultura. El Potencial Productivo, Crecimiento Vegetativo y Diseño de Huertos y Viñedos. Tercera Edición. Santiago, Chile. Ediciones UC. 342 p.
- GIL, G. 2001. Fruticultura, Madurez de la fruta y manejo poscosecha. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. Capítulo 3.2 Peras. 119-134 p.
- GIL, G. 2001. Fruticultura, Madurez de la fruta y manejo poscosecha. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 413 p.
- GIL G. 2012. Fruticultura. Madurez de la Fruta y Manejo Poscosecha, Frutas de Climas Templado y Subtropical. Tercera Edición Actualizada. Santiago, Chile. Ediciones UC. 493 p.
- GIL, G Y ZOFFOLI, J. P. 1989. Madurez de consumo de peras. Rev. Frutícola. 10 : 14-16.

- GUSSMAN, C., GOFFREDA, J.C. y GIANFAGNA, T. J. 1993. Ethylene Production and Fruit-softening Rates in Several Apple Fruit Ripening Variants. *HortScience*, 28(2): 135-137.
- HERRERA M. C. 2005. Efecto de la época de cosecha, sistema de almacenaje y 1-mcp sobre la evolución de madurez y presencia de alteraciones en manzanas cv. Pink Lady. Memoria de Título, Ing. Agr. Escuela de Agronomía. Universidad de Talca. 43 pp.
- JORQUERA OLIVARES, J. 2000. Estimación y validación de fecha óptima de cosecha en base a producción de etileno y comportamiento en almacenaje de manzanas cv. Royal Gala. Tesis de Grado. Talca. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias. 50 p.
- KADER. A. 1992. Biología y tecnología de postcosecha: Una revisión general. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Universidad de California. Publicación 3311.
- KAYS S. 1997. *Postharvest Physiology of Perishable Plant Products*. Exon Press Athens, GA. University of Georgia, Athens. 532 p.
- KIDD, F. and WEST, C. 1924. The course of respiratory activity throughout the life of an apple. In: annual report. Food Investigations Board. London, UK. 27-32 p.
- KUPFERMAN, E. 1994. Maturity and Storage of Apple varieties new to Washington State. *Tree Fruit Postharvest Journal*. 5 : 10-15.
- LARA, L., and VENDRELL, M. 2000. Development of ethylene-synthesizing capacity in preclimacteric apples: interaction between abscisic acid and ethylene. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 125: 505-5012.
- LARA, L., and VENDRELL, M. 2000. Changes in abscisic acid levels, ethylene biosynthesis, and protein patterns during fruit maturation of 'Granny Smith' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 125: 183-189.
- METTHEIS, J. and BUCHANAN D. (1998). Volatile compounds emitted by Gala apples following dynamic atmosphere storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 123: 426-432.

- MOYA M.A., MOGGIA. C y CORNEJO R. 2000. Efecto de 1 metilciclopropeno (1-MCP) sobre la maduración de manzana Braeburn. Talca, Chile. 91 p.
- NAVARRETE, G., REYES, M. S. 1988. Manejo de la Manzana en Atmósfera Controlada. Rev. Fruticola. 9:24 p.
- ODEPA Y CIREN. Catastro frutícola Región del Maule 2013. [en línea]. Disponible en: http://www.odepa.cl/wp-content/uploads/2012/09/catastro_Maule_junio2013.pdf
- ODEPA. Información de producción y superficie de manzanos [en línea]. Disponible en: <http://www.odepa.cl/superficie-de-frutales-por-region-2/>
- ODEPA (Oficina de Estudios y Política Agraria), 2016 (en línea). Superficie plantada nacional, regional, número de huertos e infraestructura frutícola. Consultado el 2 de Agosto de 2017. Disponible en <http://www.odepa.gob.cl/estadisticas/productivas/>.
- OLSEN, K. 1987. La Maduración de la Manzana. Rev. Fruticola 8 : 3-6.
- PORTMAN, A.J y G. WARD. 2000. Historial de Información Técnica. Variedad de Manzana: Cripps Pink. Pome Fruit Team, Horticultural Program, Agriculture Western Australia. Disponible en: www.postharvest.com.au.
- REID M. S., RHODES M. J. C., y HULME A. C.1973. Changes in Ethylene and CO₂ During the Ripening of Apples. Food Research Institute, Colney Lane, Norwich, NOR70F, England. 24, 971-979.
- SALISBURY, F. y ROSS, C. 1992. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana. 759 p.
- SALVEIT, R. L. 1999. Effect of Ethylene on Quality of Fresh Fruits and Vegetables. Posth. Biol. Technol. 15: 279-292.
- SALTVEIT, M. 2016. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Respiratory Metabolism. United States Department of Agriculture USDA. Mann Laboratory, Department of Vegetable Crops. University of California, Davis, CA. 792 p.
- SHEWFELT R. and PRUSSIA S. 1992. Postharvest Handling: a systems approach. Department of Food Science and Technology. University of Georgia. Griffin, Georgia. 358 p.

- SISLER, E. BLANKENSHIP, S., GUEST, M. 1990. Competition of cyclooctenes and cyclooctadienes for ethylene binding and activity in plants. *Plant Growth Regulation*.
- SOTOMAYOR, C. 2000. Variedades Modernas de Manzano para Chile. *Chile Agricola* 25 (243): 71-75.
- WHITE, P. J. 2002. Recent advances in Fruit Development and Ripening: An Overview. *J. Exp. Bot.* No. 377, 53:1995-2000.
- WILLS, R.B.H, McGLASSON, W.B., GRAHAM, D., HALL, L., and E.G., HALL.1989. *Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables*. New South Wales University Press. 3rd. Edition. Australia. 174 p.
- YOUNG, H., GILBERT, J.M., MURRAY, S.H., and DBALL. 1996. Causal Effects of Aroma Compounds on Royal Gala Apple Flavours. *J. Sci.Food Agri.* 71:329-336.
- TORRES C., SEPULVEDA A., GONZALEZ J., YURI J. y RAZMILIC I. 2013. Fruit water relations and osmoregulation on apples (*Malus domestica* Borkh.) with different sun exposures and sun-injury levels on the tree. *Scientia Horticulturae*. 161: 143-152.
- VERMA L. R. y JOSHI V.K. 2000. *Postharvest Technology of fruits and Vegetables*. Indus Publishing Company. New Delhi.1194 p.
- WATKINS C.B., BOWEN J.H. and WALKER V.J., 1989. Assessment of ethylene production by apple cultivars in relation to commercial harvest dates. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 17:4, 327-331.
- WILTON, J. 1994. Managing the sunburn problem. *Grower Advice. The orchardist*, November: 19-21.
- WILLS. R.B; W.B McGLASSON; D. GRAHAM, T. H. LE and E. G. HALL. 1989. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*. 3 ed. Van Nostrand Reinhold. New York. 174 p.
- YANG, S.F., 1985. Biosynthesis and action of ethylene. *Hortscience*. Vol N 20. 41-45 p.
- ZOFFOLI, J. P. 1997a. Determinación de la Madurez de Cosecha de Gala, Fuji y Braeburn en Chile. En: J.P. Zoffoli y E. Araya (eds.). *II Curso Internacional "Cosecha y*

Postcosecha de Manzanas: R. Gala, Braeburn y Fuji". Pontificia Universidad Católica de Chile. 124 p.

- ZAPATA E., OCHOA S., CEJA J., GÓMEZ F., y RÍOS A. (2014) Manual técnico de Poscosecha del aguacate Hass. Universidad Pontificia Bolivariana. 66 p.

7. ANEXOS

7.1 Anexo 1: Escala de color de fondo de manzanas 'Gala': verde (1), verde-amarillo (2), amarillo-verde (3) y amarillo (4).



7.2 Anexo 2: Escala de degradación de almidón (1-10) de manzanas 'Gala'.

