

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Memoria de Título**

**Producción de volátiles en distintos estados de madurez en damascos**  
**(*Prunus armeniaca* L.).**

**IVONNE REYES GONZALEZ**

**SANTIAGO – CHILE**  
**2009**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Memoria de Título**

**Producción de volátiles en distintos estados de madurez en damascos**  
**(*Prunus armeniaca* L.).**

**Production of volatile in different states of maturity in apricots**  
**(*Prunus armeniaca* L.).**

**IVONNE REYES GONZALEZ**

**SANTIAGO – CHILE**  
**2009**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Producción de volátiles en distintos estados de madurez en damascos**  
**(*Prunus armeniaca* L.).**

Memoria para optar al título profesional de:  
Ingeniero Agrónomo

**IVONNE REYES GONZALEZ**

Profesores Guías	Calificaciones
Sr. Bruno Defilippi B. Ingeniero Agrónomo, Ph.D	7,0
Sr. Rodrigo Infante E. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,2
Profesores Evaluadores	
Sr. Tomas Cooper C. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,0
Sr. Italo Chiffelle G. Bioquímico, Dr.	6,0

SANTIAGO – CHILE  
2009

## **Agradecimientos**

Doy gracias por haber tenido la oportunidad de finalizar esta etapa y cerrar uno de los ciclos más importante en la vida de las personas, como es la educación.

Agradezco a mis padres por su apoyo, esfuerzo y sacrificios para ayudarme a lograr tantas metas propuestas. A mis compañeros por su ayuda en los momentos complicados, esas largas jornadas de estudio que tanto fruto dieron. A los amigos por levantarme el animo en los momentos de flaqueza.

Agradezco al departamento de poscosecha de frutas y hortalizas de INIA La Platina, por facilitarme su ayuda y material en la realización de la memoria.

Finalmente a Javier mi pololo, que no solo me ayudo con su apoyo incondicional, sino que también siendo un gran crítico y ayuda constante en muchas de las cosas que tuve que realizar en mi memoria, para poder terminar esta etapa.

**INDICE**

INDICE .....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
MATERIALES Y MÉTODOS .....	10
Materiales.....	10
Método .....	10
Variables evaluadas.....	10
Diseño experimental y análisis estadístico.....	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	13
Análisis de Compuestos Volátiles.....	24
CONCLUSIONES .....	29
BIBLIOGRAFÍA .....	30
ANEXOS .....	34

## RESUMEN

### **Producción de volátiles en distintos estados de madurez en damascos (*Prunus armeniaca* L.).**

La madurez de los frutos al momento de la cosecha determina, en gran medida, la obtención de una alta calidad organoléptica, resistencia a daños mecánicos y potencial de vida en poscosecha. Para que los damascos lleguen a los consumidores con calidad son cosechados generalmente en un estado de madurez incipiente, con el principal objetivo de mantener una firmeza apropiada. El objetivo del presente trabajo fue evaluar en 7 variedades el efecto del estado de madurez en la cosecha y posterior a almacenamiento la producción de compuestos volátiles en damascos frescos. Se evaluaron frutos en cuatro estados de madurez definidos por el color de fondo de la piel de las variedades Robada, Ninfa, June belle, Lorna, Giada, Perla y Palsteyn. Se midió la concentración de sólidos solubles, la acidez titulable, la firmeza de la pulpa, la producción de volátiles, la tasa de producción de etileno, entre otros. En general, la fruta cosechada anticipadamente, alcanza niveles de firmeza, acidez titulable y concentración de sólidos solubles, similares entre los distintos estados de madurez, aunque la deshidratación es mucho mayor. En cuanto a los volátiles, no sólo se observa un cambio en la cantidad sino que también en el perfil de los compuestos responsables del aroma típico de damascos. Por lo tanto, al momento de determinar la fecha óptima de cosecha en base al color, es importante considerar los componentes volátiles, para lograr mayor cantidad de aromas, provenientes de frutos más inmaduros.

Palabras clave: Compuestos volátiles, madurez, etileno.

**ABSTRACT****Production of volatile in different states of maturity in apricots (*Prunus armeniaca* L.)**

Fruit maturity at harvest is highly important in determining a good organoleptic quality, resistance to mechanical damages and postharvest life potential. Therefore, in order to arrive to the consumer with a quality product, apricots are usually harvested in a stage of incipient maturity, with the main objective to maintain appropriate fruit firmness. The objective of this study was to evaluate in 7 varieties the effect of the maturity stage at harvest after storage production of volatile compounds in fresh apricots. The selected varieties were Robada, Ninfa, June belle, Lorna, Giada, Perla and Palsteyn. In each variety, fruit from four maturity stages were selected based on ground color. Several maturity attributes were measured, including soluble solid concentration, titratable acidity, pulp firmness, aroma-volatiles production and ethylene production rate. All the evaluations were performed after leaving the fruit after harvest at 20°C to reach the ripe stage. In general, at the ready to eat stage, fruit harvested in early stages of maturity was able to develop similar levels of firmness, titratable acidity and soluble solids to the observed in advanced stages of harvest, although water loss was much higher. For volatile production, a change in both the concentration and the profile of compounds responsible for the typical aroma of the apricots was also observed. Therefore, at the time of determining the optimum date of harvest on the basis ground color, it is important to consider the volatile compounds, to achieve as many flavors, from fruits more immature.

Keywords: volatile compounds, ripeness, ethylene

## INTRODUCCIÓN

El damasco es un fruto climatérico que presenta una moderada tasa de respiración (Hardenburg *et al.*, 1986) y una elevada tasa de producción de etileno (Amoros *et al.*, 1989), siendo un fruto muy sensible, delicado y muy susceptible a la deshidratación (Manolopoulou y Mallidis, 1999). La fruta se cosecha habitualmente en un estado preclimatérico, que permite un mejor embalaje de la fruta, pero impide que ésta alcance su máxima expresión de aroma y sabor (Li Don *et al.*, 2000). Sin embargo, otros autores indican que como es una fruta que se embala a mano, es posible cosecharla en estados de madurez más avanzados, mejorando su calidad (Infante *et al.*, 2008).

Se debe tener presente que la calidad potencial del fruto queda determinada en el huerto y ésta debe mantenerse a lo largo de toda la cadena comercial (embalaje, almacenamiento y transporte). Por ello los factores de producción son básicos para la obtención de un producto de calidad (Ruiz y Valero, 2000). Dentro de los índices de madurez mayormente utilizados en damascos, se pueden mencionar el color, la firmeza de la pulpa, el sabor y el aroma. También son mencionados frecuentemente el peso, la consistencia de la pulpa, el contenido de sólidos solubles totales, aroma y acidez (Bassi, 2001).

El aumento de la vida en poscosecha ha sido el principal objetivo del mejoramiento genético en las décadas recientes, y esta práctica generalmente era asociada con una pérdida en el sabor (Defilippi *et al.*, 2009). El sabor ha sido definido como un atributo complejo de calidad en la cual una mezcla de azúcares, ácidos, y compuestos volátiles juegan un papel primario (Baldwin, 2002). El sabor es sin duda el atributo sensorial más importante, ya que tiene un efecto directo sobre el consumidor y está determinado principalmente por sensaciones químicas como el olfato y gusto (Witting de Penna, 1981).

El sabor típico de la mayoría de las frutas no está presente durante los primeros estados de desarrollo de esta, sino que se desarrollan durante la maduración (Pérez *et al.*, 1992). El aroma de la fruta depende tanto de la combinación de volátiles, como también de la concentración en la que esté presente cada uno de estos compuestos (Rowan *et al.*, 1999). Durante su maduración, el damasco produce muchos volátiles que contribuyen al aroma del fruto, y dependiendo de la variedad, predominan diversos grupos, tales como terpenos, ésteres, lactonas, y compuestos C<sub>6</sub> del tipo aldehídos y alcoholes (Fan *et al.*, 2000; Botondi *et al.*, 2003). Una cosecha anticipada permitiría alcanzar periodos más prolongados de almacenamiento, pero tiene un impacto muy negativo en la producción de compuestos volátiles (Dirinck *et al.*, 1989). Estudios previos han demostrado que tanto la ausencia de aroma como la falta de azúcar en damascos frescos es la principal razón de descontento entre consumidores (Bruhn *et al.*, 1991; Moreau-Rio y Roty, 1998).

Durante el desarrollo de la fruta, muchos cambios en el sabor son causados por síntesis, transporte o degradación de metabolitos. En fruta climatérica, el etileno juega un rol

importante al modular la maduración. Todos estos metabolitos relacionados con la calidad de la fruta directamente, pueden ser regulados por el etileno (proceso dependiente del etileno) o por otras señales (proceso independiente del etileno) (Flores *et al.*, 2001). En general, hay una relación inversa entre la producción de etileno y la vida de poscosecha (Gussman *et al.*, 1993; Zheng and Wolff, 2000).

Teniendo en cuenta que el estado de madurez es importante para determinar los cambios metabólicos que dan el sabor y aroma, se hace necesario conocer cuáles son los componentes volátiles que se encuentran presentes en mayor cantidad a medida que el estado de madurez avanza.

El objetivo de esta investigación fue identificar los distintos componentes volátiles en cuanto a estados de madurez de damascos, para poder determinar cuál componente o grupo de ellos son los que predominan a medida que el proceso de maduración comienza.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

Los damascos utilizados en esta investigación fueron cosechados del arboreto de ANA, Paine, Región Metropolitana. Se utilizaron las variedades Robada, Ninfa, Giada, June bell, Lorna, Perla, y Palsteyn. Posterior a la cosecha la fruta fue almacenada en la Unidad de Poscosecha de Frutas y Hortalizas del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA-La Platina).

### Método

Cada variedad se cosechó en cuatro estados de madurez según el color de fondo de la piel: verde (M1), verde-amarillo (M2), amarillo (M3) y amarillo-anaranjado (M4). Se realizaron evaluaciones a 10 frutos por estado de madurez, tanto al momento de cosecha como a salida de almacenamiento. Los tratamientos M1, M2 y M3 se almacenaron en una cámara a 20°C, hasta que la firmeza de la pulpa alcanzará  $1,0 \pm 0,5$  kg-f, correspondiente a la firmeza de consumo. El tratamiento de madurez más avanzada (M4) se evaluó el mismo día de la cosecha.

### Variables evaluadas

**Peso del fruto:** Se midió a la cosecha, mediante una balanza electrónica de precisión y los resultados fueron expresados en gramos (g).

**Color de fondo:** Para medir el cambio de verde a amarillo se utilizó el valor de tonalidad (ángulo Hue). La fruta fue medida en ambas caras de las mejillas, utilizando un colorímetro portátil tri-estímulo Minolta modelo CR-300 (Minolta, Tokio, Japón), con una fuente D 65 y un ángulo observador de 0°, utilizando el sistema CIELab.

**Firmeza de la pulpa:** Se midió ambas mejillas del fruto, previa remoción de la piel, utilizando un penetrómetro manual, modelo FT 011 (Effegi, Milán, Italia) con émbolo de 7,9 mm, los resultados fueron expresados en kg-f.

**Concentración de sólidos solubles (CSS):** Se realizó a una muestra de jugo con un refractómetro termocompensado, modelo ATC-1e (Atago, Tokio, Japón). Los resultados se expresaron en %.

**Acidez titulable (AT):** Mediante la titulación de 10 mL de jugo de una muestra representativa de frutos, con NaOH 0,1N, hasta que se logró la neutralización de los ácidos orgánicos a pH 8,2-8,3. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido málico. En este caso la muestra fue de 3 frutos por repetición.

**Tasa respiratoria:** Los frutos fueron enfrascados y dejados en cámaras a 20°C por 3 horas, para permitir la acumulación de gases. La medición se realizó a través de un analizador de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> modelo Checkmate 9900 (PBI-Dansensor, Ringsted, Dinamarca). Para el caso del O<sub>2</sub> se utilizó un detector paramagnético y el CO<sub>2</sub> a través de un detector infrarrojo. La tasa respiratoria fue calculada en base a producción de CO<sub>2</sub> y los resultados se expresaron en mL kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>.

**Tasa de producción de etileno:** Los frutos fueron enfrascados y dejados en una cámara a 20°C por 3 horas. La muestra fue tomada de 1 mL del espacio de cabeza e inyectada en un cromatógrafo de gases Shimadzu GC 8A (Shimadzu, Tokio, Japón) con columna de alúmina y detector FID. Los resultados fueron expresados en µL C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

**Compuestos fenólicos totales:** La fruta fue previamente cortada y congelada a -80°C hasta su medición mediante el método de espectrofotómetro Folin-Cicalteu (Singleton *et al.*, 1965). Para la preparación de la curva estándar se utilizó ácido p-cumárico. Los resultados fueron expresados como µg ácido p-cumárico/g<sup>-1</sup> (tejido).

**Compuestos volátiles:** Se tomó una muestra de pulpa y piel y se congeló a -80 °C hasta el análisis. Se homogenizó con un triturador (Ultra-Turrax, Staufen, Alemania) 6 g de tejido con 12 mL de agua y 2 mM de fluoruro de sodio. Luego se filtró y se centrifugó a 20000xg<sub>n</sub> por 20 minutos a 4°C. Se tomaron 10 mL del sobrenadante y se mezclaron con 20 mL de solución de NaCl 10% p/v (Shalit *et al.*, 2001). Antes del sellado de los frascos se agregaron 0,78 µL del estándar interno 1-octanol con lo que se obtienen 250 µLL<sup>-1</sup> de concentración final del estándar. Para la extracción de la muestra se utilizó el sistema SPME usando una fibra poly(dimetilsiloxano)/divinilbenzeno (PDMS/DVB) de 65 µm de grosor (Defilippi *et al.*, 2004). La identificación de compuestos se realizó en un cromatógrafo de gases modelo Autosystem XL/Turbo Mass (Perkin Elmer, Shelton, USA) y la confirmación se efectuó con el uso de estándares (Sigma-Aldrich). Para la cuantificación de los compuestos se utilizó un cromatógrafo de gases Clarus 500 (Perkin Elmer, Shelton, USA) equipado con una columna SPB-5 (Supelco 30 m, 0,32 mm, 0,25 µm película gruesa) y un detector FID. La temperatura del horno se mantuvo a 40°C por 5 minutos para luego ser incrementada hasta 220°C a una tasa de 10°C por minuto y mantenida por 2 minutos (Moya-León *et al.*, 2006). Como gas de arrastre se usó helio (50,3 cm seg<sup>-1</sup>). Para la cuantificación de los volátiles se realizaron curvas estándar para cada compuesto bajo condiciones idénticas a las utilizadas en el análisis de las muestras. Los resultados fueron expresados en concentraciones expresadas ngkg<sup>-1</sup>.

### **Diseño experimental y análisis estadístico**

Cada variedad se evaluó separadamente a la cosecha como luego de la maduración y se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con 4 tratamientos correspondientes a los estados de madurez (M1, M2, M3 y M4). Se utilizaron 10 repeticiones de un fruto cada una para las variables de madurez. Para la tasa de producción de etileno, tasa de respiración y compuestos fenólicos totales se utilizaron 6 repeticiones. Para los volátiles se usaron 3 repeticiones por tratamiento y para la AT se usaron 3 repeticiones de muestras compuestas provenientes de 3 frutos cada una.

Las evaluaciones realizadas al momento de la cosecha y una vez que la fruta alcanzó la firmeza de consumo se compararon con el test de Tukey al 5%. Los resultados del perfil aromático fueron analizados de forma independiente en un análisis de componentes principales (ACP) y graficado en dos dimensiones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El índice de cosecha utilizado para definir los estados de madurez correspondió al color de la piel. En la figura 1 se presenta una foto representativa de los estados de madurez para cada variedad utilizada en el presente ensayo.

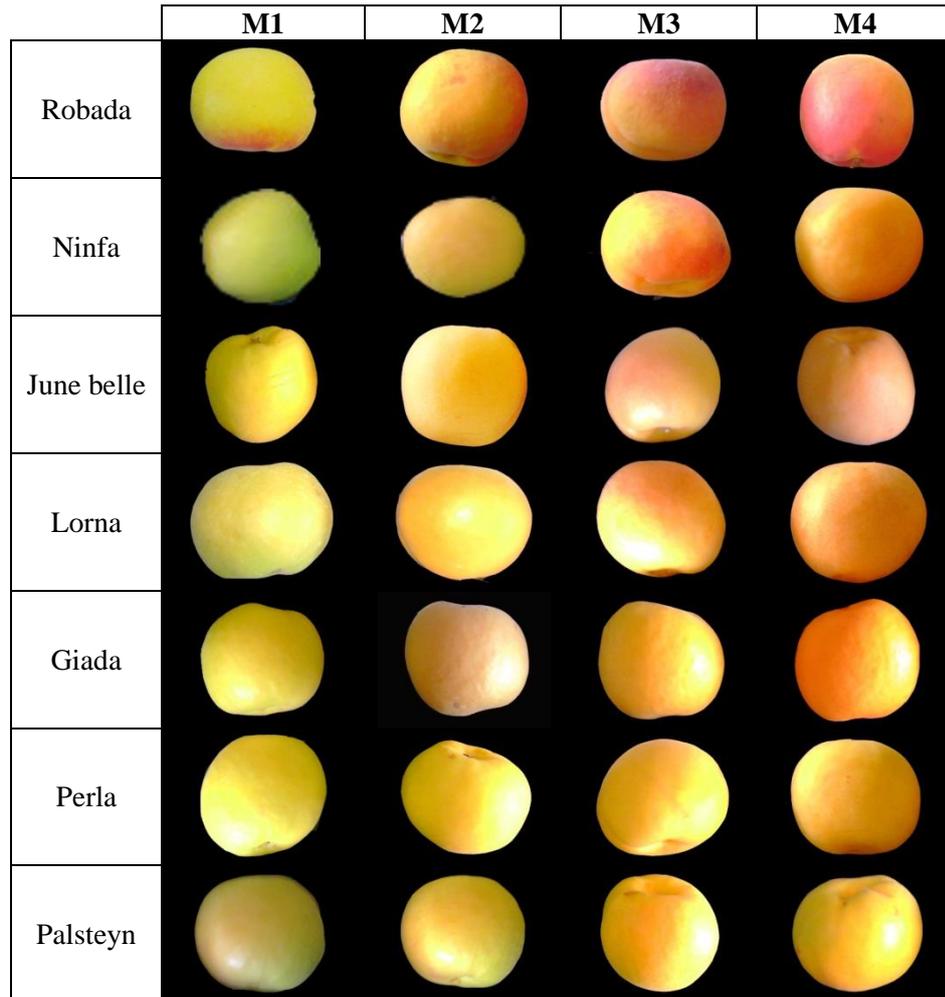


Figura 1. Evolución del color a medida que la madurez va avanzando en las distintas variedades.

En el Cuadro 1 se observa que el estado más inmaduro (M1) se diferencia del resto de los estados en la mayoría de las variables medidas, como firmeza de la pulpa, CSS y AT. Sin embargo, al cosechar en estados más avanzados de madurez, como M2, M3 y M4, estas diferencias no son tan claras especialmente entre los estados M3 y M4

Cuadro 1. Variables de calidad, evaluados a cosecha, para 4 estados de madurez en cada una de las variedades.

Variedad	Madurez	Peso (g)	Firmeza (kg-f)	CSS (%)	AT (% ácido málico)	Color (Hue)
Robada	M1	96.9 b	6,8 a	13,5 bc	2,9 a	83,3 a
	M2	94.6 b	3,7 b	13 c	2,2 b	72,4 b
	M3	97.6 b	3,1 b	14,5 b	2,1 b	62,5 c
	M4	113.9 a	1,1 c	15,96 a	2,1 b	61,2 c
Ninfa	M1	59.8 b	4,9 a	9,1 b	2,6 a	96,7 a
	M2	69.2 a	2,4 b	10,4 b	2,0 b	79 b
	M3	68.2 a	1,1 c	12,7 a	2,1 b	67,5 c
	M4	71.5 a	0,5 d	13 a	1,7 c	74,8 bc
June belle	M1	58.7 b	6,1 a	8,2 c	2,0 b	102,9 a
	M2	69.3 a	4,8 a	10,7 b	2,6 a	86,9 b
	M3	68.5 a	2,3 b	15,5 a	2,1 b	72,4 c
	M4	66.8 a	2,3 b	15,8 a	2,1 b	68,5 d
Lorna	M1	114.1 b	3,7 a	10 c	3,1 a	91,3 a
	M2	114.3 b	3,2 ab	12,5 b	3,0 a	75,2 b
	M3	117.4 b	2,7 b	13,9 a	2,4 b	73 b
	M4	131.3 a	1,5 c	13,2 ab	2,2 b	75,1b
Giada	M1	61,2 b	3,3 a	9,2 b	2,8 a	97,3 a
	M2	70,3 a	2,5 b	9,7 b	2,3 b	90,5 b
	M3	71.5 a	2,1 b	11 a	1,7 c	91,5 ab
	M4	67.7 a	1,9 b	10,9 a	1,6 c	90,4 b
Perla	M1	69 b	3,1 a	9,6 c	2,6 ab	95,4 a
	M2	66.6 ab	2,1 b	10,4 c	2,3 ab	86 b
	M3	72.1 ab	1,3 c	11,7 b	2,1 b	82,9 bc
	M4	73.1 a	0,5 d	13,1 a	1,8 b	78,9 c
Palsteyn	M1	99.8 b	3,2 a	10,8 b	3,4 a	83,3 a
	M2	96.9 b	2,4 ab	13 ab	3,3 a	81 a
	M3	102 b	1,9 bc	13,2 a	2,7 b	70,3 b
	M4	111 a	1,4 c	15 a	2,1 c	67,1 b

Letras diferentes indican diferencias estadísticas mediante análisis de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Las letras son independientes para cada variedad. CSS: Concentración de sólidos solubles; AT: Acidez titulable

A continuación se analizarán y discutirán los resultados para cada variable medida durante el ensayo.

### **Tasa respiratoria**

No se observó diferencias a la cosecha en los distintos estados de madurez, y sólo se observaron alzas muy leves entre los distintos estados de madurez en cada variedad. Ninfa, Giada y Perla son las variedades que tienen una mayor tasa respiratoria, con valores sobre los 50 mL kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, incluso pudiendo alcanzar un 84,3 mL kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> en el estado M3 de Ninfa. Las otras variedades se encuentran dentro de valores que van de los 25 a 40 mL kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> (Cuadro 3).

Sin embargo a la salida de la cámara de maduración a 20° C, se observan diferencias entre los distintos estados de madurez (Cuadro 4). Para las variedades Robada, Giada y Palsteyn se observa un aumento en la tasa de respiración con respecto a la cosecha, Ninfa por otra parte, siendo una de las variedades que presentaba mayor tasa a cosecha, también se observa un aumento luego de la maduración. Las otras variedades no presentan diferencias significativas. El alza de una tasa se puede explicar principalmente por el avance en madurez al someter la fruta a 20°C.

### **Tasa de producción de etileno**

A la cosecha de M1 y M2, la tasa de producción de etileno es muy baja, debido a que se encontrarían en un estado incipiente de madurez. Entre M2 y M3 para las variedades Ninfa, Giada y Perla, se observa que comienza el aumento en la producción de etileno y se alcanzan los máximos niveles en M3. En cambio en Palsteyn se alcanza en M4. Para el resto de las variedades se tiene una tasa de producción de etileno estable durante la poscosecha (Cuadro 3).

La tasa de etileno aumentó a la salida de la cámara de maduración, debido a que fueron sometidos a 20°C, temperatura que provocó una rápida senescencia. La variedad Palsteyn presenta una tasa de producción de etileno muy elevada, llegando a ser diez veces más que la tasa que presentaba a cosecha, así también la firmeza de la pulpa y la AT disminuyen considerablemente, como será discutido más adelante. La variedad que presenta menor producción de etileno es June belle, tanto a la salida de almacenamiento como a cosecha, y el ablandamiento de la pulpa es opuesto a Palsteyn, ya que presenta los valores más altos de firmeza, tanto a cosecha como a la salida de la cámara de maduración (Cuadro3).

Perla, Giada y Robada, presentan tasas altas de producción de etileno, pero al comparar con la variedad Palsteyn es menor su producción. En cambio, Ninfa y Lorna no tienen diferencias significativas entre los distintos tratamientos y su tasa de producción de etileno es baja.

## Peso del fruto

De acuerdo a lo esperado, con estados de madurez más avanzados se obtuvo un aumento de peso en todas las variedades (Cuadro 1). En general, de acuerdo a estos resultados las variedades se pueden separar en dos grupos: un primer grupo formado por las variedades que presentaron el mayor tamaño, superior a 100 g, integrado por Lorna, Robada y Palsteyn; y un segundo grupo con un tamaño mediano, entre 65 g y 75 g, conformado por Giada, Perla, Ninfa y June belle. El peso de los frutos va ligado a los manejos de campo que se hayan hecho en la temporada y para este proyecto no se realizó regulación de carga. En términos prácticos, la caracterización del cambio de tamaño tiene importancia al momento de efectuar la cosecha, ya que en algunas variedades el cambio se nota de un estado M1 a M2 (Ninfa, June belle y Giada), pero en otras es mayor el aumento de M2 a M3 (Robada, Lorna, Perla y Palsteyn).

## Ablandamiento de la pulpa

**Firmeza:** Como se mencionó, el damasco es sensible al etileno, existiendo una correlación entre la baja emisión de etileno y la firmeza de la pulpa (Chahine *et al.*, 1999). El excesivo ablandamiento se presenta como un grave problema en la comercialización de la fruta (Botondi *et al.*, 2003). Similar a lo descrito, en este estudio se observa que a medida que la fruta se cosechó en estados de madurez más avanzado, la firmeza disminuyó y el etileno aumentó. En Robada, Ninfa y June belle se observó una mayor pérdida de firmeza que el resto de las variedades, ya que de un estado M1 a M4, la firmeza disminuyó en 4,6 kg (78,2% de pérdida de firmeza) en promedio, mientras que el resto de las variedades disminuyó en 2,0 kg en promedio (40 % pérdida de firmeza) (Cuadro 1). Estos cambios en firmeza fueron acompañados por aumento en la tasa de producción de etileno.

**Tiempo requerido para alcanzar madurez de consumo:** El estado M1 requirió más tiempo a 20° C que los demás estados para alcanzar la firmeza de consumo ( $\leq 1$  kg). La fruta proveniente del estado M1 se caracterizó por presentar menor peso a cosecha, menos coloración amarilla, mayor firmeza (Cuadro 1) y baja producción de etileno, características propias de un estado incipiente de madurez (Infante *et al.*, 2008). Considerando tanto estos resultados, se concluiría que damascos cosechados con estas características no alcanzan la firmeza de consumo esperada, siendo la alta deshidratación observada el factor limitante para analizar en forma apropiada las variables de madurez, principalmente firmeza (Cuadro 2) (Manolopoulou y Mallidis, 1999). Entre las variedades consideradas en este estudio, Giada fue la variedad que demoró menos tiempo en ablandar con un máximo de 5 días. Por otro lado, las variedades que demoraron más tiempo fueron Lorna y Robada, con un máximo de 10 días. El resto de las variedades presentaron un número de días cercano a los 7 días para alcanzar la firmeza definida de consumo.

Con fruta cosechada con madurez más avanzada, como M2 y M3, el tiempo a madurez de consumo fue menor y la deshidratación observada fue menos severa, ambas

características ya relacionadas con estado de madurez más avanzado en otras variedades. Esto se ha observado en otros estudios publicados donde, para la variedad Palsteyn se tiene un estado E3 que corresponde a un fruto de madurez avanzada, con un color amarillo- anaranjado y se observa que luego de permanecer en cámara de almacenamiento por 42 días, se obtiene una deshidratación mucho más baja, con respecto a un estado E1, que es un fruto más inmaduro (Infante *et al.*, 2008).

Cuadro 2. Parámetros de calidad, evaluados una vez salidos de la cámara de maduración en cada una de las variedades.

Variedad	Madurez + días en cámara	Firmeza (kg)	CSS (%)	AT (% ácido málico)	Color (Hue)
Robada	M1+ 10	2,8 a	16,2 a	2,0 a	62,2 a
	M2+ 6	1,6 bc	14,6 b	1,4 b	62,1 a
	M3+ 3	2,6 ab	14,8 ab	1,9 a	67,2 a
	M4	1,1 c	15,9 ab	2,1 a	61,2 a
Ninfa	M1+ 7	1,4 a	10,6 b	2,1 a	75,5 a
	M2+ 4	0,5 b	11,6 ab	1,6 b	75,1 a
	M3+ 1	0,5 b	13,0 a	1,4 b	75,2 a
	M4	0,5 b	13 a	2,1 a	74,8 a
June belle	M1+ 9	4,9 a	10,0 c	1,8 ab	72,4 ab
	M2+ 4	2,6 bc	13,5 b	1,6 b	75,1 a
	M3+ 5	3,2 b	16,4 a	1,6 b	71,3 bc
	M4	2,3 c	15,8 a	2,1 a	68,5 c
Lorna	M1+ 10	2,6 a	12,0 c	2,0 a	64,9 a
	M2+ 7	1,3 b	14,3 ab	1,8 ab	68,1 a
	M3+ 5	2,0 ab	14,7 a	1,3 b	70,4 a
	M4	1,5 b	13,2 bc	2,2 a	75,1 a
Giada	M1+ 5	1,3 ab	10,1 b	1,2 b	85 b
	M2+ 3	1,0 b	10,6 b	1,6 a	80,9 b
	M3+ 1	1,7 ab	11,9 a	1,8 a	74,2 c
	M4	1,9 a	10,9 b	1,6 a	90,4 a
Perla	M1+ 5	0,7 ab	11,0 b	1,5 b	79,4 a
	M2+ 4	0,8 a	11,5 b	2,0 a	79,8 a
	M3+ 4	0,3 b	13,4 a	1,8 ab	76,4 a
	M4	0,5 ab	13,1 a	2,1 a	78,9 a
Palsteyn	M1+ 7	1,1 a	12,6 b	1,9 a	70,3 a
	M2+ 4	0,7 a	13,4 ab	1,9 a	76,6 a
	M3+ 4	0,5 a	14,1 ab	1,9 a	67,1 a
	M4	1,4 a	15 a	2,1 a	67,1 a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas mediante análisis de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Las letras son independientes para cada variedad. CSS: Concentración de sólidos solubles; AT: Acidez titulable

### **Concentración sólidos solubles**

En general, en estados de madurez más avanzados, se observó una mayor CSS. Entre M1 y M2 no hay diferencias significativas, lo mismo entre M3 y M4. Sin embargo, si existen diferencias entre ambos pares de estados de madurez (Cuadro 1).

Las variedades que alcanzan una mayor CSS en promedio, de todos sus estados de madurez son Robada y Palsteyn con 14,24% y 13,0% respectivamente. Por otro lado, las variedades Ninfa (11,3%), June belle (12,55%), Lorna (12,4%) y Perla (11,2%) alcanzan valores medios de CSS y por último Giada sólo alcanza un 10,2%.

Durante la maduración a 20°C se observó un aumento en la CSS, llegando a aumentos de 2,0% en algunas variedades en relación a la cosecha. El M1 a salida de almacenamiento en Robada es la única variedad, donde la CSS es mayor que en los otros estados, las otras variedades presentan aumentos, pero si se compara entre M1, M2 y M3 después de almacenamiento hay una clara diferencia, en que M1 tiene una CSS más baja aunque presente una deshidratación más alta, que los otros estados de madurez. Por otra parte M2 y M3 alcanzan CSS muy similares a un M4 que es fruto de consumo. Una vez cosechada la fruta de carozo, normalmente los aumentos en la CSS son atribuibles principalmente a deshidratación. Además, los cambios en otros compuestos; como fenoles, pectinas solubles y ácidos orgánicos, pueden afectar la medición refractométrica (Chisholm and Picha, 1986; Valdés *et al.*, 2009). La CSS de un fruto depende de la variedad, la fecha de cosecha, la posición en el árbol y la estación. Cualquier cambio del CSS durante la poscosecha puede ser causado por la respiración (disminuye la CSS) o por la transpiración (aumento de la CSS) (Ruiz *et al.*, 2006).

### **Acidez Titulable**

Según estudios realizados por Kader (2002) una AT entre 0,7% y 1,0% corresponde a una acidez moderada y aceptable en damascos de consumo fresco. En el Cuadro 1 se observa que todas las variedades muestran valores superiores a 1,6%, correspondiente a la variedad Giada en M4. Las condiciones de manejo, ubicación geográfica u otros factores pueden estar alterando las condiciones finales del fruto para las distintas variedades.

No se observan diferencias significativas entre la AT para los distintos estados de madurez, pero en general, sí observamos una disminución de la AT a medida que avanza en su madurez (Cuadro 1). Lorna y Palsteyn tienen valores muy altos de acidez en sus estados M1 y M2, alcanzando valores superiores al 3,0%, luego comienzan a decrecer llegando a una AT de 2,2% en su estado M4. Las otras variedades tienen una AT que se encuentra entre 1,6% a 2,9% en los distintos estados de madurez a cosecha.

A la salida de la cámara de maduración se obtienen resultados similares a los anteriores, disminución de la AT, pero sin diferencias significativas (Cuadro 2). Por lo tanto no se cumple lo postulado por Kader y es atribuible a los factores mencionados anteriormente.

### **Color de fondo**

En un estudio realizado por Petrisor (2005) se evaluó el color del fruto durante la maduración en damascos y se concluyó que el contenido de clorofila disminuye y la cantidad de carotenoides se incrementa durante la maduración. La cosecha M1 presenta valores más altos de Hue indicando un predominio del color verde, siendo distinto a los otros estados de madurez, los cuales tienen valores más bajos y presentando una coloración más amarilla. Al comparar entre los estados M2, M3 y M4 no se ven diferencias estadísticas significativas de Hue, excepto para June belle. En general, se observa una disminución del valor de Hue, lo cual demuestra que a medida que la fruta se cosechó en un estado más avanzado, el color de la epidermis es más amarilla (Cuadro 1).

Después de sacar los frutos de la cámara de maduración, no hay diferencias significativas en el Hue, pero se observó un cambio de verde-amarillo a amarillo, y en algunos casos a amarillo-rojizo (Cuadro 2). Debido a la exposición de la fruta a una temperatura de 20° C todos los estados de madurez, desde el M1, que corresponde al más inmaduro y por lo mismo más verde, llegan a desarrollar un cambio de color rápidamente. Estos cambios son naturales debido al aumento en la tasa de etileno desde la cosecha (Cuadro 3) a la salida de almacenamiento (Cuadro 4), lo cual produce cambios de color en los frutos (Gouble *et al.*, 2005).

Cuadro 3. Parámetros de calidad, evaluados a cosecha, para 4 estados distintos de madurez en cada una de las variedades.

Variedad	Madurez	Respiración (mL CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Etileno (μL C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Fenoles (μg ácido p-cumárico/g de tejido)
Robada	M1	44,7 a	0,0 b	2,7 b
	M2	17,7 c	0,0 b	3,3 a
	M3	26,2 b	0,0 b	2,7 b
	M4	35,1 b	0,2 a	2,9 b
Ninfa	M1	50,31 b	0,1 c	1,4 a
	M2	63,34 b	0,9 c	2,0 a
	M3	84,3 a	2,7 b	0,4 b
	M4	37,9 c	4,5 ab	1,8 a
June belle	M1	49,4 a	0,0 a	1,2 b
	M2	30,6 b	0,1 a	1,9 a
	M3	33,8 b	0,1 a	2,1 a
	M4	39,5 b	0,2 a	0,9 b
Lorna	M1	28,9 b	0,0 a	1,1 b
	M2	38,3 a	0,1 a	1,6 a
	M3	37,5 ab	0,1 a	1,7 a
	M4	38,6 a	0,1 a	1,1 b
Giada	M1	27,2 b	0,1 b	1,6 a
	M2	29,4 b	0,1 b	1,9 a
	M3	55,5 a	1,2 a	0,3 b
	M4	50,8 a	0,9 ab	0,1 b
Perla	M1	31,0 c	0,2 b	0,5 b
	M2	57,8 b	0,7 b	1,4 a
	M3	64,9 a	4,0 a	0,7 b
	M4	37,7 c	4,8 a	0,5 b
Palsteyn	M1	32,6 b	0,1 c	0,5 b
	M2	40,0 a	0,4 c	2,6 a
	M3	28,4 b	1,1 b	2,2 a
	M4	36,9 ab	8,0 a	2,6 a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas mediante análisis de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Las letras son independientes para cada variedad.

Cuadro 4. Parámetros de calidad, evaluados una vez salidos de la cámara de maduración en cada una de las variedades.

Variedad	Madurez + días en cámara	Respiración (mL CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Etileno (μL C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Fenoles (μg ácido p-cumárico/g de tejido)
Robada	M1+ 10	48,2 a	10,0a	1,7 b
	M2+ 6	38,0 b	0,6 b	2,9 b
	M3+ 3	37,2 b	0,2 bc	4,0 a
	M4	35,1 b	0,1 c	2,9 b
Ninfa	M1+ 7	69,3 a	7,3 a	0,1 c
	M2+ 4	48,6 b	4,9 b	3,2 a
	M3+ 1	67,1 a	2,8 c	0,9 b
	M4	37,9 c	3,3 c	1,8 b
June belle	M1+ 9	48,9 a	0,2 a	1,7ab
	M2+ 4	34,6 b	0,2 a	2,0 a
	M3+ 5	31,8 b	0,3 a	2,8 a
	M4	39,5 b	0,2 a	0,9 b
Lorna	M1+ 10	28,6 c	0,1 b	0,1 b
	M2+ 7	31,3 b	0,5 a	0,5 a
	M3+ 5	31,4 b	0,4 a	0,4 a
	M4	38,6 a	0,1 b	1,1 b
Giada	M1+ 5	38,8 b	27,9 a	1,4 a
	M2+ 3	49,2 a	25,4 a	1,7 a
	M3+ 1	39,4 b	1,2 b	1,3 a
	M4	50,8 a	0,6 c	0,1 b
Perla	M1+ 5	44,8 c	4,2 c	1,6 a
	M2+ 4	51,0 b	13,8 b	1,9 a
	M3+ 4	65,6 a	26,2 a	1,4 a
	M4	37,7 d	6,7 c	0,5 b
Palsteyn	M1+ 7	36,1 b	16,5 b	2,2 ab
	M2+ 4	59,2 a	103,8 a	1,5 b
	M3+ 4	52,6 a	104,4 a	2,6 a
	M4	36,9 b	8,0 b	2,6 a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas mediante análisis de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Las letras son independientes para cada variedad.

### **Contenido de Fenoles**

En los distintos momentos de cosecha (Cuadro 4) son pocas las variedades que presentan cambios. Los aumentos observados se deberían a efectos del proceso de maduración de los frutos, y que es en respuesta a factores ambientales como luz y temperatura (Price *et al.* 1995; Lancaster 1992; Kalt *et al.* 1999).

Hay un interés considerable en los fenoles y carotenoides por sus propiedades antioxidantes y capacidad de aliviar enfermedades crónicas (Gardner et al. 2000; Rice-Evans *et al.*, 1997; Vinson et al. 1998). El contenido de fenoles de un fruto depende de un número de factores tales como: luz solar, estación, región de cultivo, variedad de fruta y estado de madurez (Harris, 1977; Joshi *et al.*, 1991; Spanos y Wrolstad, 1990, 1992; Spanos *et al.*, 1990). Aunque en este caso no encontramos diferencias entre los estados de madurez a la cosecha.

## Análisis de Compuestos Volátiles

**Análisis de componente principal:** Los compuestos volátiles identificados y cuantificados en las variedades en distintos estados de madurez al momento de la cosecha fueron hexanal, t-2-hexenal, trans-2-heptanal, hexil alcohol, butanoato de butilo, etil acetato, hexanoato de etilo, butanoato de hexilo, heptanoato de etilo y linalol, pertenecientes a los grupos químicos, aldehídos, alcoholes, ésteres y terpenos (Figura 2).

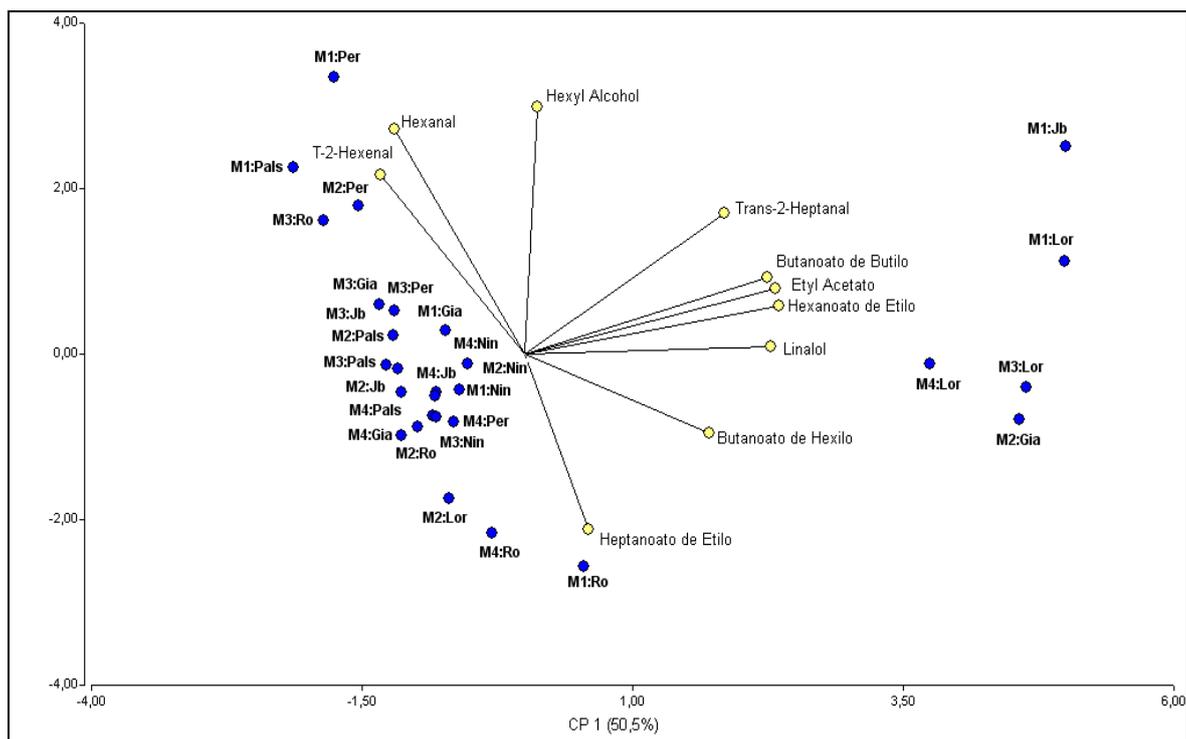


Figura 2. Componentes principales obtenidos de la cuantificación de aromas en cuatro estados de madurez, para las distintas variedades, en el periodo de cosecha. Ro= Robada; Nin= Ninfa; Jb= June belle; Lor= Lorna; Per= Perla; Gia= Giada y Pals= Palsteyn.

Las dos componentes principales explican un 69% de la variación total del modelo. La CP1 es explicada principalmente por etil acetato ( $r = 0,42$ ), hexanoato de etilo ( $r = 0,42$ ) y linalol ( $r = 0,41$ ), los cuales se encuentran correlacionados positivamente. Los aromas que explican la componente principal dos son hexil alcohol ( $r = 0,54$ ), hexanal ( $r = 0,49$ ) y t-2-hexenal ( $r = 0,39\%$ ) y también se correlacionan positivamente entre ellos, lo que significa que si aumenta uno el otro también debería de aumentar.

Se ha observado que en algunos frutos el metabolismo de aminoácidos da origen a compuestos que son usados para la generación de alcoholes y ésteres (Sanz and Olias, 1997). Esta sería una de las rutas que estaría predominando en los frutos medidos al momento de la cosecha, debido a que se puede observar en la figura 2, se tiene una gran gama de compuestos pertenecientes al grupo de los ésteres y un alcohol que ya no aparece y deja de influenciar en el perfil, una vez que la fruta se encuentra en un estado más avanzado de madurez (Figura 3).

Existen dos grupos que predominan en la agrupación de los distintos tratamientos correlacionándose de forma negativa para las diferentes variedades, los cuales corresponden a los aldehídos (t-2-hexenal) y ésteres (heptanoato de etilo) (ver anexos para cada una de las variedades), siendo los compuestos que explican la mayor agrupación de los estados de madurez, que a su vez tienen una entrega de notas aromáticas completamente distintas, ya que los aldehídos presentan notas más herbáceas, características de los frutos inmaduros y los ésteres en cambio entregan notas más frutales que identifica mayormente a un fruto más maduro (Guillot *et al.*, 2006). Encontramos una excepción dentro de los aldehídos el compuesto trans-2-heptanal se encuentra más correlacionado positivamente con los ésteres (Figura 2).

El perfil aromático a la salida de la cámara de maduración a 20°C (Figura 3) de los frutos, está compuesto por 9 compuestos volátiles, los cuales son: t-2-hexenal, trans-2-heptanal, octanoato de etilo, heptanoato de etilo, n-butil acetato, butanoato de butilo, linalol, etil acetato y hexanoato de etilo.

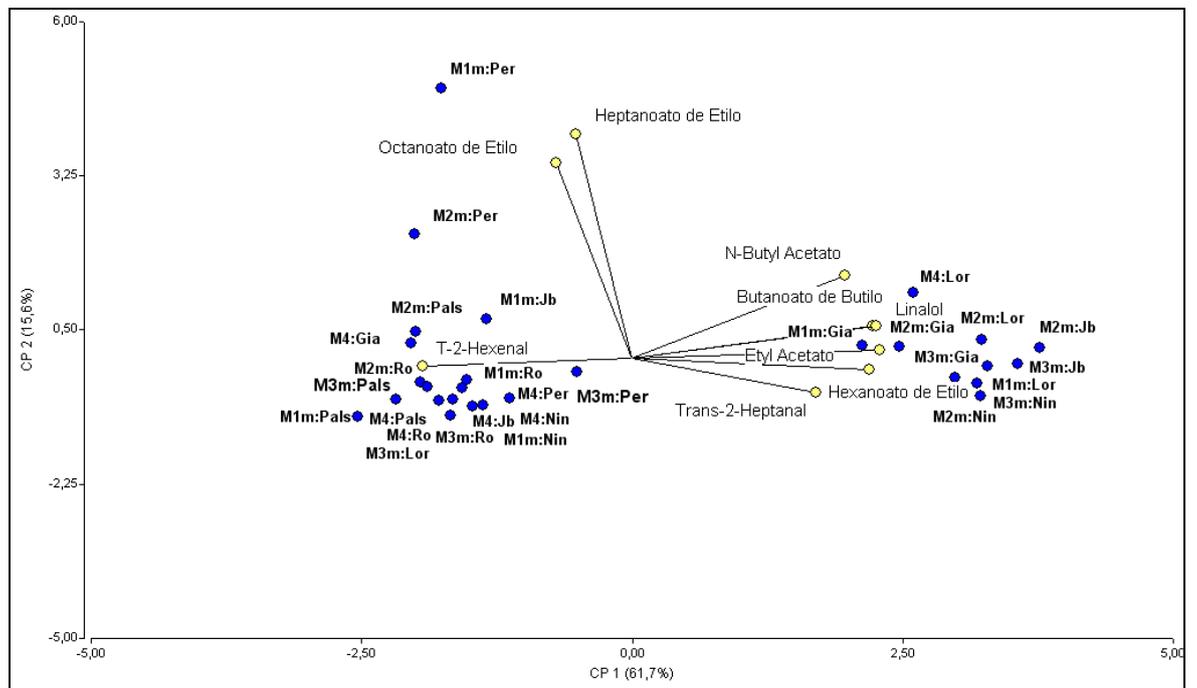


Figura 3. Componentes principales obtenidos de la cuantificación de aromas luego de ser madurados los frutos para cada uno de los tratamientos. Ro= Robada; Nin= Ninfa; Jb= June belle; Lor= Lorna; Per= Perla; Gia= Giada y Pals= Palsteyn.

El análisis de componentes principales explica un 77,3% del modelo y la CP1 explica un 61,7% y está compuesta principalmente por linalol ( $r = 0,40$ ) y butanoato de butilo ( $r = 0,40$ ). En cambio la CP2 explica un 15,6% y la componen principalmente heptanoato de etilo ( $r = 0,71$ ) y octanoato de etilo ( $r = 0,62$ ). (Figura 3).

En manzana, melón, banana, mango y papaya, los volátiles principales relacionados en el aroma al momento de la maduración son alcoholes, aldehídos y particularmente ésteres (Beaulieu and Grimm, 2001; Dixon and Hewett, 2000; Zabetakis and Holden,

1997). Pero también en manzanas, el perfil aromático cambia durante el desarrollo de la fruta desde una abundancia de volátiles aldehídos, a un perfil dominado por ésteres (Fellman *et al.*, 2000).

Se observa que en el perfil aromático luego de un proceso de maduración para todas las variedades, ya no se encuentra hexanal, hexil alcohol y butanoato de hexilo (Figura 3), y se cambian por compuestos como octanoato de etilo y n-butil acetato (ver anexos). Como resultado se obtiene una disminución de aldehídos y alcoholes a medida que la fruta comienza su maduración, lo cual se ha descrito por otros autores en distintas frutas como berries (Mattheis *et al.*, 1992), nectarines (Engel *et al.*, 1988) y duraznos (Chapman *et al.*, 1991). En cambio, los ésteres tienen un aumento a medida que madura el fruto, se puede observar con el compuesto etil acetato, aumenta considerablemente su concentración (Anexo tablas 2, 3, 4, 5 y 6).

El t-2-hexanal presenta una alta correlación negativa con la mayoría de los ésteres y es este compuesto quien estaría explicando la agrupación de los distintos tratamientos, ya que se dividen en dos grupos, los cercanos al t-2-hexanal y los que se encuentran opuesto a él predominando los ésteres. Al momento de la cosecha también se observa una correlación negativa entre estos compuestos, pero no es tan alta como una vez que han madurado los frutos (Figura 3).

La variedad Robada a cosecha presenta los tratamientos M1 y M4 más cercanos a heptanoato de etilo, correlacionándose negativamente con t-2hexenal y hexanal (Anexo 1) por lo tanto aromas más frutales, en cambio en M3 predomina el t-2-hexenal que sería un aroma más herbáceo. Para el tratamiento M2 no hay una predominancia y se encuentra en la parte central del gráfico, entre ambos compuestos nombrados anteriormente. Después de su maduración, no presenta mucha variación, una vez que madura sigue muy cercana a t-2-hexenal y se alejan un poco de heptanoato de etilo, ya que ahora es octanoato de etilo el que se encuentra mas cercano, pero si se mira solo el grupo químico, siguen entre un aldehído y éster.

Para Ninfa al momento de la cosecha no se encuentran diferencias entre los tratamientos y todos ellos se encuentran al centro de t-2-hexenal y heptanoato de etilo, estos dos compuestos van disminuyendo (Anexo 2). No existe diferenciación entre un fruto inmaduro y uno maduro, no hay una tendencia a marcar las notas aromáticas que son entregadas por los distintos compuestos, más bien se encuentran en un equilibrio entre ellas, todos sus tratamientos se encuentran explicados por aldehídos (Figura 2) que tiene las mayores concentraciones (Anexo 1) y una vez que maduran los frutos, el tratamiento M2 y M3 cambian los compuestos aromáticos y se ubican luego mas cercanos a los ésteres, el M1 casi no tiene variación.

El tratamiento M1 de June belle, está distanciado de los otros tratamientos de esta variedad y se encuentra en un extremo de la Figura 2, entre trans-2-heptanal y hexil alcohol, pero muy alejados de ambas, por lo tanto no se puede concluir, cuales son los compuestos que están explicando su perfil aromático, pero si se puede decir que presenta una mayor nota de aromas herbáceos correspondientes a frutos inmaduros, ya que no se encuentra ningún éster que este explicando su perfil. Los tratamientos M2, M3 y M4 están entre t-2-hexenal y heptanoato de etilo, sin predominio de ninguno, sino

que más bien es el conjunto entre ellos, tenemos un equilibrio en el aroma. A medida que la maduración avanza los tratamientos M2 y M3 se cambian de posición y se ubican más cercanos a los ésteres (Figura 3) aumenta considerablemente etil acetato que es un éster (Anexo 3). El M1 también cambia, pero ahora se encuentra entre un aldehído y éster.

Tanto los ésteres como terpenos entregan notas frutales al perfil aromático, Lorna a la cosecha tiene los tratamientos M1, M3 y M4 ubicados más cerca de los ésteres y terpenos, altas concentraciones de ellos (Anexo 4), pero se encuentran hacia la periferia de éstos compuestos. Se observa una clara diferencia con el tratamiento M2, que también se encuentra más cercano a un éster como heptanoato de etilo, pero a la vez en sentido opuesto al resto de los tratamientos de Lorna. Se obtiene que la variedad Lorna, tanto a la cosecha como luego de la maduración, los compuestos que predominan sean del grupo químico de los ésteres, salvo el tratamiento M3 después de cosecha ya que se encuentra más cercano a un aldehído, los valores de este grupo son más altos para este tratamiento luego de la maduración (Anexo 4).

Los tratamientos M1 y M3 de Giada se encuentran cercanos a los aldehídos, maores concentraciones de estos compuestos (Anexo 5), mientras que el tratamiento M4 está entre t-2-hexenal y heptanoato de etilo con una influencia mayor de este último. El tratamiento M2 se encuentra opuesto a los aldehídos y sus otros tratamientos, ya que los esterres, son los que predominan en las concentraciones (Anexo 5). En Giada, se observa un cambio en el perfil aromático, ya que al momento de la cosecha sus tratamientos se encuentran más cercanos al grupo de los aldehídos, incluso el tratamiento M4 (Figura 3), el cual es un fruto madurado en el árbol. Sin embargo, una vez ocurrida la maduración de los otros tratamientos, cambia su perfil y predominan los ésteres (Anexo 5), lo cual indica que la maduración bajo condiciones controladas, está desencadenando otros procesos los cuales llevan a un alza en la producción de ésteres y una disminución de aldehídos.

Palsteyn a la cosecha (Figura 2) tiene el tratamiento M1 mas cerca de los aldehídos, mayores concentraciones de este grupo químico (Anexo 7), característica principal de un fruto inmaduro, luego M2, M3 y M4, se ubican en el centro entre t-2-hexenal y heptanoato de etilo, logrando un equilibrio entre los aromas, pero luego de la maduración (Figura 3), los tratamientos se encuentran más cerca de un aldehído, aumentando nuevamente estas concentraciones en relación a los ésteres (Anexo 7) sin poder llegar a ninguna conclusión.

En Perla encontramos lo que establece la literatura, que a medida que el fruto va madurando, comienzan a disminuir los aldehídos y alcoholes (Anexo 6) con un aumento de ésteres en algunos compuestos como(Guillot *et al.*, 2006) El tratamiento M1 y M2 a cosecha se encuentran muy cercanos a los aldehídos, hexanal y t-2-hexenal, y alcoholes como hexil alcohol. El tratamiento M3 se encuentra más hacia el centro, entre un aldehído y éster, alejándose del alcohol, pero con una mayor predominancia del aldehído. Por último, M4, se encuentra más cercano al heptanoato de etilo, que tiene una fuerte correlación negativa con alcoholes y aldehídos. Al comparar Perla en todos sus estados de madurez, encontramos que en los frutos inmaduros tienen notas más herbáceas, a medida que el fruto comienza a madurar, va perdiendo estas notas y son las

notas frutales las que finalmente terminan predominando. Luego de la maduración los tratamientos están más cercanos a los ésteres y siguen con lo establecido por literatura.

## CONCLUSIONES

El color es el parámetro que mejor indica la diferenciación entre los estados de madurez, por otra parte, la firmeza permite diferenciar entre un estado muy inmaduro (M1) y los otros estados de madurez (M2, M3 y M4). La CSS permite agrupar los estados M1-M2 y M3-M4, pero no a diferenciar entre cada uno de ellos con total claridad. Por lo tanto el mejor índice de cosecha utilizado para diferenciar entre los cuatro estados de madurez, es la variable del color.

El tratamiento M1 corresponde a un estado muy inmaduro, a la salida de la cámara de maduración, no alcanza valores en los distintos parámetros que lo consideren un fruto de buena calidad. Por lo tanto, si se quiere obtener un fruto que tenga mejores parámetros de calidad, es mejor utilizar frutos provenientes de un estado M2.

El perfil aromático presenta muy pocas variaciones a medida que los frutos son cosechados, se observan cambios en los compuestos volátiles una vez que fueron sometidos a la cámara de maduración. Al observar el grupo químico y no los compuestos en forma independiente, se observan alcoholes, aldehídos, ésteres y terpenos, al momento de la cosecha, pero una vez que se maduro la fruta, ya no encontramos alcoholes y algunos aldehídos, por otra parte hay un aumento en los ésteres, debido al aumento de la tasa de producción de etileno, que se eleva rápidamente al ser sometido a una temperatura de 20°C.

El grupo de los alcoholes y aldehídos, otorgan notas aromáticas más herbáceas, características de frutos inmaduros. El tratamiento M1 en las distintas variedades, se asocia a estos compuestos tanto a la cosecha como a la salida de la cámara de maduración, en cambio en el tratamiento M2 se observa un cambio en los grupos predominantes luego de ser madurado y las notas aromáticas entregadas son más frutales. Por lo tanto, se debe considerar este cambio una vez que se elija que estado cosechar.

La síntesis de etileno a medida que aumenta desde la cosecha a la salida de la cámara de maduración, genera cambios significativos en todos los parámetros medidos en este estudio, siendo un factor clave, al momento de querer prolongar la vida de poscosecha.

**BIBLIOGRAFÍA**

Amoros, A., Serrano, M., Riquelme, F., Romojaro, F. 1989. Importancia del etileno en el desarrollo y maduración del albaricoque. *Fruits*, 44 (3): 171-175.

Baldwin, E. 2002. Fruit flavor, volatile metabolism and consumer perceptions. pp 89-99 *In: Michael Knee. Fruit quality and its biological basis. CRC Press LLC. Ohio, USA. 279 p.*

Bassi, D. 2001. Il miglioramento genético dell' albicocco in Europa. Pp. 39-55. *In: Infante, R (Eds.) Primer Seminario Internacional de Mejoramiento Genético de frutales de Carozo: Situación Mundial, Propiedad de Novedades Genéticas y Proyección para Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, mayo 20-30, 2001. Santiago, Chile. 178 p.*

Beaulieu, J. C. and Grimm, C. C. 2001. Identification of volatile compounds in cantaloupe at various developmental stages using solid phase microextraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49:1345-1352.

Botondi, R., D. DE Santis, A. Bellicontro, V. Konstantinos and F. Mencarelli. 2003. Influence of ethylene inhibition by 1-methylcyclopropene on apricot quality, volatile production, and glycosidase activity of low -and high- aroma varieties of apricots. *J. Agric. Food Chem.* 51:1189–1200.

Bruhn, C., Feldman, C., Garlitz, J., Harwood, E., Ivans, M., Marshall, A., Riley, D. Thurber and E. Williamson. 1991. Consumer perception of quality: apricots, cantaloupes, peaches, pears, strawberries and tomatoes. *J. Food Quality* 14:187-195.

Chahine, H., Gouble, B., Audergon, J.M., Souty, M., Albagnac, G., Jacquemin, G., Reich, M. and Hugues, M. 1999. Effect of ethylene on certain quality parameters of apricot fruit (*Prunus armeniaca*, L.) during maturation and postharvest evolution. *Acta Horticulturae* 488:577-584.

Chapman, G., Horvat, R. and Forbus, W. 1991. Physical and chemical changes during the maturation of peaches (cv. Majestic). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 39: 867-870.

Chisholm, D.N. and Picha, D.H. 1986. Distribution of sugars and organic acids within ripe water-melon fruit. *Hort. Sci.* 21:501-503.

Defilippi, B.G., Manriquez, D., Kietsuda, L., González-Aguero, M. 2009. Aroma Volatiles: Biosynthesis and Mechanisms of Modulation During Fruit Ripening. *Advances in botanical Research*, vol. 50.

Defilippi, B.G., A.M. Dandekar and A.A. Kader. 2004. Impact of suppression of ethylene action or biosynthesis on flavor metabolites in apple (*Malus x domestica* Borkh) fruits. *J. Agric. Food Chem.* 52:5694-5701.

Dirinck, P., H. DE Pooter and N. Shamp. 1989. Aroma development in ripening fruits. Flavor chemistry: Trends and developments. (Teranishi, R. and Buttery, R. Eds.). ACS Symposium series 388, American Chemical Society. 22-34.

Dixon, J. and Hewett, E. W. 2000. Factors affecting apple aroma/flavor volatile concentration: A review. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 28, 155-173.

Engel, K., Ramming, D., Flath, R. and Teranishi, R. 1988. Investigation on volatile constituents of nectarines. 2. Changes in aroma composition during nectarine maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 36: 1003-1006

Fan, X., L. Argenta and J.P. Mattheis. 2000. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene prolongs storage life of apricots. *Postharv. Biol. Technol.* 20: 135-142.

Fellman, J. K., Miller, T. W., Mattison, D. S. and Mattheis, J. P. 2000. Factors that influence biosynthesis of volatile flavor compound in apple fruits. *HortScience* 35: 1026-1033.

Flores, F., Ben Amor, M., Jones, B., Pech, J. C., Bouzayen, M., Latché, A. and Romojaro, F. 2001. The use of ethylene-suppressed lines to assess differential sensitivity to ethylene of the various ripening pathways in cantaloupe melons. *Physiologia Plantarum* 113, 128-133.

Gardner, P. T., White, T. A., McPhail, D. B. and Duthie, G. G. 2000. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chemistry* 68: 471-474.

Gouble, B., Bureau, S., Grotte, M., Reich, M., Reling, P. and Audergon, J. M. 2005. Apricot postharvest ability in relation to ethylene production: Influence of picking time and cultivar. *Acta Horticulturae*, 682: 127-134.

Guillot, S., Peytavi, L., Bureau, R., Lepoutre, J. P., Crouzet, J. and Schorr-Galindo, S. 2006. Aroma characterization of various apricot varieties using headspace-solid phase micro-extraction combined with gas chromatography mass spectrometry and gas chromatography olfactometry. *Food Chemistry* 96: 147-155.

Gussman, C., Goffredz, J. and Gianfagna, T. 1993. Ethylene production and fruit-softening rates in several apple fruit ripening variants. *Hort Science* 28: 135-137.

Harris, R. S. 1977. Effect of agricultural practices on the content of foods. In R. S. Harris & Karmas (Eds.), *Nutritional evaluation of food processing* (pp. 35-37). Westport, CT: The Avi Publishing Company Inc.

Hardenburg, R., Watada A., Wang, C. 1986 The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. USDA. Agric. Handb. 66: 130-134.

Joshi, V. K., Chauhan, S. K. and Lal, B. B. 1991. Extraction of nectars from peaches, plums and apricots by pectinolytic treatment. Journal of Food Science and Technology 28:64-65.

Kalt, W., Forney, C. F., Martin, A. y Prior, R. L. 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics and anthocyanins after fresh storage of small fruit. J. Agri. Food Chem. 11:4638-4644.

Kader, A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. University of California. Agricultural and Natural Resources. Publication 3311. 535p.

Infante, R., Meneses, C., Defilippi, B. 2008 Effect of harvest maturity stage on the sensory quality of "Palsteyn" apricot (*Prunus armaniaca* L.) after cold storage. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 83 (6): 828-832.

Lancaster, J. E. 1992. Regulation of skin color in apples. Crit. Rev. Plant. Sci. 10:487-502.

Li Don, Curie, S. and Hong, W. 2000 Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of "Canino" Apricots and "Royal Zee". Post harvest Biology and technology. 24: 135-145.

Manolopoulou, H. and Mallidis, C. 1999. Storage and processing of apricots. Acta Horticulturae 488: 567-576.

Mattheis, J., Buchanan, D. and Fellman, J. 1992. Volatile compounds emitted by sweet cherries (*Prunus avium* cv. Bing), during fruit development and ripening. Journal of Agricultural and Food Chemistry 40: 471-474.

Moreau-Rio, M. and Roty, C. 1998. Apricots: perceptions and expectations of french consumers. Infos-Ctifl. 141:16-21.

Moya-Leon, M.A., Vergara, M., Bravo, C., Montes, M.E. and Moggia, C. 2006. 1-MCP treatment preserves aroma quality of "Packam's Triumph" pears during long-term storage. Postharvest Biology and Technology (en prensa).

Pérez, A., J. Ríos, C. Sanz and J. Olias. 1992. Aroma components and free amino acids in strawberry variety Chandler during ripening. J. Agric. Food Chem. 38: 2232-2235.

Price, S. F., Breen, P. J., Valladoa, M. y Watson, B. T. 1995. Cluster exposure and quercetin in Pinot noir grapes and wine. J. Enol. Vitic. 46:187-194.

Rice-Evans, C., Miller, N. J. and Paganga, G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. Trendpin Plant Science, 2, 152-159.

Rowan, D., J. Allen, S. Fielder and Hunt, M. 1999. Biosynthesis of straight-chain volatiles in Red Delicious and Granny Smith apples using deuterium-labeled precursors. *J. Agric. Food Chem.* 47: 2553-2562.

Ruiz, M. y Valero, C. 2000. La calidad de la fruta, *Vida rural* 107.66-68.

Sanz, C., Olias, J. and Perez, A. 1997. Aroma biochemistry of fruits and vegetable. In F. Tomas-Barberan, & R.J. Robins (Eds.), *Phytochemistry of fruits and vegetables*. Oxford: Oxford University Press, pp 125-155.

Shalit, M., Katzir, N., Tadmor, Y., Larkov, O., Burger, Y., Shalekhet, F., Lastochkin, E., Ravid, U., Amar, O., Edelstein, M., Karchi, Z. and Lewinsohn, E. 2001. Acetyl Co-A: alcohol acetyltransferase activity and aroma formation in ripening melon fruits. *J. Agric. Food Chem.* 49:794-799.

Singleton, V.L and Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Amer. J. Enol. & Viticult.* 16:144-157.

Spanos, G. A., and Wrolstad, R. E. 1990. Influence of variety, maturity, processing, and storage on the phenolic content of pear nectar. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 38:817-824.

Spanos, G. A., and Wrolstad, R. E. 1992. Phenolics of apple, pear and white grape nectars and their changes with processing and storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40:1478-1487.

Spanos, G. A., Wrolstad, R. E. and Heatherbell, D. A. 1990. Influence of processing and storage on the phenolic content of apple nectar. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 38: 1572-1579.

Vinson, J. A., Hao, Y., Su, X. and Zubik, L. 1998. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: Vegetables. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 46(9), 3630-3634.

Witting de Pena, E. 1981. Evaluación sensorial, Una metodología actual para la tecnología de alimentos. Santiago, Universidad de Santiago de Chile. Ed. Santiago Talleres Gráficos USACH. 134p.

Zabetakis, I. and Holden, M. A. 1997. Strawberry flavor: Analysis and biosynthesis. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 74: 421-434.

Zheng, X. Y. and Wolff, D. W. 2000. Ethylene production, shelf-life and evidence of RFLP polymorphisms linked to ethylene genes in melon (*Cucumis melo* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 101, 613-624.

## ANEXOS

## 1.- Componentes volátiles identificados para la variedad Robada.

		Cosecha			
Grupo químico	Compuesto	M1	M2	M3	M4
Alcohol	hexil alcohol	0,1	0,0	24,4	0,0
Aldehídos	T-2-hexenal	102,5	250,2	289,4	54,2
	hexanal	97,8	483,6	325,0	67,1
	trans-2-heptanal	1,5	1,4	2,4	1,3
Terpeno	linalol	375	117,3	56,4	63,9
Esteres	butanoato de butilo	0,4	0,0	0,1	0,1
	etil acetato	0,0	0,0	94,3	0,0
	hexanoato de etilo	-0,7	-0,8	-0,9	-0,7
	butanoato de hexilo	1409,2	2115,4	82,4	1627,5
	heptanoato de etilo	4,7	2,5	0,4	2,5
		Después de maduración a 20° C			
Aldehídos	t-2-hexenal	52,4	68,6	41,6	
	trans-2-heptanal	3,3	2,4	8,9	
Terpeno	linalol	101,0	75,9	8,8	
Esteres	butanoato de butilo	0,6	0,3	0,1	
	etil acetato	0,0	0,0	0,0	
	hexanoato de etilo	-0,8	-0,7	-0,7	
	heptanoato de etilo	3,5	2,1	0,0	
	octanoato de etilo	0,0	2,4	1,3	
	n-butil acetato	0,0	0,0	0,0	

Concentraciones expresadas en  $\text{ngkg}^{-1}$ .

## 2.- Componentes volátiles identificados para la variedad Ninfa

Cosecha					
Grupo químico	Compuesto	M1	M2	M3	M4
Alcohol	hexil alcohol	0,0	0,0	14,6	0
Aldehídos	T-2-hexenal	79,9	59,1	19,3	28,9
	hexanal	148,6	129,8	56,4	63,4
	trans-2-heptanal	17,9	8,4	8,7	18,2
Terpeno	linalol	17,2	14,9	46,0	15,9
Esteres	butanoato de butilo	0,4	0,4	0,0	0,1
	etil acetato	0,0	0,0	0,0	0,0
	hexanoato de etilo	0,0	0,1	-0,8	-0,7
	butanoato de hexilo	26,9	94,5	92,0	31,5
	heptanoato de etilo	0,3	0,0	2,0	0,0
Después de maduración a 20° C					
Aldehídos	t-2-hexanal	53,4	12,9	4,7	
	trans-2-heptanal	20,7	121,5	83,6	
Terpeno	linalol	49,2	330,6	462,8	
Esteres	butanoato de butilo	0,1	2,1	2,2	
	etil acetato	0,0	0,0	1965,9	
	hexanoato de etilo	1,7	2,5	3,1	
	heptanoato de etilo	0,3	0,0	0,5	
	octanoato de etilo	3,3	1,2	1,2	
	n-butyl acetato	0,0	0,0	0,0	

Concentraciones expresadas en  $\text{ngkg}^{-1}$ .

## 3.- Componentes volátiles identificados para la variedad June belle

Cosecha					
Grupo químico	Compuesto	M1	M2	M3	M4
Alcohol	hexil alcohol	30,4	5,9	13,2	3,1
Aldehídos	T-2-Hexenal	47,7	57,0	72,9	12,0
	hexanal	124,7	68,1	185,9	15,3
	trans-2-heptanal	32,7	4,4	6,4	5,1
Terpeno	linalol	465,0	7,2	11,6	22,9
Esteres	butanoato de butilo	4,9	0,2	0,2	0,1
	etil acetato	0,0	160,1	3,9	0,0
	hexanoato de etilo	3,1	-0,8	-0,8	-0,7
	butanoato de hexilo	1575,5	15,7	58,2	28,4
	heptanoato de etilo	0,5	0,0	0,0	0,0
Después de maduración a 20° C					
Aldehídos	t-2-hexanal	26,0	0,0	0,0	
	trans-2-heptanal	8,4	32,5	53,1	
Terpeno	linalol	162,6	497,2	378,3	
Esteres	butanoato de butilo	0,5	4,1	2,9	
	etil acetato	0,0	3265,4	2687,8	
	hexanoato de etilo	-0,8	1,8	3,6	
	heptanoato de etilo	4,9	4,9	0,9	
	octanoato de etilo	5,8	1,2	1,0	
	n-butil acetato	0,0	0,0	0,0	

Concentraciones expresadas en  $\text{ngkg}^{-1}$ .

#### 4.- Componentes volátiles identificados para la variedad Lorna

Cosecha					
Grupo químico	Compuesto	M1	M2	M3	M4
Alcohol	hexil alcohol	14,8	0,0	0,0	5,4
Aldehídos	T-2-Hexenal	4,4	22,7	0,0	0,0
	hexanal	68,1	20,2	46,4	35,0
	trans-2-heptanal	29,8	3,4	19,7	18,3
Terpeno	linalol	346,7	38,0	531,4	437,3
Esteres	butanoato de butilo	2,3	0,2	3,4	3,6
	etil acetato	3541,9	0,0	1664,8	2037,6
	hexanoato de etilo	5,5	-0,8	4,3	2,4
	butanoato de hexilo	1168,3	484,0	2059,7	858,4
	heptanoato de etilo	1,3	1,7	4,3	1,7
Después de maduración a 20° C					
Aldehídos	t-2-hexanal	0,0	0,0	50,4	
	trans-2-heptanal	31,8	17,9	10,8	
Terpeno	linalol	480,4	527,1	42,4	
Esteres	butanoato de butilo	2,9	3,4	0,4	
	etil acetato	2249,6	2897,1	0,0	
	hexanoato de etilo	3,5	1,7	-0,7	
	heptanoato de etilo	0,0	0,7	0,9	
	octanoato de etilo	1,3	2,1	1,9	
	n-butil acetato	0,0	0,0	0,0	

Concentraciones expresadas en  $\text{ngkg}^{-1}$ .

## 5.- Componentes volátiles identificados para la variedad Giada.

Cosecha					
Grupo químico	Compuesto	M1	M2	M3	M4
Alcohol	hexil alcohol	0,0	0,0	10,0	12,0
Aldehídos	T-2-Hexenal	111,4	13,9	122,8	64,3
	hexanal	332,3	51,3	523,4	290,7
	trans-2-heptanal	19,5	16,9	6,9	3,7
Terpeno	linalol	79,6	435,4	51,5	68,4
Esteres	butanoato de butilo	0,2	2,4	0,3	0,3
	etil acetato	0,0	2180,6	0,0	0,0
	hexanoato de etilo	-0,7	4,9	-0,8	-0,8
	butanoato de hexilo	35,2	2545,7	247,1	621,6
	heptanoato de etilo	0,5	1,9	0,8	1,8
Después de maduración a 20° C					
Aldehídos	t-2-hexanal	20,6	17,8	10,3	
	trans-2-heptanal	16,3	33,2	69,7	
Terpeno	linalol	487,3	380,6	408,5	
Esteres	butanoato de butilo	2,1	3,9	2,4	
	etil acetato	1946,2	1415,7	1689,4	
	hexanoato de etilo	2,9	2,2	3,7	
	heptanoato de etilo	0,5	1,4	0,9	
	octanoato de etilo	4,0	2,1	1,1	
	n-butil acetato	0,0	0,0	0,0	

Concentraciones expresadas en  $\text{ngkg}^{-1}$ .

## 6.- Componentes volátiles identificados para la variedad Perla.

Cosecha					
Grupo químico	Compuesto	M1	M2	M3	M4
Alcohol	hexil alcohol	35,5	26,7	0,0	0,0
Aldehídos	T-2-Hexenal	247,4	174,9	126,7	42,8
	hexanal	910,4	655,3	520,9	179,3
	trans-2-heptanal	9,3	6,2	5,3	5,4
Terpeno	linalol	55,2	86,5	49,1	55,3
Esteres	butanoato de butilo	0,2	0,2	1,4	0,8
	etil acetato	0,0	0,0	0,0	0,0
	hexanoato de etilo	-0,5	-0,8	-0,6	-0,6
	butanoato de hexilo	298,1	55,6	35,7	74,4
	heptanoato de etilo	0,3	1,1	0,0	0,6
Después de maduración a 20° C					
Aldehídos	t-2-hexanal	65,5	42,4	49,9	
	trans-2-heptanal	8,8	8,4	13,1	
Terpeno	linalol	79,1	118,7	44,3	
Esteres	butanoato de butilo	0,5	0,4	0,9	
	etil acetato	0,0	0,0	0,0	
	hexanoato de etilo	-0,8	-0,8	-0,7	
	heptanoato de etilo	22,1	2,1	0,3	
	octanoato de etilo	10,1	18,1	1,1	
	n-butil acetato	0,0	0,0	0,0	

Concentraciones expresadas en  $\text{ngkg}^{-1}$ .

## 7.- Componentes volátiles identificados para la variedad Palsteyn.

Cosecha					
Grupo químico	Compuesto	M1	M2	M3	M4
Alcohol	hexil alcohol	0,0	0,0	5,3	0,0
Aldehídos	T-2-Hexenal	379,9	195,9	145,4	52,4
	hexanal	943,6	518,0	378,0	86,2
	trans-2-heptanal	13,3	4,5	4,8	3,5
Terpeno	linalol	71,9	24,5	61	52,7
Esteres	butanoato de butilo	0,2	0,2	0,1	0,0
	etil acetato	0,0	0,0	0,0	0,0
	hexanoato de etilo	-0,7	-0,7	-0,5	-0,7
	butanoato de hexilo	38,7	1152,8	504,9	44,1
	heptanoato de etilo	0,5	1,4	1,4	0,4
Después de maduración a 20° C					
Aldehídos	t-2-hexanal	125,9	76,7	91,3	
	trans-2-heptanal	8,4	5,1	9,2	
Terpeno	linalol	28,1	105,8	52,1	
Esteres	butanoato de butilo	0,1	0,3	0,2	
	etil acetato	0,0	0,0	0,0	
	hexanoato de etilo	-0,5	-0,2	-0,8	
	heptanoato de etilo	0,0	3,0	0,4	
	octanoato de etilo	1,5	6,9	2,7	
	n-butil acetato	0,0	0,0	0,0	

Concentraciones expresadas en  $\text{ngkg}^{-1}$ .