

VARIABLES DE PRECOSECHA Y SU EFECTO EN EL COMPORTAMIENTO POSTCOSECHA DEL AGUACATE 'HASS' EN CHILE

Ferreira, Raul¹; Rivera, Sebastián¹; Robledo, Paula¹; Saavedra, Jorge²; Defilippi, Bruno¹

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile (INIA-La Platina), Santiago, Chile. Correo-e: rferreyr@inia.cl, ²Escuela de Ingeniería de Alimentos, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

Resumen

La variabilidad en el comportamiento de la maduración del aguacate es uno de los grandes problemas para la exportación a mercados lejanos desde Chile. Se han indicado efectos significativos de variables de precosecha, como el manejo agronómico y las condiciones medioambientales, sobre el comportamiento de maduración. Sin embargo estos estudios han sido realizados con un enfoque univariado. Los objetivos del siguiente trabajo fueron 1) Estimar la variabilidad pre y poscosecha de aguacate 'Hass' en diferentes condiciones de cultivo en Chile, y 2) Entender el efecto combinado de diferentes variables de precosecha sobre el comportamiento de maduración poscosecha. Frutos de aguacate 'Hass' se cosecharon en madurez comercial por tres años consecutivos en 42 sitios y se almacenaron a 5°C por 35d antes de determinar los parámetros poscosecha de ablandamiento, color externo y días a 20°C en alcanzar madurez de consumo. En cada sitio, se caracterizaron 32 variables: Medio ambiente (5), Nutrición mineral (9), Manejo del riego (3), Características plantación (5), Producción y fisiología (4) y Calidad a cosecha y poscosecha (6). Se observó una alta variabilidad entre los sitios en parámetros como el manejo agronómico y las características de la plantación. Asimismo, los parámetros de maduración poscosecha también mostraron una alta variabilidad entre sitios y temporadas. El análisis de regresión multivariada (PLS) considerando los parámetros de madurez como variables dependientes, indicó que los parámetros: temperatura media mínima, días grados, firmeza, materia seca, manejo de riego, índice de área foliar y número de plantas, son variables importantes para entender el comportamiento de la maduración poscosecha.

Palabras clave adicionales: Variables ambientales, manejo agronómico, calidad aguacate, análisis multivariado.

PREHARVEST VARIABLES AND THEIR EFFECT ON THE POSTHARVEST BEHAVIOR OF 'HASS' AVOCADO IN CHILE

Abstract

One of the biggest challenges for avocado exporters from Chile is to arrive with a homogenous product in term of ripening behavior after long-term storage. Several studies showed a significant effect of preharvest variables such as agronomic management and weather conditions, over the ripening behavior; however these studies were conducted considering a single variable approach. Therefore, the study was conducted to: 1) determine the pre- and postharvest variability among growing conditions in Chile, and 2) to study the effect of the interaction among pre-harvest variables on avocado fruit ripening after long-term storage. Avocado fruit were harvest from 42 sites during three consecutive seasons and stored for 35 d at 5°C. Postharvest ripening behavior was determined by: softening rate, peel color change and days at 20°C to reach ready to eat. Within each site, 32 variables were quantified including weather conditions (5), mineral nutrition (9), irrigation management

(3), planting characterization (5), production and tree physiology (4), and fruit quality (6). Among the 42 sites a high variability in planting characteristic and agronomic management was observed. Moreover postharvest ripening parameters were highly variable among sites and seasons. The Partial Least Square (PLS) regression analysis, considering softening rate, peel color change and days to reach ready to eating stage as depend variables, showed that minimum average temperature, degree days, harvest fruit firmness, dry matter content, irrigation management, leaf area index, and plant number per ha were important variables affecting the ripening behavior of 'Hass' avocado from Chile.

Additional keywords: Weather conditions, agronomic management, avocado quality, multivariate analysis.

Introducción

En la actualidad, uno de los principales problemas detectados por los distribuidores y consumidores de aguacate 'Hass' Chilena en los mercados lejanos de exportación es la alta heterogeneidad en el comportamiento de maduración, y la consecuente incapacidad de poder predecir el tiempo a madurez de consumo de los frutos, incluso de los frutos de un mismo productor. Diversos estudios han indicado la importancia que tienen las variables de precosecha (nutrición mineral, riego, medio ambiente) y cosecha (materia seca) sobre el comportamiento de maduración poscosecha de aguacate (Bower, 1988; Witney et al., 1990; Arpaia, 1994; Woolf y Ferguson, 2000; Blakey et al., 2009). Sin embargo, casi la totalidad de los trabajos han sido realizados con un enfoque univariado donde se determina el efecto aislado de una variable (ejemplo. concentración de calcio en el fruto) sobre el comportamiento de maduración y/o calidad del aguacate. Es por esto que los objetivos del siguiente trabajo fueron: 1) Estimar la variabilidad pre y poscosecha de aguacate 'Hass' en diferentes condiciones de cultivo en Chile y 2) Entender el efecto combinado de diferentes variables de precosecha sobre el comportamiento de maduración poscosecha.

Materiales y Métodos

Frutos de aguacate 'Hass' libres de daños se cosecharon en madurez comercial de cosecha (materia seca >20%) por tres años consecutivos desde 42 sitios de 1,000 m² ubicados en la Región de Valparaíso, Chile. Los frutos se almacenaron a 4.8±0.4°C y 91±0.5% humedad relativa por 35d antes de determinar los parámetros de pérdida de firmeza (N/d), color externo (%) y días necesarios a 20°C en alcanzar madurez de consumo (<2 Lb-F). Durante el desarrollo del fruto o al momento de cosecha y poscosecha, en cada sitio experimental, se caracterizaron 33 variables descritas en el Cuadro 1. Con los resultados obtenidos para cada una de las 35 variables por tres temporadas en cada uno de los 42 sitios, se realizaron análisis descriptivos como la determinación del coeficiente de variación.

Asimismo se realizaron análisis del tipo exploratorio multivariado; para modelar el efecto de variables de precosecha sobre los parámetros de madurez poscosecha (ablandamiento, cambio de color, días a madurez de consumo). De esta manera se realizó un análisis de regresión multivariada (PLS) utilizando el algoritmo NIPALS (Wold et al., 2001). Además se realizó una matriz de correlación de Sперman ($P < 0.05$) para cuantificar la relación entre las variables determinadas. El análisis estadístico se realizó con el programa InfoStat (Universidad de Córdoba, Argentina).

Cuadro 1. Variables determinadas en cada uno de los 42 sitios por tres temporadas productivas de aguacate 'Hass' en Chile.

Medio ambiente		Características plantación		Fisiología y producción		Nutrición mineral (fruto)	
Días grados (base 13°C)	DG13	Altitud (m)	ALT	Diámetro tronco (mm)	TRUNK DIAM	N (%)	FN
Temp. media máxima (°C)	TMAX	Pendiente (%)	SLOPE	Índice área foliar	LAI	K (%)	FK
Temp. media mínima (°C)	TMIN	Macroporo (%)	MACRO PORUS	Peso fruto (g)	FRUIT WEIGHT	Ca (%)	FCa
Humedad relativa media (%)	RH	Pantas/ha (No.)	PLANTHECT	frutos por árbol (N°)	FRUIT NUMBER	Mg (%)	FMg
Radiación solar/d media (W/m ²)	SOLAR RAD	Edad planta (días)	PLANT AGE			B (ppm)	FB
Manejo del riego		Calidad cosecha		Calidad poscosecha		N/Ca	FN/Ca
Riego en flor (% Etc)	FB H ₂ O	Firmeza cosecha (N)	HFIRM	Ablandamiento (N/d)	SOFT RATE	Ca/B	FCa/B
Riego en cuaja (% Etc)	FS H ₂ O	Materia seca (%)	DM	Cambio de color (% frutos virados)	COLOR 35	Ca/K	FCa/K
Riego en fruto (% Etc)	FD H ₂ O	Edad del fruto (días de floración a cosecha)	FRUIT AGE	Días a madurez de consumo	RTE 35	K/Mg	FK/Mg

Resultados y Discusión

Variabilidad del comportamiento de maduración

Los mayores coeficientes de variación (CV) entre los 42 sitios se obtuvieron en parámetros relacionados con la ubicación del huerto, como la Pendiente (CV=83.6%) y la Altitud

(CV=62.8%) y con el manejo agronómico y la respuesta fisiológica de las plantas, como el Índice Área Foliar, (CV=82.7%), la Relación Ca/K (CV=73.6%) y el Manejo del Riego en Floración (CV=53.3%). En contraposición, parámetros medio ambientales como la Radiación Solar (CV=5.6%), la Temperatura Medía Máxima (CV=8.9) y la Humedad Relativa (CV=8.9%) mostraron los coeficientes de variación más bajos. En relación al ablandamiento y cambio de color externo en poscosecha, éstos mostraron una alta variabilidad tanto a nivel de los 42 sitios, como entre las diferentes temporadas estudiadas (Cuadro 2). Los resultados permiten corroborar la observación descrita de manera comercial en relación a la variabilidad en calidad de aguacates chilenas en mercados de exportación; asimismo en función de la variabilidad observada para las diferentes variables de precosecha, es posible postular que debe existir una relación entre las variabilidad de precosecha sobre el comportamiento de maduración poscosecha.

Cuadro 2. Coeficiente de variación entre 42 sitios en tres años consecutivos, para el ablandamiento y cambio de color durante 35d de almacenaje a 5°C de aguacate 'Hass' en Chile.

Maduración poscosecha	Año y coeficiente de variación (CV %)			Promedio
	1	2	3	
Ablandamiento	29.1	28.1	78.5	48.8
Cambio de color	71.2	115.9	363.3	134.0

Estudio de las variables de precosecha sobre el comportamiento poscosecha

Las variables temperatura media mínima, días grados, diámetro del tronco y firmeza a cosecha mostraron una correlación significativa ($P < 0.05$) y directamente proporcional con el ablandamiento y el cambio de color externo del fruto. Por el contrario, el índice de área foliar, las plantas por ha, la concentración de calcio y el manejo del riego en floración mostraron una relación inversa con el ablandamiento y/o el cambio de color. Asimismo, el análisis de regresión multivariada (PLS) indicó que las variables temperatura media mínima, los días grados, la firmeza a cosecha, la materia seca, el manejo de riego en floración, la concentración de calcio, el índice de área foliar, la altitud y el número de plantas por ha son variables importantes influenciando el comportamiento de maduración de palta 'Hass' (Figura 1). De las variables identificadas en este estudio, varias ya habían sido descritas como influyentes en el comportamiento de maduración poscosecha de aguacate, como por ejemplo la concentración de calcio en el fruto (Witney et al., 1990), la materia seca (Ranney, 1991) y las relaciones hídricas (Blakey et al., 2009), entre otros. Sin embargo, en función de los resultados obtenidos es posible indicar que tratar de predecir el comportamiento de maduración poscosecha considerando variables de precosecha de manera aislada es una

simplificación severa de la realidad. En esta, línea existirán variables de precosecha que pueden influir directamente sobre el comportamiento de maduración (ejemplo: nutrición mineral) o de manera indirecta (ejemplo: índice de área foliar). Por lo tanto, será primordial generar niveles umbrales, en función del comportamiento de maduración poscosecha, para cada una de las variables identificadas.

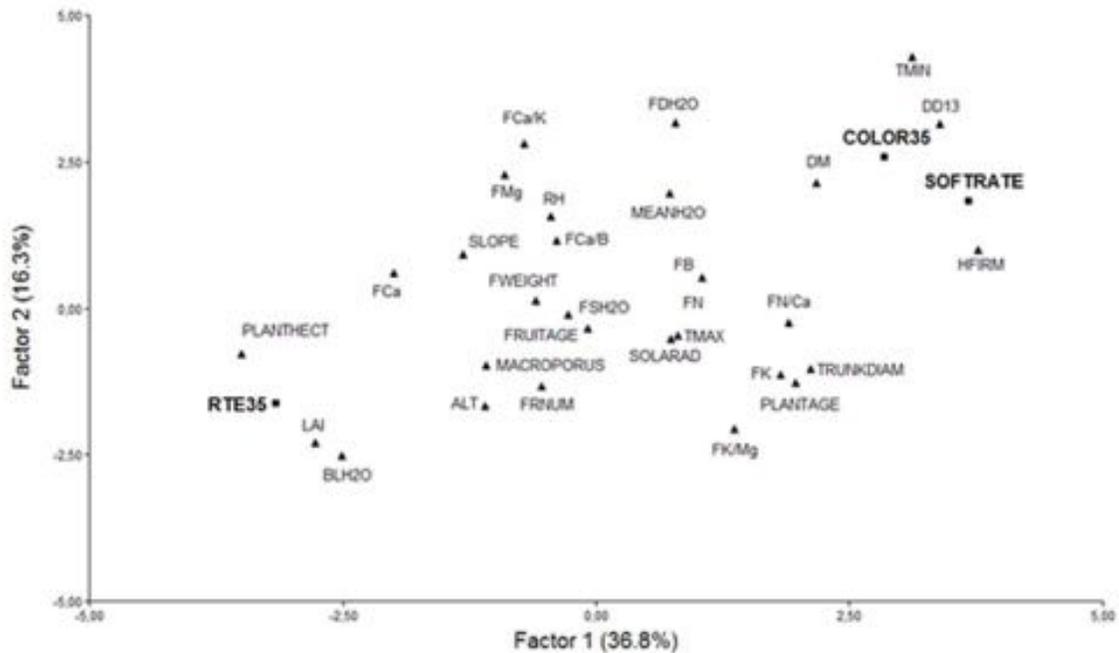


Figura 1. Análisis de regresión multivariado (PLS) considerando 29 variables de precosecha como variables predictoras y tres variables de poscosecha como variable dependiente determinadas durante tres años consecutivos en 42 sitios de aguacate ‘Hass’ en Chile. Para detalle de las abreviaciones ver el Cuadro 1.

Literatura Citada

Arpaia, M.L. 1994. Preharvest factors influencing postharvest quality of tropical and subtropical fruit. *HortScience*. 29(9):982-985.

Blakey, R.J., J.P. Bower, and I. Bertling. 2009. Influence of water and ABA supply on the ripening pattern of avocado (*Persea Americana* Mill.) fruit and the prediction of water content using Near Infrared Spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology* 53:72-76.

Bower, J.P. 1988. Pre and postharvest measures for long-term storage of avocados. *South African Avocado Growers Association Yearbook* 11:68-72.

Raney, C., 1991. Relationship between physiological maturity and percent dry matter of avocados. *California Avocado Society Yearbook* 75: 71-85.

Witney, G.W., Hofman, P.J., and B.N. Wolstenholme. 1990. Effect of cultivar, tree vigour and fruit position on calcium accumulation in avocado fruits. *Scientia Horticulturae* 44:269-278.

Wold, S., Sjödröm, M., and L. Eriksson. 2001. PLS-regression: a basic tool of chemometrics. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 58:109–130.

Woolf, A.B., and I.B. Ferguson.

2000. Postharvest responses to high fruit temperatures in the field. *Postharvest Biology and Technology* 21:7-20.