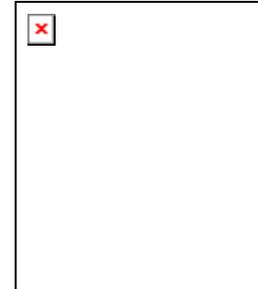




**Pontificia Universidad Católica de Valparaíso**

Fundación Isabel Caces de Brown  
Estación Experimental La Palma  
Casilla 4-D, Quillota-Chile  
Teléfonos 56-32-274501- 56-33-310524  
Fax 56-32-274570, 56-33-313222



Taller de Titulación:

**“COMPARACIÓN DEL PERIODO DE MADUREZ EN  
PALTA HASS EN CINCO ZONAS PRODUCTORAS DE  
CHILE (TEMPORADAS 2003-2005)”**

**Alumno Tallerista:** Francisco Jara M

**Profesor Guía:** José A. Olaeta

Pedro Undurraga

Quillota, 30 de Marzo del 2007

## Resumen

El presente trabajo estudia las diferencias en la época de cosecha, los grados días acumulados, y el porcentaje de materia seca con que fueron cosechados los huertos de paltos en Chile en las temporadas 2003, 2004 y 2005. Además muestra regresiones lineales múltiples como modelos predictivos en base a los grados días acumulados, para determinar en un futuro las fechas de cosecha y el porcentaje de materia seca acumulado. Los huertos escogidos fueron agrupados en cinco zonas productoras por cercanía geográfica, ocupándose para ello 15 productores por zona, seleccionándose sólo los huertos que han sido aprobados para realizar la cosecha de acuerdo a las normas establecidas por el Comité de Paltas.

Los resultados muestran que existe una diferencia en la época de cosecha de la palta cultivar Hass entre las cinco zonas productoras de Chile, la cual responde a un orden geográfico establecido (norte a sur), ya que es el sector de Petorca y Ovalle en donde comienza la cosecha, seguido por San Felipe y Quillota, finalizando en Melipilla. Por otro lado, también existe diferencia en la acumulación de grados días de los huertos entre las cinco zonas de producción, ya que el sector de San Felipe presenta una acumulación superior al resto. Además entre los resultados se obtuvieron tres regresiones lineales múltiples (2003, 2004 y 2005) para determinar las fechas de cosecha de los huertos, las cuales presentan una correlación del 92, 94 y 96% respectivamente, constituyéndose así en un buen modelo predictivo. En cambio, la regresión ajustada para determinar el porcentaje de materia seca presentó una muy baja correlación (12,9%), haciendo al modelo no confiable como predictor. Sin embargo, al ser significativo entrega matices de la relación existente entre el clima, las zonas y la madurez de la fruta.

## Summary

The present investigation covers the differences during the harvest period, the day degrees accumulated, and the percentage of dry matter in which the avocado orchards of Chile in seasons 2003, 2004 and 2005 were harvested. In addition, it shows multiple linear regressions as predictive models based on accumulated day degrees, to determine in the future the harvesting dates and the percentage of accumulated dry matter. The selected orchards were grouped in five producing zones by geographic proximity, using for this 15 producers by zone, selecting only the orchards approved to perform the harvest according to the norms established by the avocado committee.

The results show a difference of harvest time for the avocado cv. Hass in the five producing zones of Chile, which is due to an established geographic order (north to south); The harvest begins in the sector of Petorca and Ovalle, followed by San Felipe and Quillota, ending in Melipilla . There is also a difference in the accumulation of day degrees of the orchards among the five production zones, since the sector of San Felipe presents greater accumulation. In addition, among the results, three multiple linear regressions were used (2003, 2004 and 2005) for determining harvesting dates of the orchards, which present a correlation of the 92, 94 and 96% respectively, thus, constituting a good predictive model. In contrast, the adjusted regression to determine the dry matter percentage presented a very low correlation (12.9%), making the model non-reliable as predictive tool. Nevertheless, the fact of being significant gives approaches of the existing relation between climate, zones and maturity of the fruit.

## Índice

	Resumen	
	Summary	
1	Introducción	1
1.1	Hipótesis	2
1.2	Objetivo general	2
1.3	Objetivo específicos	2
2	Revisión bibliográfica	3
2.1	Antecedentes económicos	3
2.2	Características generales de la especie	5
2.2.1	Cultivar Hass	5
2.3	Índice de madurez	5
2.4	Clima	7
2.4.1	Efecto del clima sobre la madurez	7
3	Materiales y métodos	9
3.1	Materiales	9
3.2	Datos climáticos	9
3.3	Variables estudiadas	10
3.4	Análisis estadístico	10
4	Resultados y discusión	12
4.1	Comparación de los grados días acumulados al momento de cosecha entre las cinco zonas de producción	12
4.2	Comparación del periodo de maduración de los huertos entre las cinco zonas de producción de Chile	14
4.3	Regresión lineal múltiple calculada para estimar las fechas de cosecha de los huertos de cada zona de producción	16
4.4	Regresión lineal múltiple calculada para estimar el porcentaje de materia seca acumulado por los huertos	17
5	Conclusiones	18
6	Literatura citada	19
	Anexos	

## 1. Introducción

El Palto (*Persea americana Mill*) es el frutal de hoja persistente que más se cultiva en Chile con mas de 27.000 ha establecidas, siendo superado sólo por manzanos y vid de mesa (ODEPA, 2007).

El volumen exportable de paltas corresponde al 70% de la producción nacional, lo que responde al fuerte aumento de las plantaciones de esta especie, en particular la variedad Hass (ODEPA, 2007). Este violento aumento de la oferta ha ido acompañado de un aumento en el consumo, lo que ha significado una mayor estabilidad de precios de la que se podría esperar, siendo este creciente consumo uno de los principales factores que ha apoyado el continuo crecimiento de la industria (Magdahl, 2004).

Por otra parte, el conocimiento de los requerimientos climáticos y nutricionales de la especie, han permitido aumentar la productividad en forma importante, convirtiéndola en una especie más rentable y por lo tanto más atractiva de producir (Latorre, 1994).

Para cumplir con los requisitos de los mercados, se han establecido algunos parámetros que garanticen una aceptabilidad mínima por parte de los consumidores. Sin embargo, a pesar de que estos índices están estandarizados (23% de materia seca o 9% de aceite), no se ha logrado determinar el período en que se alcanzan a lo largo del país.

De esta necesidad es donde surge el desarrollo de este trabajo, el cuál busca obtener información que permita determinar el período de madurez de la fruta en las distintas zonas productoras, ayudando con ello a la industria de la palta en general.

### 1.1 Hipotesis:

- Existe diferencia en el período de maduración de la palta cultivar Hass entre las zonas productoras de Chile.

#### 1.2 Objetivo general:

- Definir el momento de maduración de la palta cultivar Hass en las zonas productoras de Chile.

#### 1.3 Objetivos secundarios:

- Cuantificar los grados días acumulados a la fecha de cosecha de los huertos en las zonas productoras de Chile.
- Postular un modelo que permita estimar el momento de cosecha de los huertos de palta cv. Hass en Chile.
- Postular un nuevo modelo que permita estimar el porcentaje de materia seca en los huertos de Chile.

## 2. Revisión Bibliográfica

## 2.1 Antecedentes económicos

La superficie mundial de palto corresponde a 417.029 ha, siendo México el primer productor mundial con 102.467 ha, seguido de EE.UU. y Chile (FAO, 2004).

Según Maghdal (2004), el lugar ocupado por Chile se debe en gran parte a las claras ventajas productivas que presenta el país, como lo son la condición climática y la calidad de suelos y agua.

El mismo autor señala que Chile posee más de 27.000 ha de paltos en la actualidad (cuadro 1), mostrando un alto dinamismo. Esto se demuestra también en la oferta y en la exportación de paltas, la que ha crecido de 2,7 millones de cajas exportadas en 1999 a más de 10 millones en la temporada 2004. La industria de la palta en Chile ha mostrado una fuerte y constante expansión desde mediados de la década de los ochenta, con un ritmo de plantación superior a las 1.500 ha anuales promedio en los últimos diez años.

Cuadro 1. Evolución de la superficie nacional plantada con paltos (en miles de ha).

Año	85	90	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04
Sup	7,1	8,2	12,1	13,3	16,8	18,3	20,3	21,2	22,3	23,4	25,1	27,6

Fuente: adaptado de CIREN, ODEPA, FEDEFRUTA. (2004)

Las plantaciones de paltos en Chile se concentran en la Quinta Región con alrededor del 70 % de la superficie (cuadro 2). Sin embargo, también se observa un fuerte desarrollo en otras zonas tales como la Cuarta Región y la Región Metropolitana (Maghdal, 2004).

Cuadro 2. Distribución de la superficie de paltos según regiones.

Región	IV	V	RM	VI	Otras
Distribución	6%	69%	17%	7%	1%

Fuente: Comité de Paltas, (2007)

De la superficie total plantada con paltos, la variedad Hass es la más importante sobrepasando las 20.000 ha plantadas, lo que representa un 85% de la superficie total de paltos. También se encuentran plantaciones correspondientes a otras variedades como Fuerte, Edranol, Bacon y Negra de la Cruz, las que en conjunto con el resto constituyen en torno a 15% del área (ODEPA, 2005).

El principal destino de la palta chilena es Estados Unidos, dejando una porción al mercado nacional y, por último pequeñas exportaciones a Europa y otros mercados, donde son mínimos los envíos (Cuadro 3). Sin embargo, en los últimos años se están aumentando los envíos a Europa, para así poder abrir más y nuevos mercados para este producto (Magdahl, 2004).

Cuadro 3: Variación de las exportaciones por destino en las temporadas 05/06 v/s 04/05, y proyección de la temporada 06/07.

	2004/2005	2005/2006	Variación	Proyección	Variación
DESTINO	Volumen (T)	Volumen (T)	05/06 vs 04/05	06/07	06/07 v/s 05/06
USA	121.259	85.467	-29,5%	121.000	39,8%
Inglaterra	3.772	6.153	63,1%	9.000	43,9%
Otros Europa	8.065	11.837	46,8%	16.000	49,5%
Japón	471	398	-15,5%	1.000	151,3%
Argentina	1.350	1.310	-3,0%	3.000	129,0%
Otros	38	3	-92,1%		
TOTAL	134.955	105.168	-22,1%	150.000	42,6%

Fuente: Comité de Paltas (2007)

## 2.2 Características generales de la especie

El palto es una especie nativa de América Central y las zonas adyacentes del norte y sur de América. Los distintos cultivares de palto no descienden de una especie original, sino más bien son producto de una serie de hibridaciones a partir de distintos

materiales que fueron trasladados desde su centro de origen. De esta manera es posible agrupar los distintos tipos botánicos en razas o variedades, destacándose entre ellas la mexicana, guatemalteca y antillana (Cautin, 1996). Este frutal presenta uno o dos ciclos vegetativos a lo largo del año, requiriendo, para un crecimiento armónico, temperaturas ideales que fluctúen entre 25°C durante el día y 18°C en la noche (Calabrese, 1992).

### 2.2.1 Cultivar Hass

Según Barrientos *et al.* (2000), el cultivar Hass es a escala mundial y por supuesto en Chile el más importante comercialmente. Su origen se encuentra en California, probablemente por una hibridación entre raza guatemalteca y mexicana. El fruto presenta pulpa de excelente sabor, y contenidos de aceite que pueden alcanzar niveles superiores al 25%. Este cultivar según Cautín, (1996) presenta un buen comportamiento productivo, con un bajo nivel de añerismo como huerto, además de presentar un índice de precocidad interesante con lo cuál se logran cosechas al segundo o tercer año.

### 2.3 Índice de madurez

Arpaia, (1990) señala que la madurez y calidad están íntimamente relacionados ya que la fruta inmadura al momento de la cosecha tiene una calidad organoléptica pobre cuando alcanza la madurez de consumo, lo cual implica muchas cosas: sabor, apariencia y textura. Las paltas inmaduras tienden a arrugarse en la madurez, debido a que tienen mayor tendencia a perder humedad y además son más susceptibles a daños fisiológicos.

Debido a la importancia de saber el momento oportuno de cosecha es que diversos investigadores han tratado de fijar durante muchos años un nivel mínimo de aceite, para lograr así proteger al consumidor (Martínez, 2004). Según Olaeta y Undurraga (1999), el nivel adecuado para la cosecha de Hass se logra en Quillota en fechas cercanas al mes de septiembre. No obstante en la actualidad las exportaciones chilenas de palta 'Hass' se realizan cosechándola con un 9% de aceite lo que ocurre a mediados de agosto, sin que haya alcanzado su mejor estado de madurez. Astudillo (1995) y Martínez (1984) señalan que existe una relación inversa entre el contenido de

aceite y el contenido de humedad en los frutos. Además según este último, el contenido de humedad resulta ser el mejor estimador del contenido de aceite en el fruto.

Saavedra, (1995) señala que la alta correlación existente entre las variables contenido de aceite y humedad, permiten hacer estimaciones de los niveles mínimos requeridos para obtener un buen resultado en la comercialización de los productos.

Según Ried (1992), la medición de aceite por métodos directos se ha reemplazado por la medición del porcentaje de materia seca, ya que la metodología de este método resulta ser más rápida y menos costosa. Kader y Arpaia (2005), señalan que el porcentaje de materia seca tiene un alto grado de correlación con el contenido de aceite y se usa como índice de madurez en California y en la mayoría de las áreas productoras de palta.

Este índice de madurez para palta fue descrito por Morris y O' Brian (1980), determinando para Australia un 21%. Según Arpaia (1990), el porcentaje de materia seca fijado inicialmente en California fue de 22,8% siendo bajado posteriormente a 21.6%, lo que se debió a la presión ejercida por parte de los productores. Por su parte Martínez (1984) y Esteban (1993) señalan que para Chile el porcentaje de materia seca mínimo con que se debiera cosechar el cultivar Hass es del 26% (10-11% de aceite), ya que con este porcentaje se logra un sabor agradable. Sin embargo, para preservar que los envíos de fruta al extranjero tengan la madurez adecuada, los agricultores de Chile y el Comité de Paltas alcanzaron un acuerdo en el cual se estableció que el 22,8 % de materia seca es el índice mínimo de madurez con que se debiera cosechar el cultivar Hass, porcentaje con el cuál se busca además mantener el prestigio de la industria de la palta chilena (Comité de Paltas, 2007).

Algunos autores como Lee (1981) establecen la estrecha relación que existe entre el contenido de aceite y el peso seco del fruto. Tanto es así que el diámetro y peso de los frutos es utilizado en Florida como índice de cosecha, donde cada cultivar debe superar ciertos valores mínimos para ser cosechados. Lee y Young (1983), al medir el crecimiento del fruto, determinaron que al hacer una extrapolación lineal, a valor 0, en la porción de descenso de la curva de crecimiento de la palta se obtiene un punto definitivo indicando que la madurez fisiológica ha ocurrido, y en muchos casos, esta

fecha está relacionada con la data de madurez hortícola, determinada por un panel de análisis de gusto. Por su parte, Coggins (1986) considera que el tamaño del fruto da una predicción bastante pobre de madurez, ya que varía mucho entre áreas que se encuentran a corta distancia. Lo anterior es corroborado por Saavedra (1995), el cual determinó que tanto para el peso, como para el diámetro polar y ecuatorial de los frutos no existe una correlación que permita utilizarlos en forma válida como estimadores del nivel de aceite.

## 2.4. Clima

Como es conocido por todos, el clima es uno de los factores determinantes, tanto de los sistemas de producción agrícola como de sus producciones en diversas regiones del país. La clasificación de las zonas agroclimáticas de Chile (Cuadro 4) resulta de gran relevancia, ya que estas zonas presentan marcadas diferencias a lo largo del territorio nacional (Novoa *et al*; 1989).

Cuadro 4: Características climáticas de las zonas productoras

Zona	Agroclima	T° media anual	T° máx media	T° min media	Precipitación anual
Ovalle	Ovalle	16,6 °C	28,5 °C	6,3 °C	125 mm
Petorca	La ligua	14,4 °C	26,5 °C	4,5 °C	340 mm
Quillota	Quillota	15 °C	27 °C	5,5 °C	437 mm
San Felipe	Ovalle	16,6 °C	28,5 °C	6,3 °C	125 mm
Melipilla	Pumanque	14,9 °C	27,7 °C	5,8 °C	439 mm

Fuente: Novoa *et al*. (1989)

### 2.4.1 Efecto del clima sobre la madurez

Caro, 1998 logró determinar que la relación entre el contenido de aceite y el de humedad es bastante variable según la localidad, siendo incluso variable de un año a otro, debido en gran medida al factor clima.

En relación a lo anterior, el mismo autor estimó tres zonas muy similares en cuanto a la acumulación de aceite, dado que existe una similitud entre algunas localidades evaluadas. La primera zona involucra a La Serena y Cabildo; La segunda a La Cruz y Alto Jahuel; y la tercera a Naltahua y Peumo. Debido a estos resultados se logró observar un efecto de la ubicación geográfica en la acumulación de aceite.

Este autor además señala que existe una relación entre los grados días (temperatura acumulada) en base a 10°C y la acumulación de aceite, ya que las zonas con mayor temperatura acumulada presentaron una mayor velocidad de incremento de aceite reflejada en la pendiente de la recta de acumulación, siendo igual en Cabildo, La Cruz, Alto Jahuel y Peumo. Además determinó que se debería profundizar más sobre el tema de la acumulación de temperatura, ya que zonas tan diferentes como Peumo y La Serena presentan la misma acumulación de días-grado para un contenido de 10 % de aceite, sin embargo, en otros puntos de contenido de aceite no se presentó la misma acumulación de días-grado.

Por su parte Olaeta y Undurraga (1999) señalan en su ensayo realizado entre los años 1996 a 1998, que en el cultivar Hass los niveles de madurez evaluados por el porcentaje de aceite superior a 12% se alcanzaron en épocas diferenciadas en cada temporada, ya que en el primer año se logra a mediados del mes de noviembre, en tanto que en el segundo año los niveles mínimos se alcanzaron en el mes de septiembre. Según los autores esta situación pudo deberse a las temporadas de sequía que afectaron al país durante 1996 contribuyendo a que la fruta del año 1997 adelantara su maduración.

### 3. Materiales y métodos

#### 3.1. Materiales

Para el desarrollo de esta investigación se tomó como base las planillas de análisis de porcentaje de materia seca correspondientes a los años 2003, 2004 y 2005, las cuales fueron derivadas de la base de datos del Programa de maduración, que se encuentra en el laboratorio de biotecnología de poscosecha e industrialización de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Estas planillas, son las muestras de frutos de las tres temporadas enviadas por cada huerto, las cuales han sido analizadas en el laboratorio determinando de esta forma el porcentaje de materia seca como índice de madurez. Para agrupar estas planillas, se establecieron cinco zonas productoras por homogeneidad geográfica y climática (Cuadro 5).

Cuadro 5: Zonas productoras de paltas en Chile

ZONA	OVALLE	QUILLOTA	SAN FELIPE	PETORCA	MELIPILLA
LOCALIDADES	Ovalle	Quillota La Cruz El Melón Hijuelas	San Felipe Los Andes Llay Llay Panquehue	Petorca Cabildo La ligua Longotoma	Melipilla Curacaví Mallarauco

Las aplicaciones del estudio se hicieron en base a quince productores por zona de producción. Para ello, fueron considerados los mismos huertos y cuarteles en las tres temporadas, analizando las planillas que fueron aceptadas (sobre 23% de materia seca) según la resolución del Comité de Paltas.

### 3.2. Datos climáticos

En este estudio se contó con los datos de temperaturas de las temporadas 2003, 2004 y 2005 correspondientes a las cinco zonas productoras, los cuales fueron adquiridos de los registros de la Dirección Meteorológica de Chile. Con estos datos se calculó los grados días acumulados, siendo esta variable una ponderación de la temperatura acumulada a la cual ha estado expuesto el fruto, tomándose para este estudio desde el 1 de noviembre del año anterior ( inicio estimativo de la cuaja) hasta su cosecha.

### 3.3. Variabes estudiadas

En el presente trabajo se analizaron los grados días acumulados explicados anteriormente, además de la fecha de cosecha de los huertos de cada zona de producción, las cuales fueron expresadas como días posteriores al 1 de junio, debido a

la necesidad de expresar las fechas de cosecha de los huertos de forma cuantitativa para realizar el análisis estadístico, ocupándose esta fecha ya que todos los huertos usados para este estudio fueron cosechados después de ella.

#### 3.4. Análisis estadístico

A las variables respuesta de este estudio se les aplicó un análisis de varianza a los factores “zona de producción” y “años” por separado, en cuyo caso de ser significativo ( $P \leq 0,05$ ) se procedió a realizar separación de medias por el test de Tuckey ( $\alpha = 0,05$ ).

Además se confeccionaron las ecuaciones de regresión para estimar las fechas de cosecha y el porcentaje de materia seca (variable dependiente) en función de los grados días acumulados (variable independiente), Presentando las regresiones la siguiente estructura general.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \beta_3 * X_3 + \beta_4 * X_4 + \beta_5 * X_5 + \varepsilon$$

Donde  $\varepsilon$  se distribuye iid, Normal  $(0, \sigma^2)$

Definición de las variables:

Y = Variable dependiente

X1= Grados días Acumulados (Temperatura)

X2, X3, X4, X5 = Son variables dicotómicas que toman valores 0 y 1

X2, uno si es del sector 1 y 0 en otro caso

X3, uno si es del sector 2 y 0 en otro caso

X4, uno si es del sector 3 y 0 en otro caso

X5, uno si es del sector 4 y 0 en otro caso

Cuando todas las anteriores son 0 equivale al sector 5

#### 4. Resultados y discusión

##### 4.1. Comparación de los grados días acumulados al momento de cosecha entre las cinco zonas de producción

El análisis realizado a la variable grados días acumulados a la cosecha, determinó que existe diferencia significativa entre las zonas de producción (Cuadro 6).

Cuadro 6: Grados días acumulados a la fecha de cosecha

Zona	Grados días acumulados
Petorca	1597,2

Ovalle	1693,7	b	
Melipilla	1812,4		c
Quillota	1822,2		c
San Felipe	2055,9		d

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente, según el test de tuckey ( $P \leq 0.05$ ).

En el Cuadro anterior se puede observar que las zonas de Quillota y Melipilla no presentan diferencias estadísticas, teniendo por lo tanto un comportamiento similar entre ellas. Sin embargo ambas zonas presentan una diferencia significativa con las restantes, comportamiento que también presentan por sí solas las zonas de Ovalle, San Felipe y Petorca.

En relación a ello son las zonas de Petorca y Ovalle las que acumulan una menor cantidad de grados días a la cosecha, siendo además éstas las mismas zonas en ser primero cosechadas (Cuadro 8). Sin embargo, las zonas de Ovalle y San Felipe presentan una acumulación de grados días muy disímil entre ellas, no coincidiendo de esta forma con las características presentadas por Novoa *et al.* (1989) en donde se señala que ambas zonas pertenecen al mismo agroclima, por lo que el comportamiento en la acumulación de grados días debiera ser similar. La diferencia de acumulación de grados días entre las zonas de producción se puede deber a que la cuaja de los frutos se alcanza en momentos diferentes entre ellas, siendo en algunas zonas cómo Ovalle y Petorca tal vez anterior al 1 de noviembre (fecha estimativa de la cuaja tomada en todas las zonas), lo que hace que la acumulación de materia seca en los frutos de estas zonas se alcance antes (se adelanta la cosecha), acumulándose por lo tanto una menor cantidad de grados días en ellas. De los resultados del Cuadro 6 se puede concluir que para alcanzar la madurez de cosecha de los huertos, algunas zonas de producción responden a diferentes niveles de acumulación de grados días, o que simplemente los grados días no intervienen directamente en la evolución de la madurez.

El Cuadro 7 muestra la acumulación de grados días entre temporadas en las cinco zonas de producción de Chile, en donde se puede observar que existe una diferencia significativa en la zona de Ovalle entre los tres años. Resultados similares se aprecian en las zonas de Petorca y Melipilla. Estas diferencias traen cómo efecto que se desvirtúen los resultados presentados en el Cuadro 6 en relación a estas zonas, ya que el comportamiento entre temporadas debiese ser similar para que los resultados anteriores sean totalmente confiables.

La variación que presentan estas zonas puede deberse a la interacción del clima con la geomorfología, ya que por ejemplo la zona de Ovalle se encuentra ubicada al interior de los valles transversales, los que según la Dirección Meteorológica de Chile (2007) presentan una oscilación térmica elevada. La misma situación es la que puede afectar a la zona de Petorca, ya que esta se ubica en la parte sur de estos cordones montañosos.

Cuadro 7: Grados días acumulados a la fecha de cosecha de los huertos en las temporadas 2003, 2004 y 2005.

Grados días						
Año	Ovalle	Quillota	San Felipe	Petorca	Melipilla	
2003	1784,2 a	1800,7 a	2070,5 a	1548 a	1619 a	
2004	1870,1 b	1867,3 a	2059,4 a	1566 a	1882 b	
2005	1427 c	1798,7 a	2037,5 a	1677 b	1935 b	

Valores con la misma letra en una misma zona no difieren estadísticamente, según el test de tuckey ( $P \leq 0.05$ ).

#### 4.2. Comparación del período de maduración de los huertos entre las cinco zonas de producción de Chile.

El análisis realizado a la variable días posteriores al 1 de junio, determinó que existe diferencia significativa en el período de maduración de los huertos entre las zonas de producción (Cuadro 8).

Cuadro 8: Período de maduración de los huertos en las zonas productoras.

Zona	Días posteriores al primero de Junio	
Petorca	58,6	a
Ovalle	60,6	a
San Felipe	81,1	b
Quillota	86,6	b c
Melipilla	99	c

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente, según el test de tuckey ( $P \leq 0.05$ ).

Los análisis presentados en el Cuadro 8 muestran que no existe diferencia significativa entre las zonas de Ovalle y Petorca, Así como también entre Quillota y San Felipe además de Quillota y Melipilla, lo que indica que estas zonas son cosechadas en períodos cercanos entre ellas. Sin embargo, sí existen diferencias significativas entre Ovalle - Petorca en relación al resto de las zonas, así como también entre San Felipe y Melipilla.

En relación a lo anterior, se puede establecer que el período de madurez de los huertos de Chile se inicia en las zonas de Petorca y Ovalle, lo que se podría deber a que estas zonas son las que necesitan una menor cantidad de grados días acumulados que permitan cumplir los requisitos del cultivo (Cuadro 6). Posteriormente son las zonas de San Felipe y Quillota las que comienza a cosechar, lo que podría ser explicado porque ambas zonas se encuentran prácticamente en la misma latitud, madurando por lo tanto la fruta en un período similar. Finalmente, a pesar de que no exista diferencia significativa en el período de maduración entre las zonas de Quillota y Melipilla si se puede establecer una tendencia, la cuál muestra que esta última zona madura 12 días después que Quillota.

De acuerdo a los resultados anteriores, se puede estimar una agrupación de zonas de acuerdo al momento en que se alcanza el período de madurez, conformándose tres grandes zonas de producción: zona norte formada por Ovalle y Petorca; zona centro constituida por San Felipe y Quillota; y zona sur formada por Melipilla.

Por otro lado al analizar los Cuadros 6 y 8, se observa que la zona de San Felipe acumula una mayor cantidad de grados días que Quillota, sin embargo ambas zonas alcanzan la madurez en el mismo período, lo que demuestra que existen otras variables relacionadas en la acumulación de materia seca, como lo es la ubicación del huerto (ladera o valle), las precipitaciones, la radiación, el viento, la edad del huerto, el tipo de suelo, la fertilización, y el riego entre otros. Resultados similares se observan entre las zonas de Ovalle y Petorca.

El Cuadro 9 muestra el período de maduración de los huertos en los años 2003, 2004 y 2005 en las cinco zonas de producción de Chile, en donde se observa que existe una diferencia significativa en el Sector de Petorca entre la temporada 2003 y la temporada 2005. Igual diferencia se observa entre los años 2003 y 2004 en la zona de

Melipilla. Estas diferencias entre temporadas muestra claramente que para poder establecer un patrón de comportamiento más exacto de la madurez a través del tiempo es necesario realizar un estudio con una mayor cantidad de temporadas por analizar, para así poder disminuir el efecto causado por alguna temporada que tenga un comportamiento disímil al resto.

Cuadro 9: Período de maduración de los huertos de paltos en los años 2003, 2004 y 2005.

Año	Días posteriores al 1 de Junio				
	Ovalle	Quillota	San Felipe	Petorca	Melipilla
2003	51,1 a	86,3 a	74,4 a	45,2 a	83,0 a
2004	66,4 a	85,0 a	89,6 a	54,8 a b	113,3 b
2005	64,2 a	87 a	79,5 a	75,9 b	100,7 a b

Valores con la misma letra en una misma zona no difieren estadísticamente, según el test de tuckey ( $P \leq 0.05$ ).

#### 4.3. Regresión lineal múltiple calculada para estimar el momento de cosecha de los huertos de Chile

Con el objetivo de encontrar un método que permita estimar el momento de cosecha de los huertos de Chile, se procedió a efectuar modelos de regresión lineal múltiple con los grados días acumulados a la fecha de cosecha de los huertos de cada zona de producción. En relación a ello, en el Anexo 1,3, y 5 se aprecia que la correlación existente entre las variables sobrepasa el 90% en las tres regresiones. Además el análisis de varianza (Anexo 2,4 y 6) muestra que los modelos son significativos, lo que señala que la variabilidad observada en los días de retardo es muy bien explicada por las variables independientes descritas en el modelo. De lo anterior se desprende que el uso de las ecuaciones para la estimación de las fechas de cosecha de los huertos es razonable a medida que se vayan acumulando los grados días necesarios para satisfacer las necesidades del cultivo de acuerdo a cada zona de producción (Cuadro 6). La alta correlación existente entre las variables se debe a que los grados días ocupados en el análisis están calculados hasta las fechas de cosecha de los huertos de cada sector, por lo que hay una relación directa entre fecha y grados días. Las regresiones para los tres años se presentan a continuación.

Año 2003

Días posteriores al 1 de junio = - 431 + 0,317 X1 - 84,3 X2 - 54,3 X3 - 152 X4 - 15,2 X5

Año 2004

Días posteriores al 1 de junio = - 427 + 0,287 X1 - 43,3 X2 - 23,9 X3 - 74,6 X4 - 32,4 X5

Año 2005

Días posteriores al 1 de junio = - 484 + 0,302 X1 + 117 X2 + 28,9 X3 - 52,1 X4 + 53,1 X5

Nota: El significado de cada una de las variables se encuentra en materiales y métodos.

#### 4.4. Regresión lineal múltiple calculada para estimar el porcentaje de materia seca de los huertos de Chile.

Con el objetivo de encontrar un método para estimar el porcentaje de materia seca de los huertos de Chile, se procedió a efectuar un modelo de regresión lineal múltiple. Del Anexo 7 se desprende que la variable grados días acumulados no es significativa para el modelo, lo que trae como consecuencia que el cálculo de la materia seca de los huertos de cada zona de producción no pueda ser estimada por esta variable, ya que según el modelo no existe una relación directa entre ellas. Lo anterior se debe probablemente a que la acumulación de materia seca es muy variable entre los huertos de una misma zona, incluso en los mismos huertos entre temporadas, ya que existe un comportamiento genético de la especie (desarrollo del árbol, añerismo, competencia de frutos, período de floración, etc) que produce una variabilidad entre cada planta, existiendo por lo tanto árboles en donde sus frutos cuajan con anterioridad a otros, lo que hace que la acumulación de materia seca entre ellos sea distinta en el tiempo. Esta característica hace que sea muy difícil realizar una

predicción con una confiabilidad relativamente elevada, lo que se refleja en la correlación existente entre las variables (12,9%). Sin embargo el análisis de varianza presente en el Anexo 8 muestra que el modelo ajustado resulta ser significativo, resultado que nos muestra que existe alguna relación entre la zona, el clima y la maduración de la fruta.

La regresión ajustada para este período es la siguiente:

$$\% \text{ de materia seca} = 24,5 + 0,000869 X1 - 1,28 X2 - 1,11 X3 - 0,629 X4 - 1,16 X5$$

Nota: El significado de cada una de las variables se encuentra en materiales y métodos.

## 5. Conclusiones

- Para alcanzar la madurez de cosecha, las zonas de Petorca, Ovalle y San Felipe responden a diferentes niveles de acumulación de grados días. Por su parte las zonas de Quillota y Melipilla no difieren entre ellas.
- El período de maduración de la palta cultivar Hass en Chile se inicia en las zonas de Petorca y Ovalle, seguido de San Felipe y Quillota, finalizando en Melipilla.
- Se pueden agrupar tres grandes zonas de producción de acuerdo al período de maduración de la fruta siendo estas; zona norte (Ovalle y Petorca), zona centro (San Felipe y Quillota) y zona sur (Melipilla).

- El período de maduración de la palta cultivar Hass en Chile responde a un orden geográfico establecido de Norte a Sur.
- Las regresiones lineales calculadas para determinar las fechas de cosecha de los huertos de cada zona de producción de Chile, resultaron confiables para ser ocupadas como modelo predictivo.
- La regresión lineal calculada para determinar el porcentaje de materia seca acumulado por los huertos de cada zona de producción de Chile, no puede ser ocupada como modelo predictivo.

## 6. Literatura citada

Astudillo, J. 1995. Variación estacional en el porcentaje de aceite, humedad, aceptabilidad y calidad en frutos de palto (*Persea americana Mill*) cvs. Fuerte y Zutano. 68p. Tesis Ing. Agr. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile.

Arpaia, M. 1990. Estándares para paltas en California. sp. In Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Curso Internacional de Producción, Poscosecha y Comercialización de paltas. Viña del Mar, Chile, 2-5 de Octubre 1990. Universidad Católica de Valparaíso, Viña del mar, Chile.

Barrientos, F; R. Pérez; M. Borys; M. Martínez-damián. 2000. Cultivares y Portainjertos del aguacate. p. 33-54. In D. Téliz (ed). El aguacate y su manejo integrado. Editorial MundiPrensa, México D.F., México.

Calabrese, F. 1992. El Aguacate. 249 p. Ediciones MundiPrensa, Madrid, España

Caro, N. 1998. Estudios de índices de madurez en frutos de palto (*persea Americana* mill) var.Hass en distintas localidades de Chile. 51p. Tesis Ing. Agr. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago, Chile

Cautín, R. 1996. Nuevos antecedentes sobre requerimientos de polinización variedades.

p. 15-29 In B. Razeto y T. Fichet (eds). Cultivo del palto y perspectivas de Mercado. Universidad de Chile, (Publicaciones misceláneas Agrícolas N° 45), Santiago, Chile.

Coggins, C. 1986. Feasibility of using fruit size and percentage dry weight to Predict Maturity. California Avocado Society Yearbook 68: 145-160.

Comité de Paltas, 2007. Quienes somos. Principales acciones emprendidas por el comité. Disponible en

<http://www.paltahass.cl/html/mapa/index.htm>. Leído el 8 de mayo del 2007.

Dirección meteorológica de Chile, 2007. Dirección General de Aeronáutica Civil. Descripción climatológica de la cuarta región. Disponible en [http://www.meteochile.cl/climas/climas\\_cuarta\\_region.html](http://www.meteochile.cl/climas/climas_cuarta_region.html). Leído el 15 de marzo del 2007

Esteban, P. 1993. Estimación del contenido de aceite a través de la humedad y su relación con la palatabilidad en frutos de paltos de las variedades: Negra de la Cruz, Bacon, Edranol y Hass desde la última etapa del desarrollo hasta la madurez fisiológica. 54 p. Tesis Ing. Agr., Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Quillota, Chile

Food and Agriculture organization of the united nations.2004. Datos agrícolas.

Disponible en

<http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset=agriculture&language=es>.

Leído el 15 de mayo del 2006

Kader, A y M. Arpaia. 2005. Aguacate: (Palta). Recomendaciones para mantener la calidad de Postcosecha. Disponible en <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Aguacate.shtml>  
Leído el 10 de junio del 2006

Latorre, F. 1994. Estimación del porcentaje de aceite mediante la determinación de porcentaje de humedad en frutos de paltas ( *Persea americana* mill) cvs. Zutano, Fuerte, Gwen y Whitsell. 69 p Tesis. Ing. Agr. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Quillota, Chile.

Lee, S, 1981 . A review and background of avocado maturity standart. California Avocado Society Yearbook 65: 101-109

\_\_\_\_\_, and R. Young. 1983. Growth measurement as an indication of avocado Maturity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(3): 395-397

Magdhal, C. 2004. La industria de la palta en Chile. p. 1-17. In Sociedad Gardiazabal y Magdhal Limitada. Segundo Seminario Internacional de paltos. Quillota, 29 y 30 de Septiembre y 1 de Octubre. 2004. Sociedad Gardiazabal y Magdhal Limitada. Quillota, Chile

Martínez, F. 2004. Evolución del contenido de aceite en palta variedad Hass, bajo Distintas tasas de riego en la zona de Quillota. 50p. Taller de Licenciatura. Ing. Agr., Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Quillota, Chile.

Martínez, O. 1984. Variación estacional en el contenido de aceite, contenido de Humedad, tamaño y palatabilidad en frutos de palto cvs. Negra de la Cruz, Bacon, Zutano, Fuerte y Hass. 83p. Tesis Ing. Agr., Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Quillota, Chile.

Morris, R and K .O'Brien.1980. Testing Avocados For Maturity. California Avocado Society Yearbook 64: 67-70. Avalaible at

[http://www.avocadosource.com/cas\\_yearbooks/cas\\_64\\_1980/cas\\_1980\\_pg\\_67-70.pdf](http://www.avocadosource.com/cas_yearbooks/cas_64_1980/cas_1980_pg_67-70.pdf).  
Accessed 25 de junio del 2006

Novoa, R, S. Villaseca, P. del Canto, J. Rovinet, C. Sierra y A. del Pozo. 1989. Mapa Agroclimático de Chile. 221p. INIA, Santiago, Chile.

Oficina de estudios y políticas agrarias. 2005. Estadísticas macrosectoriales y productivas. Disponible en <http://www.odepa.gob.cl/>. Leído el 10 de mayo del 2006

Oficina de estudios y políticas agrarias. 2007. Estadísticas macrosectoriales y productivas. Disponible en <http://www.odepa.gob.cl/>. Leído el 5 de mayo del 2007

Olaeta J.A y P. Undurraga. 1999. Determinación de la evolución y Caracterización de los aceites en paltas (*Persea americana*.mill.) cvs. Fuerte y Hass cultivados en Chile. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 117-122

Ried, M. 1992. Maturation and maturity indices. p. 21-28. In A, Kader (ed). Postharvest technology of horticultural crops. University of California, California, USA.

Saavedra, S. 1995. Evolución de parámetros físico-químicos y sensoriales en paltas cultivares Hass, Gwen y Whitsell. 47 p. Taller de Licenciatura. Ing. Agr. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Quillota. Chile.

# Anexos

Anexo 1: Estimación de los coeficientes de la regresión y bondad de ajuste para el año 2003

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	S	R-Sq	RSq(adj)
$\beta_0$	-430,91	23,90	-18,03	0,000	8,27367	91,8%	91,2%
X1	0,31742	0,01470	21,60	0,000			
X2	-84,285	3,874	-21,76	0,000			
X3	-54,323	4,030	-13,48	0,000			
X4	-151,90	7,288	-20,84	0,000			
X5	-15,198	3,197	-4,75	0,000			

Anexo 2: Análisis de Varianza de la regresión calculada para el período 2003

Source	DF	SS	MS	F	P
Regresión	5	53004	10601	154,86	0,000
Residual Error	69	4723	68		
Total	74	57727			

Ho:  $\beta_1=\beta_2=\beta_3 =\beta_4= \beta_5=0$

H1: Al menos uno es distinto

Anexo 3: Estimación de los coeficientes de la regresión y bondad de ajuste para el año 2004

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	S	R-Sq	RSq(adj)
$\beta_0$	-427,45	19,15	-22,32	0,000	8,78937	94,6%	94,2%
X1	0,2872	0,0101	28,43	0,000			
X2	-43,294	3,212	-13,48	0,000			
X3	-23,887	3,213	-7,43	0,000			
X4	-74,621	3,675	-20,31	0,000			
X5	-32,410	4,531	-7,15	0,000			

Anexo 4: Análisis de Varianza de la regresión calculada para el período 2004

Source	DF	SS	MS	F	P
Regresión	5	92911	18582	240,54	0,000
Residual Error	69	5330	77		
Total	74	98241			

Ho:  $\beta_1=\beta_2=\beta_3 =\beta_4= \beta_5=0$

H1: Al menos uno es distinto

Anexo 5: Estimación de los coeficientes de la regresión y bondad de ajuste para el año 2005

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	S	R-Sq	RSq(adj)
$\beta_0$	-483,89	14,82	-32,64	0,000	5,43317	96,6%	96,3%
X1	0,3020	0,007625	39,61	0,000			
X2	117,128	4,355	26,89	0,000			
X3	28,924	2,241	12,91	0,000			
X4	-74,621	3,675	-24,43	0,000			
X5	53,109	2,794	19,01	0,000			

Anexo 6: Análisis de Varianza de la regresión calculada para el período 2005

Source	DF	SS	MS	F	P
Regresión	5	57560	11512	389,98	0,000
Residual Error	69	2037	30		
Total	74	59597			

Ho:  $\beta_1=\beta_2=\beta_3=\beta_4=\beta_5=0$

H1: Al menos uno es distinto

Anexo 7: Estimación de los coeficientes de la regresión y bondad de ajuste

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	S	R-Sq	RSq(adj)
$\beta_0$	24,509	1,311	18,70	0,000	1,478	12,9	10,9
X1	0,0008687	0,0007128	1,22	0,224			
X2	-1,2798	0,3229	-3,96	0,000			
X3	-1,1095	0,3117	-3,56	0,000			
X4	-0,6289	0,3567	-1,76	0,079			
X5	-1,1621	0,3474	-3,35	0,001			

Anexo 8: Análisis de Varianza de la regresión calculada para el período 2003 a 2005

Source	DF	SS	MS	F	P
Regresión	5	71,003	14,201	6,50	0,000
Error Residual	219	478,601	2,185		
Total	224	549,605			

Ho:  $\beta_1=\beta_2=\beta_3 =\beta_4= \beta_5=0$

H1: Al menos uno es distinto