PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA DE FRUTICULTURA

TALLER DE LICENCIATURA

EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE ACEITE EN PALTA VARIEDAD HASS, BAJO DISTINTAS TASAS DE RIEGO EN LA ZONA DE QUILLOTA.

FRANCISCO JOSÉ MARTÍNEZ BUSTAMANTE

QUILLOTA CHILE

2004

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....1

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....5

2.1 Fruto del palto.....5
2.1.1 Valor nutritivo del fruto.....6
2.1.2 Madurez de cosecha.....9
2.1.3 Factores que afectan la calidad de la fruta.....10

2.2 Requerimientos hídricos del palto.....13
2.2.1 Efecto del riego sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo.....14
2.2.2 Requerimientos hídricos para el crecimiento y desarrollo del fruto 16
2.2.3 Efectos del riego sobre la producción.....19

3. MATERIALES Y MÉTODO.....24

3.1 Lugar del ensayo.....24
3.2 Tratamientos.....25
3.3 Metodología.....29
3.4 Diseño estadístico.....30

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....31

4.1 Porcentaje y velocidad de acumulación de aceite.....31
4.2 Calibre.....34
4.3 Suministro hídrico.....38

5. CONCLUSIONES.....40

6. RESUMEN.....41

7. ABSTRACT.....42

8. LITERATURA CITADA.....43

ANEXOS.....48

1. INTRODUCCIÓN

La palta (*Persea americana* Mill.), presenta durante su desarrollo en el árbol un incremento en su contenido de aceite y una disminución en su porcentaje de humedad, lo que es utilizado como índice de madurez, afectando su palatabilidad (KRUGER, F .J.; STASSEN, P. J. C. y SNIJDER, B, 1999).

El alto contenido de aceite de la palta y los ácidos grasos que la constituyen, en su mayoría corresponden a los llamados insaturados (ESTEBAN, 1993). Además el fruto posee otras características benéficas lo cual lo hace aun más atractivo para el mercado, dentro de ellas se encuentran su agradable sabor y alto valor nutritivo, siendo un fruto que contiene todos los elementos, tales como; hidratos de carbono, proteínas, vitaminas, minerales y lípidos según lo descrito por PIERCE (1959) citado por LUZA (1981).

Chile como uno de los principales países exportadores de fruta del mundo, requiere cumplir con todas las exigencias de calidad impuestas por el mercado (aceite, calibre, sanidad, etc.). Uno de los desafíos más importantes es lograr colocar la fruta en la fecha exacta cuando el mercado internacional está desabastecido (GARDIAZABAL, 2000), para esto se han realizado numerosas investigaciones que apuntan a determinar si el riego como tal tiene algún efecto sobre el adelanto o retraso de la producción, bajas producciones, añerismos, etc.

Según WOLSTENHOLME (1999), los paltos en condiciones de estrés generan bajas productividades o "añerismos" tremendamente marcados, bajos calibres y frutos que presentan una vida de postcosecha limitada. La falta de agua es una de las posibles causantes de una reacción que atenta a favor de un comportamiento asociado a estrés. GARDIAZABAL (2000), afirma que aunque no existe mucha información de los efectos del riego sobre el rendimiento de los paltos, se sabe que es el responsable directo del crecimiento y desarrollo de los árboles.

Específicamente la falta de agua durante la floración perjudica el normal desarrollo y funcionamiento de las flores, disminuyendo la cuaja de frutos. En la inflorescencia particularmente, el déficit hídrico a lo largo del día sigue un patrón similar a las hojas, pero es mayor. Estas estructuras, en el momento de la floración, representan un 47 por ciento de la superficie transpirante del árbol. Esto indica claramente que no puede haber restricción hídrica en esta etapa fenológica para una buena fructificación. Si el déficit continúa, se acentúan las caídas naturales de frutos, principalmente la de post-cuaja, cuando han alcanzado un 10 a 40 por ciento de su tamaño, correspondiendo en este caso a la caída de diciembre. El crecimiento de los mismos se reciente drásticamente, e incluso puede paralizarse (WHILEY., CHAPMAN., y SARANAH, 1988).

Investigaciones anexas han determinado que el riego resulta fundamental en el manejo de huertos de paltos, ya que la especie es muy sensible a los excesos y a la falta de agua. Demasiada humedad, especialmente en un suelo pesado, reduce la disponibilidad de oxígeno para las raíces, además, favorece el desarrollo de *Phytophtora cinamomi,* hongo que puede causar en un corto período, la muerte de gran parte de las raicillas. El déficit hídrico es especialmente dañino durante la

formación del fruto. Además, el fenómeno conocido como anillo del pedúnculo parece estar relacionado con períodos de estrés durante el desarrollo del fruto. El anillo se manifiesta como una lesión corchosa en la unión del pedicelo y el pedúnculo, o donde este último se une con la fruta o con la rama. En cualquier caso, se produce un desprendimiento de frutos (GARDIAZABAL., 2000; FERRYERA, SELLÉS, y BURGOS, 1988).

Para verificar los efectos del riego sobre la calidad de la fruta, en este ensayo se someterá a los árboles a diferentes tasas de riego. A cada uno de los tratamientos se les tomará muestras periódicas con el fin establecer si existe alguna relación entre la cantidad de agua aplicada con el grado de madurez de la fruta, y a la vez reafirmar o rechazar el efecto del riego sobre el calibre de la fruta. Según esto la hipótesis de trabajo será la siguiente:

"Los regímenes de riego deficitario durante ciertas etapas del crecimiento del fruto, producen un adelanto en la acumulación de aceite dentro del fruto. Mientras que dosis superiores de riego provocan que la acumulación de aceite se retrase en el tiempo."

Objetivos generales:

-Determinar el efecto de las distintas tasas de riego sobre la velocidad de acumulación de aceite en la pulpa de la palta Hass.

Objetivos específicos:

-Determinar cual es la mejor dosis de riego para obtener porcentajes óptimos de aceite para la cosecha (11%) en el menor período de tiempo posible.

-Determinar si las bajas tasas de riego tienen relación con el calibre final de los frutos.

-Determinar en qué fecha resulta perjudicial para el calibre de la fruta, la disminución la cantidad de agua aplicada en la planta.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Fruto del palto.

El fruto del palto botánicamente corresponde a una baya monocarpelar con una semilla (CUMMINGS y SCHRöEDER, 1942). En el fruto se pueden distinguir tres *tipos de tejidos: exocarpio, mesocarpio y endocarpio, que en su conjunto constituyen* el pericarpio. Además BAILE y YOUNG (1971), señalan que el mesocarpio está constituido por un tejido parenquimático homogéneo. El principal constituyente de este tejido es el aceite, que se produce en células especializadas o idioblastos y que se distinguen por su gran tamaño y por sus paredes celulares lignificadas. Estas células, son poco numerosas y se encuentran repartidas a través del parénquima del pericarpio (CUMMING y SCHRÖEDER, 1942).

BAILE y YOUNG (1971) indican que el endocarpio está constituido por pocos estratos de células parenquimáticas, más pequeñas que las del pericarpio. En todo el pericarpio se encuentra tejido vascular, que es asimétrico y ramificado (CUMMING y SCHRÖEDER, 1942). Estas fibras conductoras pueden tonarse de color oscuro en frutas sobre maduras, impropiamente ablandadas o que han sufrido daño por heladas; este fenómeno se atribuye a la decoloración de los elementos traqueales (BAILE y YOUNG, 1971).

Debe notarse que el aumento en el tamaño de la palta, difiere de muchas otras frutas en que la división celular se mantiene constante. En cambio, en el palto se presentan

procesos de elongación y división celular durante el crecimiento del fruto, el cual es del tipo simple sigmoideo (LEWIS, 1978; SCHRÖEDER, 1987).

2.1.1 Valor nutritivo del fruto.

La palta, al igual que la leche, es un alimento muy completo, incluso se señala que posee valor energético más alto que la banana y la carne (PIERCE, 1959).

De acuerdo a WOLSTENHOLME (1986), el contenido energético de frutos de palto con un 17 por ciento de aceite es de 807.2 KJ 100 g^{-1}, tres veces mayor al de la manzana (262.8 KJ 100g^{-1}). En vista del alto contenido energético de un fruto de palto y su mayor peso en comparación a una manzana, una relación hoja:fruta de 100:1 puede ser considerada como equivalente a una relación hoja:fruta de 15-20:1 en manzano.

Acusar al alto contenido de energía de la palta y, consecuentemente, una alta demanda de asimilados como el origen de la gran caída de fruta es insatisfactorio, desde el punto de vista que más de un 96 por ciento de la fruta abscisiona antes de que el mesocarpo alcance un contenido de aceite del 1 por ciento (GARDIAZABAL, 2000).

La palta es la única fruta fresca que contiene entre un 14 y 22 por ciento de aceite, lo que otorga unas 300 a 400 calorías por cada 100 gramos de pulpa comestible, y los

ácidos grasos que la constituyen en su mayoría son los denominados esenciales (GARDIAZABAL, 1991).

Otra característica que hace de la palta un fruto extremadamente nutritivo es el nivel de proteínas, que en relación a otros frutos es bastante alto ya que éstos alcanzan como máximo un uno por ciento, en cambio en palta se puede alcanzar hasta un 2,4 por ciento de proteínas (BAILE y YOUNG, 1971), además, representa una fuente de vitaminas, principalmente A y B, y presenta alcoholes y azúcares poco usuales como perseitol y deritro (HUMAN, 1987; HAEUDUER, 1965).

A continuación se presenta la caracterización del aceite crudo de palta propuesto por MESSRS, MC LACHLAN y LAZAR citado por HUMAN (1987).

CUADRO 1. Caracterización del aceite crudo de palta.

Ácidos grasos	%
ac. Palmítico	11.95
ac. Palmitoleico	3.98
ac. Esteárico	0.85
ac. Oléico	70.54
ac. Linoleico	9.45
ac. Linolénico	0.87
ac. Araquidónico	0.5
ac. Behénico	0.61
ac. Lignocérico	0.34
ac. Elisonoico	0.39

FUENTE: Análisis privado donado por MESSRS, MC LACHLAN y LAZAR (Pty) Ltd. Consulting Chemist Johannesburg.

Dentro del mismo fruto del palto, la distribución del aceite no es homogénea, presentándose mayores concentraciones en el tejido ubicado hacia el punto de inserción con el pedúnculo, representando alrededor del doble de la concentración de aceite (31.6%), con respecto al tejido ubicado cercano a la semilla (16.8%). El tejido pulposo que rodea a la semilla muestra una mayor cantidad en el extremo distal de la semilla y una menor cantidad en el extremo proximal, siendo este último el lugar donde se encuentra la menor cantidad de aceite de la fruta. Además, se pudo constatar que los puntos periféricos son más altos en contenido de aceite que los puntos interiores. Estos datos apoyan la sugerencia que la distribución del aceite es

establecida mientras la fruta está más o menos pequeña, haciéndose evidente durante el desarrollo y maduración (SCHRÖEDER, 1987).

La disponibilidad de los carbohidratos de reserva a lo largo de la temporada, es un elemento esencial que influencia la acumulación de aceite en los frutos de palto. Y es lógico que así sea, puesto que la síntesis de aceite proviene del desdoblamiento de los materiales hidrocarbonados que almacena el árbol en diferentes órganos. Las hojas son capaces de almacenar grandes cantidades de carbohidratos y minerales que se reciclan en los períodos de demanda. La concentración máxima de carbohidratos en estos órganos se registra entre fines de invierno y primavera. Luego, coincidiendo con el período de floración y cuaja de frutos, su concentración comienza a disminuir rápidamente hasta alcanzar el nivel mínimo en otoño. Una vez que el crecimiento vegetativo ha cesado, las reservas de almidón reinician su acumulación en el árbol (SILVA, 1995).

2.1.2 Madurez de cosecha.

LEE, CHIFFMAN y COGGINS (1983), señala que el precio de la fruta es generalmente alto cerca del período de cosecha, lo que estimula la recolección de fruta inmadura, la cual no madura adecuadamente, se vuelve insípida, acuosa, arrugada y se ennegrece.

Por la importancia del momento de cosecha en la calidad de la fruta, es que se ha trabajado con diferentes índices de madurez, a fin de que la cosecha se realice

oportunamente. Para esto numerosos investigadores han tratado durante años de fijar un nivel mínimo de contenido de aceite en la fruta, con el objetivo de proteger al consumidor.

OLAETA y UNDURRAGA (1995) señalan que un nivel adecuado para el cultivar Hass, sería de un 11 por ciento de aceite. Sin embargo, se considera como rango óptimo para consumo, en este cultivar, de 13 a 16 por ciento de aceite.

2.1.3 Factores que afectan la calidad de la fruta.

La gran aceptación que ha tenido la palta a nivel mundial, ha provocado un aumento considerable en la superficie cultivada con esta especie, tanto a nivel nacional como internacional. Esto ha provocado que la competencia entre mercados sea cada vez más estrecha, pasando a ser la calidad de la fruta, el requisito más importante al momento de la comercialización. La calidad está influenciada por factores como el calibre, la inocuidad y la cantidad de aceite que contenga la fruta, estando esta última ligada estrechamente a su condición organoléptica.

La formación de aceite se relaciona con la hidrólisis de los elementos hidrocarbonados que pasan a acetato, para luego continuar con una síntesis de ácidos grasos. Esto hace lógicamente, que el incremento en el nivel de aceite se relacione con una disminución en la cantidad de azúcares o carbohidratos en la pulpa.

El contenido de aceite en los frutos de palto se ve influenciado por varios factores, siendo los principales: el cultivar, las condiciones agro ecológicas en que se cultiva el árbol y el estado de desarrollo del fruto (SILVA, 1995).

OLAETA y UNDURRAGA (1995), mencionan que normalmente la cantidad de aceite aceptable para cosechar una palta de buena calidad organoléptica, se logra en la zona de Quillota entre mediados de septiembre y el mes de noviembre. Los mismos autores estudiaron por dos temporadas seguidas la evolución del contenido de aceite en un huerto de paltos, cultivar Hass. Los resultados obtenidos durante la temporada 96-97, señalan que los frutos alcanzan un 11 por ciento de aceite en la pulpa durante las últimas semanas de noviembre. En tanto que en el segundo año los niveles mínimos se alcanzaron en el mes de septiembre.

La respuesta a estas diferencias en la fecha de recolección pueden deberse a las condiciones climáticas que se presentan año tras año. Temporadas de sequía que afectaron al país durante 1996 contribuyeron a que la fruta del año 1997 en el caso de Hass adelantara su maduración (OLAETA Y UNDURRAGA,1995).

Con relación a los ácidos grasos que componen el aceite (Cuadro 1), OLAETA y UNDURRAGA (1995), corroboraron estudios previos, concluyendo que el ácido predominante fue el oleico. Estos investigadores estudiaron el comportamiento de los ácidos grasos en la variedad Hass por dos temporadas consecutivas (1996-1997 y 1997-1998), concluyendo que además de ser el ácido oleico el ácido graso predominante, éste varió su concentración según la temporada, presentando valores menores la temporada 1996-1997 con respecto a la 1997-1998. También concluyeron

que los niveles de concentración de este ácido graso disminuyeron sustancialmente hacia el período de senescencia de la fruta.

En Sudáfrica, se han dirigido estudios similares a los realizados por OLAETA y UNDURRAGA (1995), con el fin de identificar las condiciones climáticas que son responsables de desviaciones de calidad de los frutos. Los resultados indicaron que la acumulación de aceite en el fruto se ve influenciada sobre todo por las temperaturas y las precipitaciones. Al igual que acá, los parámetros para determinar el estado de madurez de los frutos son el contenido de humedad y aceite. KRUGER, STASSEN y SNIJDER (1999), durante los años 1994, 1995 y 1996, estudiaron las condiciones climáticas y las relacionaron con la calidad de la fruta. El estudio indicó que hubo diferencias notorias durante las temporadas 1994-1995 con respecto a lo sucedido en el año 1996. Los dos primeros años mostraron una pequeña diferencia en temperaturas y precipitaciones, siendo la primera ligeramente más calurosa a fines de invierno. Por su parte la temporada 1996 mostró un aumento notorio en la precipitaciones, con un total de 900 milímetros y temperaturas similares a 1995 (KRUGER y CLAASSENS, 1999).

KRUGER y CLAASSENS (1999), demostraron que la acumulación de aceite durante 1996, se vio retrasada con respecto a los años anteriores, pero mostró un aumento progresivo después de dos meses de ocurrido el período de alta precipitación. A diferencia de lo que ocurrió en los años 1994-1995, donde las precipitaciones no superaron los 400 milímetros, la acumulación de aceite óptima para cosecha se logró cerca de cuarenta días antes.

2.2. Requerimientos hídricos del palto.

En la mayoría de las plantas, especialmente aquellas con fines hortícolas, se debe mantener un adecuado suministro hídrico para obtener máximas producciones. El agua provee el medio para el transporte a larga distancia, desde las raíces hasta las hojas, de nutrientes y reguladores de crecimiento, tanto en el xilema como en el floema. La transpiración, con el efecto termorregulador del agua es sin duda el principal factor que permite el desarrollo de cultivos en zonas de altas temperaturas.

La cantidad de agua requerida para satisfacer la transpiración depende de las condiciones ambientales, del tipo de suelo y las características particulares de las plantas como son el tamaño, la edad, los niveles de producción y la estructura y distribución de las raíces (SALGADO, 1991).

Es así como durante el período invernal de semi actividad éstos requerimientos son mínimos dada la menor demanda atmosférica y los mínimos crecimientos fenológicos (WHILEY, 1990).

El incremento de los requerimientos hídricos se acentúa entrando la primavera, aumentando el área evapotranspirativa que se produce como resultado de los crecimientos vegetativos y reproductivos (WHILEY, CHAPMAN Y SARANAH, 1988).

La necesidad de determinar un punto óptimo de riego para el palto, en cuanto a volumen y frecuencia de aplicación, se relaciona con los niveles de producción y la sanidad de los árboles (SALGADO y BOZZOLO, 1997).

2.2.1 Efecto del riego sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo.

El palto bajo las condiciones de clima de la zona de Quillota, presenta muchas veces dos crecimientos vegetativos en la temporada. El primer "flush" de crecimiento intenso, se produce entre septiembre y noviembre y otro más moderado entre febrero y abril dependiendo de las condiciones ambientales. Estos crecimientos, tanto reproductivos como vegetativos, son sucedidos por un "flush" de crecimiento radical, que se produce entre los meses de octubre a diciembre.

Durante la etapa de crecimiento vegetativo y reproductivo, la demanda tanto del recurso hídrico como de otros nutrientes es máxima, no se recomienda restringir la disponibilidad de éstos. Es sabido que luego de estos crecimientos se produce el crecimiento radical, el cual posee características de superficial, muy ramificado lateralmente, con pocos pelos radiculares, de baja eficiencia en la absorción y conducción del agua. Por lo tanto, someter al árbol a un estrés nutricional puede derivar incluso en una gran variación en el contenido de agua del árbol, incluso presentando síntomas de deshidratación durante las horas de mayor exposición solar. Como consecuencia, puede producirse un estrés hídrico, incluso en períodos de baja transpiración. Es por esto, que un desbalance parcial de agua puede afectar la productividad, sobre todo si se produce en los momentos críticos (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991).

Con respecto a lo anterior, SCHRÖEDER y WIETLAND (1956), indican que bajo condiciones de estrés hídrico, las hojas de palto son capaces de retirar agua desde los frutos para satisfacer la demanda atmosférica, provocando una contracción de ellos. Además señalan que esta extracción es mayor en aquellos frutos jóvenes, por lo que éstos son más propensos a sufrir estrés bajo condiciones de alta demanda atmosférica.

Según GARDIAZABAL y ROSENBERG (1991), para lograr una producción equilibrada, es totalmente indispensable suministrar los nutrientes necesarios, evitando cualquier tipo de estrés, sobre todo durante la cuaja y posterior crecimiento del fruto.

Diversas investigaciones anatómicas de frutos abscicionados han revelado que la mayoría de los abortos durante las primeras semanas después de floración se debe a que los óvulos no fueron fecundados. Todos los frutos que caen desde un mes después de floración en adelante son fertilizados y muestran un desarrollo normal del embrión y del endoesperma (SEDGLEY, 1980). A pesar de la gran cantidad de flores que hay en cada una de las inflorescencias, más del 99 por ciento de las flores y frutitos cuajados abortan, lo que lleva a bajas producciones (ADDICOTT, 1983).

Este fenómeno ha impulsado numerosas investigaciones, tratando de explicar el por qué de esta gran caída de frutos. Se han sometido árboles a diferentes tipos de estrés; hídricos, nutricionales, etc. El resultado de estas investigaciones, no ha sido satisfactorio, ya que la caída de frutos se presenta de la misma manera en árboles sometidos a estrés, como en árboles en condiciones normales. Esto ha llevado a pensar por un lado, que este fenómeno se presenta por una limitación en la

capacidad de sumidero del fruto, o por una competencia por asimilados. Ahora bien, este fenómeno se puede aminorar, es así, como LOVATT (1990), señala que en período de floración y fertilización, cualquier condición de estrés es determinante en el futuro éxito de la cuaja de fruta, disminuyendo por ende la producción. WHILEY, CHAPMAN y SARANAH (1988), señalan que durante este período existe una alta susceptibilidad al déficit hídrico. Esto se explica por las características de las estructuras florales del palto, las cuales contribuyen a la pérdida de agua a través de la cubierta epidermal de las panículas, lo que las hace mas propensas que las hojas a sufrir déficit hídricos durante períodos de demanda atmosférica moderada. Un exceso de estrés impuesto en esta etapa puede provocar daños irreversibles a los órganos florales, limitando por ende la cuaja y la retención de fruta.

2.2.2 Requerimientos hídricos para el crecimiento y desarrollo del fruto.

Después de que la fecundación tiene lugar, comienza la formación y desarrollo del fruto, que es muy intenso en los primeros momentos de desarrollo.

Durante el desarrollo del fruto de palta, se produce una serie de cambios en su morfología como, incremento de peso, diámetro etc., paralelamente se producen cambios fisiológicos como el cambio de concentración de los ácidos grasos, aumento de la materia seca, etc. Según varios autores, estos parámetros se correlacionan estrechamente entre sí, y por supuesto con el grado de desarrollo del fruto (CAMPBELL, MALO y CHANDLER, 1978; HARDING, 1954).

Paralelamente al desarrollo del fruto se produce una variación del color y grosor de la testa, es así que en frutos inmaduros, ésta es de color blanco y gruesa, y a medida que el fruto se desarrolla la testa se vuelve de color más oscuro y más delgada (ERICKSON, 1966).

Además de los cambios mencionados anteriormente, existen otros que no se aprecian a simple vista. Entre ellos se encuentra el aumento en el contenido de aceite, disminución del contenido de azúcares, aumento del contenido de proteínas y aumento de compuestos volátiles (LEE, 1981; SLATER, SHANKMAN, SHEPERD, 1975; MITCHEL, 1965; DAVEMPORT y ELLIS, 1959; APPLEMAN y NODA, 1941).

La curva de crecimiento del fruto en el árbol es de tipo simple sigmoideo; durante toda la temporada hay un proceso de división y elongación celular, a diferencia de otras especies, donde la división celular cesa en un cierto momento, y el crecimiento adicional, es por elongación celular (LEWIS, 1978). El tamaño final del fruto vendrá dado en primer lugar por el número y tamaño de las células que compongan el fruto, y en segundo lugar por la acumulación de agua y solutos en las vacuolas (HO, 1988). Por otro lado el tamaño del fruto, será también influenciado por el número de células conseguidas por los esbozos florales antes de la antesis (MARTINEZ y VALERO, 1982). Por tanto el aumento proporcional de la biomasa final del fruto, se deberá no sólo al incremento del número de células en el ovario, sino al aumento del citoplasma de las células, como también del llenado de las vacuolas de las mismas. Sin embargo hay que tener en cuenta que las altas temperaturas o las condiciones de estrés hídrico, pueden reducir el número de células, tanto de los esbozos florales como del fruto (BHONER y BANGERTHL, 1988).

Una vez que la drupa ha alcanzado la mitad de su volumen final, el crecimiento celular se detiene, observándose variaciones mínimas hasta el momento de senescencia del fruto, el tamaño de los espacios intercelulares es ocupado por aire, bajando la densidad del tejido. Si se mide constantemente el diámetro transversal y longitudinal del fruto se observa que hay una fluctuación cotidiana de forma que, habiendo una expansión durante la noche y una contracción durante el día, ésta alcanza su máximo en el momento de mayor temperatura. La temperatura y la humedad juegan un papel fundamental en la determinación de la amplitud de las contracciones, que son menos acentuadas en condiciones de clima fresco y húmedo. Este fenómeno se atenúa en las horas de mayor temperatura si aumenta la humedad relativa en los alrededores del fruto (CALABRESE, 1992).

El crecimiento inicial del fruto coincide con el mayor crecimiento del brote y de la raíz. Los frutos son particularmente sensibles a la competencia ejercida por el crecimiento vigoroso del brote terminal de la inflorescencia, especialmente si la movilización de las reservas y la nueva producción fotosintética son inadecuadas, por ejemplo un estrés hídrico en esta etapa. Además si este estrés es acompañado de un aumento en la temperatura, se incrementa la transpiración de las hojas cercanas al fruto y del fruto mismo, provocando por consiguiente pérdida hídrica de los tejidos (FINAZZO, DAVEMPORT, y SHAFFER, 1994; WHILEY, 1990).

A pesar de que el brote de verano es competitivo en un principio con el crecimiento del fruto, de él depende que éste alcance su tamaño potencial. Por otra parte, la acumulación de reservas durante el invierno, depende del segundo período de crecimiento vegetativo, el cual se da cuando el volumen de raíces es el óptimo para sustentarlo (TAPIA, 1993; HERNÁNDEZ, 1991).

MAZLIAK (1971), señala que los lípidos aumentan durante el desarrollo del fruto. La biosíntesis de éstos se realizaría a través de la formación de ácidos grasos, los cuales serían sintetizados a partir del ácido palmítico (LEHNINGER, 1976). Este aumento en el peso, va acompañado de una disminución en el contenido de humedad del fruto.

En tanto SLATER *et al* (1975), indican que junto con el aumento de peso, hay un incremento en el tenor de proteínas y una disminución en el contenido de azúcares.

2.2.3 Efectos del riego sobre la producción.

El riego ha sido identificado como un factor fundamental para el éxito de la producción de paltas. Las etapas de cuaja y crecimiento temprano de fruto han sido identificadas como críticas, debiendo evitarse en ellas, el estrés hídrico (LUKE *et al.*, 1995).

Según RAZETO (1999), el fruto para crecer requiere de un normal suministro de agua en el árbol. Un déficit hídrico, especialmente durante la etapa de expansión en el tamaño de las células del fruto, puede retrasar e incluso paralizar el crecimiento del mismo. Paralelamente, así como el tamaño del fruto se ve disminuido cuando el número de hojas que lo abastece es insuficiente o ellas están alteradas en su capacidad fotosintética, también su maduración en el árbol se ve retrasada. El fruto para desarrollarse y madurar oportunamente requiere de un número suficiente de hojas de buena calidad. Cuando esto no ocurre, el tamaño final es menor y su maduración se puede atrasar en varios días o semanas.

Déficit de riego en verano, no percibidos a simple vista, generan desequilibrios hormonales que quedan latentes hasta el momento de la floración. Durante este período se "gatilla" una intensa caída de hojas, que para muchos representa el período normal de "recambio" de follaje. Esta caída natural de follaje, influirá directamente en la capacidad de abastecimiento de fotoasimilados hacia el fruto, por ende la capacidad de sumidero del fruto y la competencia entre los mismos afectará el calibre final de éstos. (PALMA, 1991).

Según WHILEY *et al.* (1986), un fenómeno conocido como anillo del pedúnculo ("Ring neck") estaría relacionado con períodos de estrés hídrico durante el desarrollo del fruto. Este desorden fisiológico se manifiesta como una lesión corchosa en la unión del pedicelo y el pedúnculo, pero puede ocurrir entre el pedicelo y la unión con la fruta, o donde el pedúnculo se une a la rama, siendo todos estos sitios lugares naturales de abscisión.

Si el agua es un elemento restrictivo en la etapa de cuaja y crecimiento inicial del fruto, se establecerá una fuerte competencia entre éstos y las hojas. El resultante de tal evento es que las hojas extraerán el agua del fruto, deshidratándolo a tal punto, que este abortará (LAHAV y KALMAR, 1992), junto con el aborto de frutos, una baja en el suministro hídrico con respecto al requerido, reduce la cantidad de ciclos de crecimiento del árbol, realzando su sensibilidad a heladas (LAHAV, STEINHARDT y KALMAR, 1992).

Por otro lado existe una razón anexa por lo cual no se recomienda disminuir la cantidad de agua aplicada al cultivo. La gran mayoría de las plantaciones de palto

Hass, se encuentran sobre porta injerto Mexícola, el cual es muy sensible a la salinidad, tanto en el agua de riego como en el suelo mismo.

De acuerdo a MEYER *et al.* (1992), en un ensayo realizado en Corona (Riverside) y Cashin (San Diego), EE.UU, suministrando el 120% de ETc (Evapotranspiración real del cultivo) no habría diferencias significativas en la cosecha en base anual, con respecto a otros tratamientos de riego (80% y 100%). Sin embargo la cosecha acumulada 1988-1990 se vio aumentada con el tratamiento de 120% de ETc. Los coeficientes de cultivo (Kc), utilizados en este ensayo se encontraban entre 0.35 y 0.55 y las láminas anuales para los tratamientos de 80, 100 y 120% de ETc eran 23, 28 y 32 pulgadas/acre lo que corresponde a volúmenes de 8.656, 10.537 y 12.042 m^3/ha respectivamente. En un estudio económico, que en una de sus partes analiza como única variable el nivel de riego, los mayores retornos se obtuvieron con 100% de ETc, considerando el altísimo costo del agua en el sur de California (150 dólares/acre-pie), que equivale en el año 2000 a valores superiores a los US$ 5.000 por ha. Mayores porcentajes de ETc no mejoraban los retornos (TAKELE *et al.*, 1992). Esto está dado principalmente por la eficiencia del riego en relación a la producción. Dado que la escasez de agua se está transformando en un factor habitual en muchas partes del mundo, la relación de kilógramos cosechados por unidad de agua aplicada está tomando cada vez más importancia.

Según LAHAV y KALMAR, (1992), en un estudio realizado en condiciones de suelos arcillosos, riego por goteo, buena calidad de agua de riego y precipitaciones promedio de 600 mm, lo que equivale a 6000 m^3 se aumentó en un 20% la cantidad de agua aplicada con respecto al 100% comúnmente sugerido (10.000m^3). Los resultados obtenidos fueron un mayor crecimiento del tronco, mayor crecimiento

vegetativo y mayores cosechas. Una reducción de 1.000 m^3/ha significa una baja en la cosecha de 2 ton/ha, lo que corresponde a un 20% de la cosecha en Hass. Sin embargo es importante recalcar que la experiencia se llevó a cabo en suelos arcillosos, riego por goteo, buena calidad del agua de riego y lluvias promedio en la temporada de 600 mm. TAKELE *et al.* (1992), señalan que la aplicación de un 100 por ciento del ETc, se obtienen las mejores productividades. Además señalan que al disminuir en un 20 por ciento el riego, es decir un 80 por ciento del ETc, la productividad baja en un 16 por ciento. El riego aumentado al 120 por ciento no tuvo como resultado un aumento en la producción.

En otra experiencia realizada en Ventura, California, 2.5 ha con árboles de siete años (Hass sobre Duke 7 y patrones mexicanos) regados en base a diferentes Kc, de 0.37 a 0.85, a la tercera cosecha en 1995 se evidenció una mayor quemadura de hoja, con contenidos de cloruros sobre 0.5% en los tratamientos con Kc bajos. No se observó una buena correlación entre agua aplicada y cosecha anual o acumulada (FABER; ARPAIA, y YATES, 1995).

Según FRANCIS (1998), resultados preliminares sobre un nuevo estudio en San Diego, EE.UU., con datos de cosecha de los años 1993-1996 muestran un aumento de la producción acumulada del 50%, con un 130% de ETc aplicado una vez por semana en suelos delgados con buen drenaje, con respecto a tratamientos de 90, 100 y 110% de ETc. En cuanto a las frecuencias de riego, se produce un descenso en la producción a medida que los riegos son mas recurrentes.

Si bien, gran parte de los estudios demuestran que la cantidad adecuada de agua a aplicar para obtener las mejores producciones es de un 100% con respecto a eETc, es válido hacer notar que variables como tipo de suelo, clima, etc., pueden decir lo contrario, es así como en investigaciones realizadas en Riverside y San Diego, en EE.UU., se comprobó que al suministrar el 120% (12.042 m^3/ha) de la evapotranspiración del cultivo (ETc), no hay diferencias significativas en la cosecha respecto de árboles regados con el 80 ó el 100% (correspondientes a volúmenes de 8.656 y 10.537 m^3). Allí también se vio que la producción acumulada en tres años es mayor cuando se riega con la cantidad más alta (GARDIAZABAL, 2000.).

Un estudio realizado en Israel señala que el riego con altas cantidades de agua (11.000 m^3/ha al año) por tres temporadas consecutivas, genera menos quemaduras en las puntas de las mismas y el rendimiento acumulado es mayor, con respecto a riegos con cantidades medias y bajas de agua (FERRYERA; SELLÉS y BURGOS , 1998).

Sin embargo, riegos excesivos, pueden ser causal de mayores daños que el causado por cualquier otra práctica agronómica, debido principalmente a que favorece la presencia del agente causal de la podredumbre de las raíces, provocada por el hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands, y que es conocida comúnmente como "tristeza del palto" (CALABRESE, 1992).

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Lugar del Ensayo:

El presente ensayo se realizó entre agosto del 2002 y julio del 2003 en el huerto de paltos de la Estación Experimental, ubicado en el sector "La Palma", provincia y comuna de Quillota , V región, Valparaíso (32°50` Sur y 71°13` Oeste), perteneciente a la Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

El clima de la localidad de Quillota es del tipo templado cálido. El régimen térmico de esta zona, se caracteriza por una temperatura media anual de 15,3°C, con una máxima media del mes más cálido (enero) de 27°C, una mínima media del mes más frío (julio) de 5,5°C. El período libre de heladas aprovechable es de 9 meses, de septiembre a mayo. La suma anual de temperaturas base 10°C es 1.900 grados-día. Las horas de frío, de marzo a noviembre llegan a 500. La temperatura media mensual se mantiene sobre 10°C. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 437 mm, siendo el mes de junio el más lluvioso con 125 mm. La evaporación máxima en diciembre es de 7,07 mm/día y la mínima es en junio con 1,2 mm/día (NOVOA *et al.,* 1989). La humedad relativa de la zona es más bien alta, siendo uniforme a lo largo del año (entre 67 y 83%), presentándose mayormente en los meses de invierno (83%) y durante las primeras horas de la mañana (MARTINEZ, 1981).

El suelo pertenece a la serie Quillota, La Palma, de textura superficial y profundidad media, con pendiente y ondulación suaves y ligera pedregosidad (CICA, 1979). El color es pardo rojizo oscuro, en profundidad, presenta un substrato constituido por gravas y piedras con material intersticial. El drenaje es bueno y la permeabilidad moderada. Se clasifica en Clase II de capacidad de uso (CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1966).

El ensayo se realizó en paltos, (*Persea americana mill.)* cultivar Hass, los árboles fueron plantados el año 1995, a una distancia de 5 metros entre la hilera y 5 metros sobre la hilera.

El sistema de riego existente, de tipo mecanizado, utiliza micro aspersores de precipitación 35 lt/hr. La frecuencia de riego se estableció todos los días y el tiempo de riego es determinado en base a la evaporación de una bandeja evaporimétrica clase A.

3.2. Tratamientos:

En cada tratamiento se tomaron 5 árboles con similares características, homogéneos en estado de desarrollo, altura y volumen de follaje, cantidad y calidad de fruta. Se seleccionó 40 frutos por tratamiento, ubicados en la zona central del árbol, de tamaño promedio, sin exposición directa a la luz solar, sanos biológica y físicamente.

Cada tratamiento corresponde a una fracción de la evapotranspiración entregada por la bandeja evaporimétrica clase A. Es decir, lo tratamientos corresponden a una variación porcentual del total de agua aplicada en la especie según los valores de Kb y Kc determinados para la especie.

Para determinar el volumen diario en mm/día a aplicar, se utilizó la siguiente ecuación:

$ETo = Kb * Eb$

$ETc = Kc * ETo$

$R = ETc / E$

Donde:

R: requerimiento de riego

E: eficiencia de riego

Etc = evapotranspiración del cultivo, mm/día.

Eto = evapotranspiración potencial, mm/día.

Kc: coeficiente de cultivo

Kb: coeficiente de bandeja

Eb: evaporación de bandeja

Luego:

$R = (Kc * Kb * Eb) / E$

Fc, será el "Factor de corrección" dado que se utilizará para determinar las variaciones de los regímenes hídricos en cada periodo. Por lo tanto, sí:

$$Fc = (Kc^* Kb) / E$$

Entonces:

$$R = Fc * E b$$

A continuación, en el CUADRO 2 se pueden observar los distintos tratamientos y las variaciones porcentuales del régimen hídrico en las distintas etapas del desarrollo del fruto.

Cuadro 2. Porcentaje de agua aplicada con respecto a Etc, según tratamiento.

<table>
<tr><th></th><th>Ago</th><th>Sept</th><th>Oct</th><th>Nov</th><th>Dic</th><th>Ene</th><th>Feb</th><th>Mar</th><th>Abr</th><th>May</th><th>Jun</th><th>Jul</th></tr>
<tr><td>Trat 1</td><td></td><td colspan="7">75%</td><td colspan="3">100%</td></tr>
<tr><td>Trat 2</td><td></td><td colspan="5">50%</td><td colspan="6">100%</td></tr>
<tr><td>Trat 3</td><td colspan="6">100%</td><td colspan="2">75%</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>Trat 4</td><td></td><td colspan="7">130%</td><td colspan="3">100%</td></tr>
<tr><td>Trat 5</td><td colspan="11">100%</td></tr>
<tr><td>Trat 6</td><td colspan="6">100%</td><td colspan="2">50%</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

Durante muchos años, se han determinado distintas tasas de evaporación según la localización y época del año para el cultivo del palto. Es así como distintos investigadores han llegado a obtener resultados que difieren entre si. Estudios

realizados por LUKE *et al.* (1995), y LAHAV y KALMAR (1983), concluyeron que los valores adecuados de ET/ETo para la zona de Akko Israel, eran entre 0.39 – 0.54, mientras que MEYER *et al.* (1990), en la zona de Corona California, obtuvieron valores que fueron entre 0.55 como máximo y 0.35 como mínimo.

Otros resultados obtenidos por LEVINSON y ADATO (1991), con un 0.46 como mínimo y 0.64 como máximo, arrojan como conclusión que la estimación del Etc para el mismo cultivo debe calcularse de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas de cada localidad. (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores de coeficientes de cultivo y bandeja utilizados, v/s propuestos.

	Kb actual	Kc actual	Kb propuestos	Kc propuesto
Enero	0,75	0,50	0,75	0,75
Febrero	0,75	0,50	0,80	0,75
Marzo	0,75	0,50	0,85	0,72
Abril	0,75	0,47	0,95	0,72
Mayo	0,80	0,47	0,95	0,72
Junio	0,80	0,38	1,10	0,72
Julio	0,80	0,38	1,20	0,72
Agosto	0,80	0,38	1,10	0,72
Septiembre	0,75	0,45	1,00	0,72
Octubre	0,75	0,50	0,80	0,72
Noviembre	0,75	0,45	0,75	0,75
Diciembre	0,75	0,50	0,75	0,75

Fuente: GAMA - CORFO. 2000

3.3. Metodología:

El diámetro polar y ecuatorial de los frutos fue medido cada dos semanas, entre el 15 de septiembre al 15 de diciembre, con pie de metro. Además se tomó muestras de cinco frutos anexos por cada tratamiento durante las mismas fechas, con el fin de medir el contenido de aceite y su evolución durante el tiempo. El criterio para seleccionar los frutos a medir fue el mismo que se utilizó en la selección de los frutos a los cuales se les midió sus diámetros.

La metodología para medir el contenido de aceite fue la descrita por OLAETA y UNDURRAGA (1995), mediante la técnica que dice relación inversa que existe entre el porcentaje de materia seca y la humedad.

La ecuación corresponde a:

$$\% \text{ aceite} = 53.4838 - (0.5765 * \%\text{humedad})$$

Se tomaron muestras de cinco frutos por tratamiento con intervalos de 15 días, de los cuales se obtuvo dos muestras de 25 gramos aproximadamente cada una. Cada muestra contenía fragmentos de pulpa obtenidos al azar, con el fin de contrarrestar la diferencia de concentración de aceite que existe dentro del mismo fruto. Una vez obtenida la muestra se introdujeron en una estufa a 80° C por 72 horas. Transcurrido este tiempo se pesaron las muestras y se introdujeron los valores de peso seco en la fórmula.

3.4. Diseño estadístico:

Para el análisis de las variables se consideró un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial.

$Yiju = \mu + Di + Fj + DFij + \varepsilon iju;$

donde:

Di: Efecto del i-ésimo régimen de riego.

Fj: j-ésima fecha del régimen de riego.

DFij: interacción entre régimen y fecha.

εiju: error aleatorio $\sim N(O; \sigma^2)$

Si hay efecto del régimen hídrico; se comparan las medias por el Test de Tukey al 5%.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Porcentaje y velocidad de acumulación de aceite

El análisis estadístico mostró que no hay influencia de la cantidad de agua aplicada sobre el adelanto u o retraso en la madurez de consumo. Como se aprecia en la Figura 1, la madurez de consumo se alcanzó en la totalidad de los tratamientos a mediados del mes de noviembre, promediando un valor de 10.51 por ciento en la concentración de aceite en la pulpa.

De acuerdo a los estándares de calidad, el nivel óptimo de aceite en la pulpa para su cosecha, es de un 11%. Estos valores normalmente en la zona de Quillota se alcanzan a mediados del mes de octubre aproximadamente, siempre y cuando accidentes climáticos como altas temperaturas, sequías, temporales, etc., adelanten o retrasen este fenómeno.

En este ensayo, como se puede apreciar en la Figura 1, concentraciones sobre los 10.51 % solo se alcanzó a mediados de noviembre en los tratamientos 75% de septiembre a abril, 100% todo el año y 50% de Febrero a Abril, no existiendo diferencia estadística con respecto a los demás tratamientos. Es válido recalcar que la distribución de aceite dentro del fruto es bastante heterogénea (SCHRÖEDER, 1987), situación que explica lo sucedido en el caso del Tratamiento donde se aplicó el 130% de Etc durante los meses de Septiembre a Abril, el cual presentó valores menores el 15 de noviembre en comparación al 30 de octubre.

También existen diferencias con respecto a la ubicación espacial del fruto dentro del árbol. Según OLAETA y UNDURRAGA (1995), la calidad organoléptica de la palta, medida por el contenido de aceite en relación a la humedad del mismo, es influenciada por las condiciones de temperatura durante el período de maduración de los frutos. Otro estudio realizado por LAING *et al.* (1999), revela que la fruta que está expuesta en cierta medida a la luz solar a alguna hora del día, presenta una mayor cantidad de aceite en la pulpa con relación a la fruta que está ubicada hacia el interior del árbol. En muchos casos el lado de la fruta que queda expuesta al sol, es también diferente al lado sombreado. Aunque hay una gama de mecanismos posibles para esta diferencia, tal como la exposición a la luz UV, el principal factor probable es la temperatura.

La Figura 1, muestra que los seis tratamientos acumularon niveles de aceite similares durante su desarrollo hasta la madurez óptima de cosecha. Los valores obtenidos fluctuaron entre 7 y 9 por ciento desde principios de septiembre hasta mediados de noviembre, fecha en la cual el contenido aumentó considerablemente promediando aumentos de un 1.15% de aceite en la pulpa.

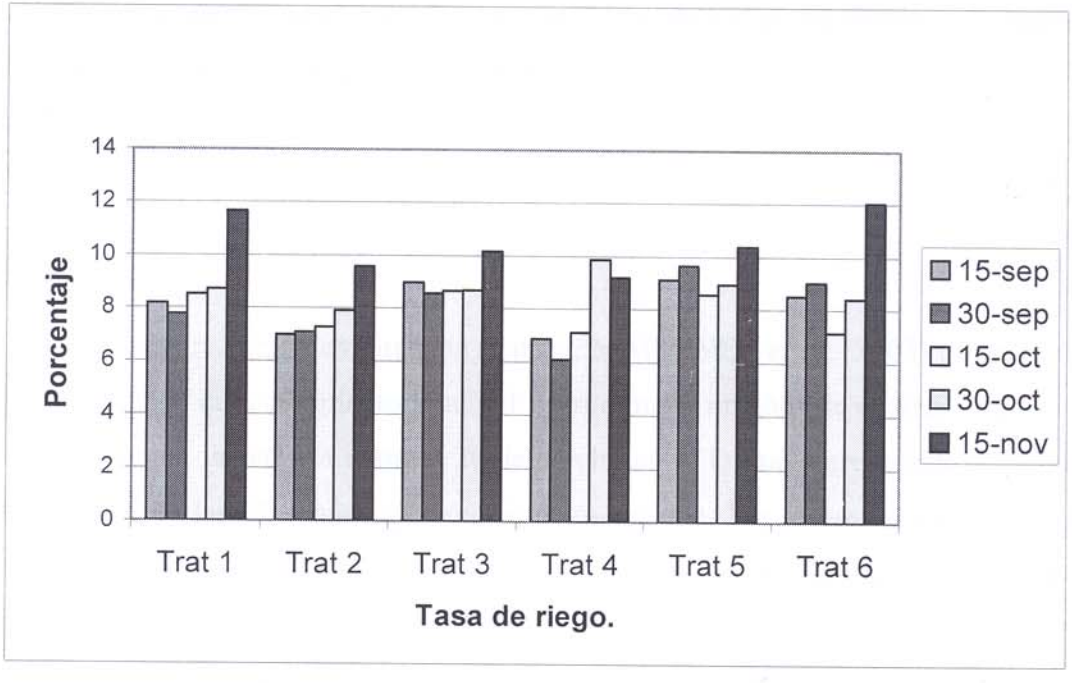


Figura 1. Variación estacional del contenido de aceite en la pulpa de fruto de palto según los diferentes aportes hídricos.

También se puede apreciar que en la totalidad de los tratamientos las concentraciones de aceite son levemente menores avanzada la fecha, lo que afirma que la distribución del aceite en la pulpa es heterogénea y además dentro del mismo tratamiento e incluso dentro de un mismo árbol.

Si se analizan las dos variables en conjunto para determinar un fruto de agradable sabor y un calibre exportable, se reafirma que al no causar ningún tipo de estrés a la planta (Tratamiento 5), ésta responde de mejor manera en cuanto a calidad organoléptica, calibre y producción. En el punto 4.2 se explica la razón de la

exclusión de los tratamientos donde se aplicó un 50% del Etc durante los meses de septiembre a enero y en el que se aplicó un 130% del Etc en los meses de septiembre a abril, como posibles tratamientos a utilizar.

4.2 Calibre

En un estudio realizado en Granada España, MARTINEZ *et al.* (2003) determinaron que el 91.35% del crecimiento total del fruto durante un año (de cuajado a cuajado), se consigue en la semana número 26 de crecimiento, lo que corresponde a la mitad del tiempo de las 52 semanas de crecimiento del año. Por lo tanto es indispensable que la demanda hídrica sea repuesta en un 100% durante las primeras etapas de desarrollo del fruto, con el objetivo de no perjudicar el calibre final de la fruta.

Este ensayo se realizó durante los meses de septiembre, octubre y noviembre, por ende la variación tanto el diámetro ecuatorial como el polar fue mínima y tendiendo a cesar a medida que el fruto alcanzó su madurez de consumo.

Como se puede observar en las Figuras 2 y 3, hubo diferencias significativas entre los tratamientos, tanto en el diámetro ecuatorial como en el polar, siendo los tratamientos correspondientes al 75% del Etc en los meses de febrero a abril y el de 50% de Etc en los meses de febrero a abril (Cuadro 2) estadísticamente menores con respecto al resto de los tratamientos. Esta baja en los calibres se explica debido a que los déficit de agua se aplicaron específicamente durante febrero, marzo y abril meses de alta demanda hídrica. Estos meses coinciden con la mayor pendiente en la curva de crecimiento de la fruta y por ende con la mayor demanda de nutrientes, por lo tanto

la división celular se vio disminuida y probablemente provocó la muerte del embrión, LAHAV y KALMAR (1977); VAN EYK (1994). Provocando así que el tamaño de los frutos quedara predeterminado sin posibilidad de alcanzar calibres finales exportables.

Según MILNE (1994), en un estudio realizado en Israel, el calibre de la fruta cosechada en un huerto regado apropiadamente, en comparación con un huerto vecino sometido a un estrés hídrico en los meses de crecimiento exponencial de la fruta, el calibre disminuyó en un promedio de 50 gramos por fruto.

Los resultados obtenidos bajo los tratamientos donde se aplico un 50 y 75% en los meses de febrero a abril se pueden explicar porque durante los meses de floración y cuaja, los árboles no se vieron sometidos a ningún tipo de estrés, lo que provocó un normal desarrollo de las flores y frutitos cuajados. Además, esto condujo a que la caída natural de frutitos que se da en el mes de diciembre, se presentara sin ninguna alteración.

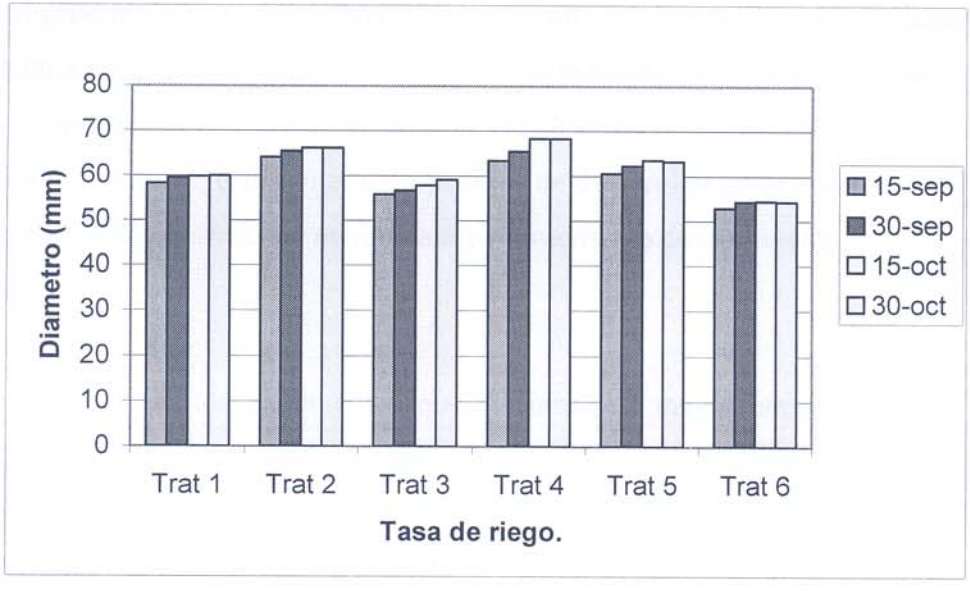


Figura 2. Variación del diámetro ecuatorial de fruto de palto según los diferentes aportes hídricos durante el tiempo de evaluación.

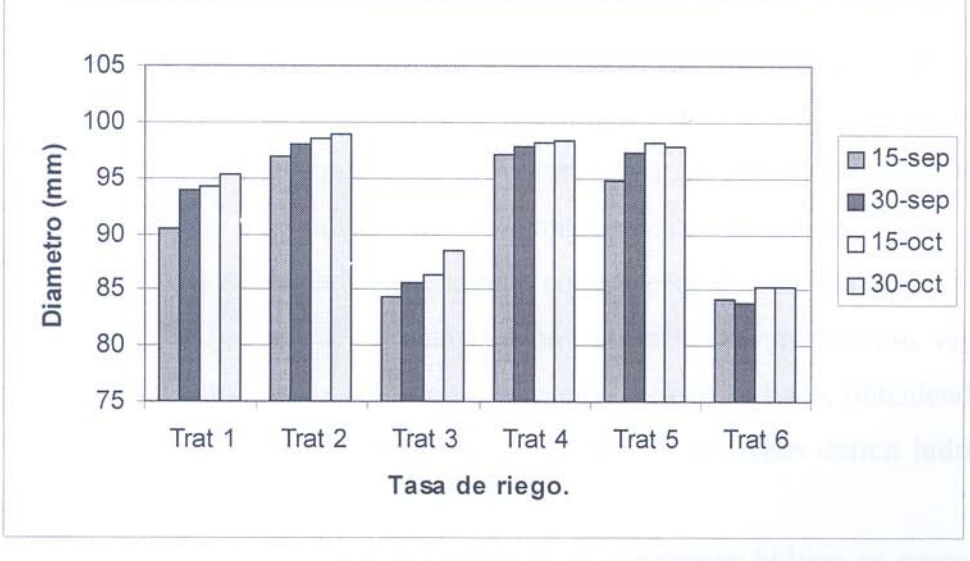


Figura 3. Variación del diámetro polar de fruto de palto según los diferentes aportes hídricos durante el tiempo de evaluación.

Al presentarse esta situación de estrés durante los meses de febrero, marzo y abril, los frutos cuajados que lograron superar la caída natural de diciembre, fueron demasiados en cantidad y al encontrarse con un déficit hídrico en los meses siguientes, es decir enero y febrero, éstos fueron impedidos de desarrollar un crecimiento normal, dando como resultado fruta de menor calibre al momento de la cosecha.

Por otro lado los tratamientos que arrojaron un mayor tamaño de fruta fueron los tratamientos en los cuales se aplicaron el 100% del Etc durante todo el año, el 130% desde septiembre a abril y el 50% desde septiembre a enero. Para el caso del tratamiento donde se ocupó un 50% de Etc desde septiembre a enero, el cual fue sometido a un estrés hídrico durante los períodos de floración y cuaja, lo que corresponde a los meses de septiembre a enero, los calibres alcanzados fueron aceptables para el mercado nacional, es decir corresponden a calibres 60, quedando en el rango de calibres mínimos de exportación. La explicación a este fenómeno no es muy distinta a la dada para los tratamientos de 50 75% de Etc en los meses de febrero a abril. En este caso el estrés se produjo antes del aumento exponencial de calibre, mientras que durante este mismo el suministro de agua fue normal. Al presentarse esta situación, los árboles sometidos a estas condiciones tienden a través de reguladores de crecimiento a provocar zonas de abscisión, provocando así el desprendimiento de mucha fruta, acontecimiento conocido como "caída de Diciembre". Estos resultados concuerdan con lo señalado por, WOLSTENHOLME y WHILEY (1990), los que indican que un control en el crecimiento vegetativo de primavera, aumenta la localización de materia seca en el fruto, obteniendo mayores rendimientos. Lo que permitiría someter al árbol a pequeños déficit hídrico en esta etapa de crecimiento.

Como se puede observar en la Cuadro 2, el suministro hídrico es corregido desde enero en adelante. Es aquí, donde la competencia por nutrientes es menor y por ende

su disponibilidad mayor, lográndose así, un normal crecimiento de los frutos que lograron establecerse en el árbol, con satisfactorios calibres finales.

Ahora, para el caso de los tratamientos de 100% de Etc durante toda la temporada y el de 130% desde septiembre a abril, los resultados obtenidos fueron los de esperarse, dado que no fue sometido a ningún tipo de estrés durante toda la temporada, lo que significa que los acontecimientos fisiológicos propios de la especie, se manifestaron de manera normal sin afectar el calibre final de la fruta.

4.3 Suministro hídrico

Si bien es cierto no está claramente solucionado el tema de las necesidades hídricas del palto, si esta claro que numerosos investigadores están de acuerdo en que el factor principal que afecta la producción en paltos, es un manejo libre de estrés, cualquiera sea el tipo. El riego en particular, ha sido estudiado bajo diversas condiciones y en diferentes partes del mundo.

La mayoría de estos estudios dan como resultado un incremento en la producción, al entregar el 100% o más del Etc, lo que corresponde a 11.000 a 13.000 m3/há/año. Por el contrario reducciones en los riegos, han presentado, además de una baja en la producción, una disminución de los calibres finales.

Bajo estos resultados, han surgido inquietudes de parte de los investigadores, acerca de si se está regando adecuadamente o no. Con el fin de dar una respuesta a este problema, se realizó un proyecto propuesto por GAMA-CORFO, 2000. Este proyecto concluyó que los coeficientes de cultivos utilizados para el palto en Quillota, no son los correctos, corroborando que las cantidades de agua aplicada muchas veces son menores de las que el cultivo necesita bajo las condiciones climáticas.

5. CONCLUSIONES

1. La cantidad y velocidad de acumulación de aceite dentro del fruto del palto no esta influenciada por la cantidad de agua disponible para la planta dentro de los rangos del experimento. Ha quedado demostrado que tanto el déficit el como exceso de agua durante cualquier punto del estado fenológico de la planta, no adelanta ni retrasa la acumulación de aceite en el fruto.

2. Ha quedado demostrado que tanto el diámetro ecuatorial como el polar del fruto de palto se ven afectados de manera negativa, si el árbol es sometido a un estrés de tipo hídrico, siendo crucial el momento en el cual se aplique dicho estrés, dado que el calibre de la fruta queda determinado en las primeras etapas de desarrollo. Un estrés hídrico durante este período limita el crecimiento de la fruta haciéndose irreversible el proceso.

6. RESUMEN

El mercado de la palta a nivel mundial, se ha convertido en un negocio cada vez más competitivo, lo que ha obligado a los países productores a mejorar la calidad del producto y buscar nuevas estrategias de producción y comercialización del mismo. Una de las estrategias fundamentales para Chile, son las condiciones de contra estación con respecto a los países del hemisferio norte, principalmente EEUU, a esto se le suma la mejor rentabilidad del negocio si la cosecha es temprana. Tomando en cuenta lo anterior se desarrolló este ensayo, el cual consistió en analizar la evolución de frutos provenientes de árboles cultivar Hass, sometidos a diferentes tasas de riego, desde sus primeras etapas de desarrollo hasta su madurez de consumo. El ensayo constó de seis tratamientos, cada uno de ellos se basó en alterar el suministro hídrico durante alguna etapa del ciclo fenológico del cultivo. De cada tratamiento se tomaron muestras a las cuales se les midió el porcentaje de aceite, diámetro ecuatorial y diámetro polar. Determinándose posteriormente que no habría efecto de un estrés hídrico en la cantidad de aceite acumulado al momento de cosecha, pero si un respuesta negativa en lo que se refiere al calibre de la fruta.

7. ABSTRACT

The avocado market at the global level is becoming more and more competitive, a situation that has forced growers to improve fruit quality and search for new production and marketing strategies. One of the key strategies for Chile is off-season production, to exporting fresh fruit to countries in the Northern Hemiphere, mainly to the United States of America; in addition, the profit is higher if the fruit is harvested early in the season. Given this situation, the investigation consisted of studying the evolution of maturity of fruit harvested from ´Hass´ trees, subjected to different irrigation rates from early fruit growth until ripening. There were 6 treatments, each of them with an altered water supply at a specific stage of the crop`s phenological cycle. Samples were taken from each treatment, measuring the oil content, and the ecuatorial and polar diameters. No effect of the water stress was detected when comparing the oil content al harvest, but a negative effect was found regarding fruit size.

8.- LITERATURA CITADA

APPLEMAN, D. And NODA, L. 1941. Biochemical studies of the Fuerte avocado fruit, a preliminary report. California Avocado Society Yearbook. Pp. 60-63.

BAILE, J. And YOUNG, R. E. 1971. The avocado pear. In: The Biochemestry of fruit and their products. Acad. Press. London and New York. 2: 2-63.

BOHNER, J. and BANGERTH, F. 1988. Cell number, cell size and hormone level in semi-isogenic mutants of Licopersicum pimpinilefolium differing in fruit size. Physiologia Plantarum 72: 316-320

CALABRESE, F. 1992. El aguacate. Ediciones Mundi-Prensa. 247 p.

CAMPBELL, C., MALO, S. And CHANDLER, N. 1978. Review of methods for measuring avocado maturity in Florida. Proceding tropical region. Amer. Soc. Hort. Sci. 2: 58-64.

CUMMINGS, J. and SCHRöEDER, C. A. 1942. Anatomy of avocado fruit. California Avocado Soc. Yearbook. Pp. 56-64.

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. Tesis Ing. Agr. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso. Escuela de Agronomía, Chile. 54 p.

ERICKSON, L. C. 1996. Seed coat thikness; a guide to avocado watt maturity. California. Citograph. 51: 260.

FERRYERA, E., R.; SELLÉS S., G. Y BURGOS R., L. 1998. Frutales. Riego deficitario controlado. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Chile. Centro Regional de Investigación Agropecuaria La Platina (Santiago). Serie La Platina. 70: 56-59.

FINAZZO, S.F.; DAVEMPORT, T. L. y SCHAFFER, B. 1994. Partitionig of photoassimilates in avocado (*Persea americana* Mill.) during flowering and fruit set. Tree Physiol. 14: 153-164.

FRANCIS, L. 1998. Production research accomplishments 1992-1997. California avocado society Yearbook 82 : 59-66.

GARDIAZABAL, I. F. 2000. Fertirrigación en Palto. In: SOQUIMICH Comercial S.A. Primer Seminario Internacional de Fertirriego. 10 p.

GARDIAZÁBAL, F. y ROSENBERG, G. 1991. Cultivo del Palto. Quillota Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía.

HARDING, P. L. 1954. The relation of maturity to quality in Florida avocados. Proccedings of Florida Sates. Hort. Soc. 67: 276-280.

HO, L.C. 1988. Metabolism and compartmentation of imported sugar in sink organising relation to sink strength. Anual Review of Plant Molecular Biology. 39: 355-378

HUMAN, T. P. 1987. Oil as by product of the avocado. South African Avocado growers Association. Yearbook 10: 159-162.

KRUGER, F.J. y CLAASSENS, N.J.F. 1999. A short review of recent research on the impact of climatic conditions on the postharvest quality of south african export avocados. Revista Chapingo Serie Horticultura. 5: 339-345.

_____, F.J.; STASSEN, P.J.C. and SNIJDER, B. 1995. The significance of oil and moisture as maturity parameters for avocados. Proceedings of The World Avocado Congress III. 1995 285 – 288.

LAHAV, E. and KALMAR, D. 1992. Water Requirements and the Effect of Salinity in an Avocado Orchard on Clay Soil. Proc. of Second World Avocado Congress 1992 pp. 323-330.

LAING, W. A., WOOLF, A.B, FERGUSON, L. B., REQUEJO-TAPIA, L.C., BOYD, L., WHITE, A., 1999. Impact of sun exposure on harvest quality of 'Hass' avocado fruit. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 353-358.

LEE, 1981. Methods fo percente oil analysis of avocado fruit. California avocado Soc. Yearbokk. Pp. 133-141.

_____, CHIFFMAN and COGGINS, 1983. Maturity studies of avocado fruit, based in picking dates and dry weight. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108 (3): 390-394.

LEVINSON, B. and ADATO, I. 1991. Influence of reduced rates of water end fertiliser application using daily intermittent drip irrigation on the water requirements, rot development and responses of avocado trees (cv. Fuerte). Journal of Horticultural Science. 66 (4): 449-463.

LEWIS, C. E. 1978. The maturity of avocado. J. Sci. Food Agri. 29: 857-866.

LOVATT, C. J. 1990. California Avocado Society. 1990 Yearbook. 74: 193-199.

LUKE, G.; MOORHEAD, S., CALDER, T., BURKE, K. and DEYL, R. 1995. Irrigation Management on Avocados on Sandy Soils in Western Australia. Conference "The Way Ahead". Australian Avocado Grower's Federation Inc.

LUZA. 1981. Caracterización y Comportamiento en Poscosecha de Paltas Raza Mexicana en Chile Persea Americana Mill. Tesis M. SC. Santiago. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 102 p.

MAGDHAL, C. 1998. Seminario internacional del palto. Sociedad Gardiazabal y Magdhal ltda.

MAGDHAL, C. GARDIAZABAL, F. Cultivo del palto en Chile. Facultad de Agronomía Universidad Católica de Valparaíso. Evolución de las plantaciones de paltos en Chile CIREN-CORFO, ODEPA, FEDEFRUTA.

MARTINEZ, A. R.; MARTINEZ, J. J.; MARTÍNEZ-VALERO, R. y MARTINEZ, J. 2003. Contribución al estudio de la evolución del crecimiento del fruto del cv. Hass (*Persea americana* Mill.) con respecto a las condiciones ecológicas del área Motril (Granada, España). 257-281.

_____. 1981. Proyecto de implementación de un sistema de riego tecnificado en la Estación Experimental "La Palma", Quillota. Tesis Ing. Agr. Quillota. Uiversidad Católica de Vaplaraíso, Facultad de Agronomía. 102 p.

MARTÍNEZ-VALERO, R., 1982. Contribution à l'étude de la periode de l'initiation florale et de l'entreé en dormance chez l'abricotier. Memoire D.A.A. École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier (France). 105pp.

MEYER, J. L.; ARPAIA M. L.; YATES, N. U.; TAKELE, R.; BENDER, G. and WHITNEY, G. 1990. Irrigation and Fertilization Management of Avocados. California Avocado Society Yearbook.

MILNE, D.L. 1994. Postharvest handling of avocado, mango and lichee for export from South Africa. ACIAR, Canberra proceedings no. 50: 73 – 89.

MITCHEL, P. 1965. Cooling horticultural commoditics. California Avocado Soc. Yearbook. Pp. 30-32.

NOVOA, R.; VILLASECA, R.; DEL CANTO, P.; ROANET, J.; SIERRA, C. y DEL POZO, A. 1989. Mapa Agroclimático de Chile. Stgo. INIA. 221 p.

OLAETA, J. A. y UNDURRAGA, P. 1995. Determinación de la evolución y caracterización de los aceites en paltas (*Persea americana* Mill.) cvs. Fuerte y Hass cultivados en chile. 1999. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 117-122.

SALGADO, E. y BOZZOLO, E. 1997. Coeficiente del cultivo (Kc) para paltos (Persea americana Mill.) cv. Hass, en Quillota, Chile. Simiente (Ene-Jun 1997) v.67 (1-2) p. 1-7.

_____. 1991. Manejo del Riego. Curso Internacional de Producción, Poscosecha y Comercialización de Paltas, 2-5 de octubre de 1990.

SEDGLEY, M. 1980. Anatomical investigation of abscissed avocado flowers and fruit lets. Anual of botany. 46: 771-777.

SHROEDER, C. 1985. Physiological gradients in fleshy pericarp of avocadc. South African Avocado Growers Assoc. Yearbook. 10: 16-16.

_____ and WIELAND, P. A. 1956. Diurnal fluctuation in size in Valois of the avocado tree and fruti. Procceding of the American Society of Horticultural Science. 68: 253-258.

SILVA, P. 1995. Composición y evolución de los elementos químicos de la palta (*Persea americana* Mill.) durante su maduración. ST- INIAB. p 88-101.

SLATER, G. G., SHANKMAN, S., SHEPERD, J. S. and SLATER, R. 1975. Seasonal variation in the composition of California avocados. J. Agr. Food. Chem. 23: 468-474.

TAPIA, P. 1993. Aproximación al ciclo fenológico del Palto (*Persea americana* Mill.), cv Hass, para la zona de Quillota, V Región. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 143 p.

TAKELE, E.; MEYER, J.L.; YATES, M. V. y STOTTLEMYER, D. E. 1992. Irrigation and Fertilization Management of Avocados. Proc. of Second World Avocado Congress 1992 pp. 281-288.

VAN EYK, J.H. 1994. Die effek van verskillende besproeings regimes op opbrengs en vruggootte in Hass avokados voorlopige resultate. South African avocado Growers Association Yearbook. 11:60.

WHILEY, A.W., 1990. CO_2 assimilation of developing fruiting shoots of cv. Hass Avocado (*Persea americana* Mill.). A preliminary report. Afr. Avoc. Gr. Assoc. Yearbook. 13.

_____, CHAPMAN, K.R., SARANAH, J.B., 1988. Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* Mill..) cv. Fuerte during flowering. Austral. J. Agric. Res. 39 : 457-467.

_____, _____, _____, and FORSBERG L. J. 1986. The Control of Phytophthora Root Rot of Avocado with Fungicides and the Effect of this Disease on Water Relations, Yield and Ring Neck. Australian Journal of Experimental Agriculture. 26: 249-253.

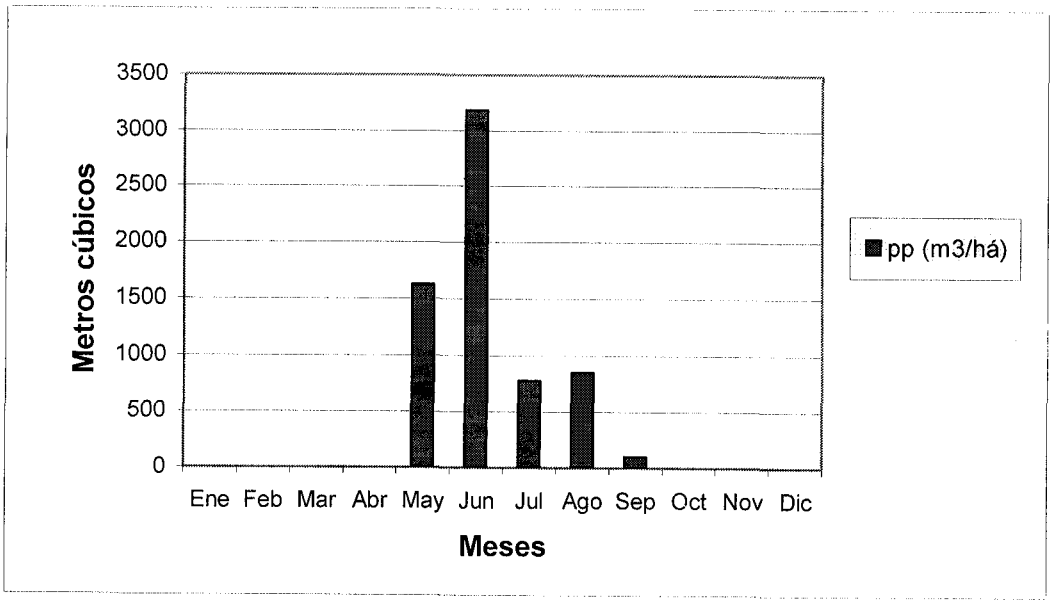
WOLSTENHOLME, B.N. 1999. Energy cost of fruit as a yield limiting factor wich special reference to avocado. Acta Hort. 175: 121–126

ANEXOS

Anexo 1. Volumen mensual en metros cúbicos por hectárea, vía riego.

	Trat 1	Trat 2	Trat 3	Trat 4	Trat 5*	Trat 6
Ene	729,75	486,75	973,5	1265,5	973,5	973,5
Feb	514,125	685,5	514,125	891,15	685,5	342,75
Mar	608,625	811,5	608,625	1054,95	711,5	405,75
Abr	146,625	195,5	146,625	254,15	195,5	97,75
May	174,5	174,5	174,5	174,5	174,5	147,5
Jun	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6
Jul	109,2	109,2	109,2	109,2	109,2	109,2
Ago	136	136	136	136	136	136
Sep	59,74	39,825	79,65	103,545	79,65	79,65
Oct	109,35	72,9	145,8	189,54	145,8	145,8
Nov	262,5	175	350	455	350	350
Dic	713,575	419,75	839,5	1019,35	839,5	839,5
Volumen anual m3/há	3581,59	3324,025	4095,125	5670,485	4418,25	3645

Anexo 2. Precipitaciones mensuales para la comuna de Quillota



Fuente: Registros pluviométricos, Estación experimental La Palma.