

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA DE FRUTICULTURA

TALLER DE LICENCIATURA

**EVALUACIÓN DE ÉPOCAS TARDÍAS DE PLANTACIÓN DE PALTO
(*Persea americana* Mill.) cv. HASS, SUPLEMENTADAS CON APLICACIÓN
DE BIOESTIMULANTES EN BASE A AMINOÁCIDOS DE SÍNTESIS.**

ARIEL ENRIQUE VILCHES MÉNDEZ

QUILLOTA CHILE

1998

ÍNDICE DE MATERIAS

1. INTRODUCCIÓN

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos y perspectivas
económicas del cultivo en Chile

2.2. Plantación

2.2.1. Clima

2.2.2. Suelo

2.2.3. Diseño, densidad y marco de plantación

2.2.4. Implantación

2.3. Fisiología del árbol

2.3.1. Sistema radical

2.3.2. Sistema vegetativo

2.3.3. Fenología

2.4. Fisiología de estrés

2.4.1. Definición ecológica de estrés

2.4.2. Origen del palto

2.4.3. Estrés hídrico

2.4.4. Estrés térmico

2.4.5. Estrés lumínico

2.5. Amino ácidos

2.5.1. Absorción y traslocación

2.5.2. Estructura

2.5.3. Funciones metabólicas en estrés

2.5.4. Uso en la agricultura

2.6. Manejo de riego post plantación y riego de pulsos

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1. Ubicación

3.2. Definición de la zona de ensayo

3.2.1. Clima

3.2.2. Suelo

3.2.3. Agua

3.3. Material

- 3.3.1. Material vegetal
- 3.3.2. Material de riego
- 3.3.3. Material de implantación
- 3.3.4. Material de medición

3.4. Método

- 3.4.1. Terreno y preparación de suelo
- 3.4.2. Instalación del sistema de riego
- 3.4.3. Implantación
- 3.4.4. Variables a evaluar
- 3.4.5. Tratamientos
- 3.4.6. Variables a cuantificar
- 3.4.7. Diseño estadístico

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 4.1. Descripción de elementos ambientales
- 4.2. Análisis de las tasas de crecimiento
 - 4.2.1. Análisis general
 - 4.2.2. Análisis y evolución de las tasas de crecimiento por período
 - 4.2.2.1. Período 1
 - 4.2.2.2. Período 2
 - 4.2.2.3. Período 3
 - 4.2.2.4. Período 4
 - 4.2.2.5. Período 5
- 4.3. Análisis del largo de final de brote
- 4.4. Análisis de peso seco
 - 4.4.1. Peso seco aéreo
 - 4.4.2. Peso seco radical
 - 4.4.3. Razón peso seco aéreo / radical

5. CONCLUSIONES

6. RESUMEN

7. LITERATURA CITADA

1. INTRODUCCIÓN

El primer ambiente en el desarrollo de una planta es el vivero, donde normalmente se encuentra en sombreaderos los cuales bajan la luminosidad, la temperatura, la transpiración y por lo tanto exigen un bajo requerimiento neto de agua. Además, las plantas se encuentran en un sustrato con características físicas y químicas ideales para el desarrollo de sus raíces (KOLLER *et al.*, 1992; TOLEDO, 1997)*. La plantación es el paso al segundo ambiente y definitivo de la planta, esta acción implica trasladar a la planta de un ambiente ideal, tanto en fase aérea como en suelo, y llevarla a un ambiente con distinta fase aérea y suelo. Por ello en sí la plantación crea un estrés de tipo abiótico ambiental en la planta joven, el cual se da por condiciones de falta de agua, viento, alta temperatura y exceso de luz por plena exposición al sol (KOLLER *et al.*, 1992).

Esto produce una respuesta en la planta, y que indica un proceso de aclimatación al ambiente nuevo y que puede ser más o menos fuerte en función de lo distinto del ambiente. Por ello se busca una época en que la condición de cambio no sea tan distinta.

En zonas sin problemas de heladas, la plantación de paltos se puede realizar en cualquier época del año, siendo las mejores épocas otoño, invierno y en primavera. En caso de existir heladas tardías, la labor se puede realizar tarde en primavera (octubre - diciembre), o en otoño (marzo - abril). En caso de existir heladas tempranas, la plantación se puede realizar en primavera (septiembre - diciembre) (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991).

Estas épocas tradicionales de plantación tienen la característica de que la exigencia atmosférica no es tan alta en cuanto a temperaturas y agua. Sin embargo, no siempre el agricultor puede plantar en estas épocas, ya sea por no haber

TOLEDO J. P. Ing. Agr..1997. Universidad Católica de Valparaíso.
Comunicación Personal

Facultad de Agronomía.

disponibilidad de plantas, por atraso en la instalación del sistema de riego, etc. y se puede ver obligado a perder meses o incluso una temporada completa de crecimiento de la planta y por lo tanto de entrada en producción (CAUTÍN, 1997)*.

Según RAZETO (1996) las plantaciones de palto están aumentando en una tasa de 1.000 ha anuales en los últimos 5 años y se prevé que esta tasa se mantenga dada las perspectivas económicas del cultivo. Por otro lado, las nuevas tendencias en el establecimiento de huertos de palto es la plantación en zonas de menor costo, en superficies como lomas de cerro y cajas de río, las que poseen excelentes condiciones climáticas pero suelos más bien pobres (CAUTÍN, 1996; RAZETO, 1996), lo cual sugiere que podrían aumentar las posibilidades de tener condiciones de estrés durante la plantación.

En el último tiempo se han venido desarrollando productos de naturaleza aminoacídica con características de supresores de los efectos de las condiciones de estrés en las plantas, tanto aéreamente como radicalmente, pudiendo así mantener las plantas en una productividad normal. Si bien es cierto muchos de estos productos ya se están aplicando comercialmente, hace poco que se investiga su aplicación en especies frutales.

El presente trabajo investigará el comportamiento de la planta en una plantación tardía, en verano, con condición atmosférica estresante para la planta y se evaluará la aplicación vía riego de un producto en base a aminoácidos de síntesis como un producto con características de supresor de la condición de estrés, en la búsqueda de una alternativa al problema de la época de plantación, crecimiento y precocidad de la planta.

* CAUTÍN, R. Ing.Agr.. Profesor de la Facultad de Agronomía. 1997. Universidad Católica de Valparaíso. Comunicación Personal.

Los objetivos propuestos para la siguiente investigación son:

- Intentar independizar la labor de la plantación del palto de las épocas tradicionales, en cuanto a las exigencias climáticas.
- Evaluar la disminución del estrés producido en la plantación desfasada, como respuesta a las aplicaciones de un producto en base a amino ácidos.
- Evaluar el desarrollo vegetativo y radical con dos operaciones de riego distintas.
- Evaluar alternativa de operación en el riego de plantas de palto combinada con el uso de compuestos amino acídicos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos y perspectivas económicas del cultivo en Chile :

La industria del palto (*Persea americana* Mill.) en Chile se ha desarrollado sólo en los últimos 60 años. En los primeros años la producción era destinada sólo al mercado interno, lo que produjo un crecimiento lento en superficie y producción, sin embargo a partir del año 1985 se comenzó a exportar a nuevos mercados, lo cual trajo un incremento rápido en la superficie plantada y producción. Hoy el consumo, tanto nacional como mundial de palta, está creciendo lo que ha mantenido y elevado el interés en producir esta fruta (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991).

Según ORTÚZAR (1996), la producción mundial de paltas se estima en 2,1 millones de toneladas al año 1993, siendo comparativamente baja con otras especies frutales, lo cual implica una gran demanda potencial que debe ser desarrollada.

Debido al origen centro americano del palto, la mayor producción mundial se encuentra concentrada entre Norte y Sud América (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991). En América el principal productor es México, siendo además el mayor en el mundo, le sigue en importancia EE.UU. En Europa, España e Israel son los principales productores, y Sudáfrica junto a Chile son los más importantes en el hemisferio sur (ORTÚZAR, 1996).

México y EE.UU. consumen la mayor parte de su producción, exportando menos del 10%. La producción de España e Israel es exportada casi totalmente al mercado europeo. En este mercado participa Sudáfrica, que es el principal exportador del hemisferio sur. Chile exporta aproximadamente un 20% de lo que produce y la exportación va dirigida principalmente a EE.UU., mercado al cual también exporta México (ORTÚZAR, 1996).

Chile produce en períodos en que existe una baja en la oferta en el Hemisferio Norte, especialmente en EE.UU, período en el cual sólo pueden abastecerlo Chile y México.

En el mercado europeo, Chile compite primeramente con Israel y España, y en el período de baja oferta el principal competidor es Sudáfrica por cercanía a ese mercado (ORTÚZAR, 1996). En Europa, Francia es el principal mercado seguido lejos del Reino Unido y Alemania, respectivamente (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991).

En los últimos años, tanto en las zonas productoras como en los mercados, la variedad Hass se ha convertido en la más importante, reemplazando gradualmente a otras de epidermis de color verde; se espera que en el futuro esta tendencia se mantenga e incremente (ORTÚZAR, 1996).

La evolución de la superficie plantada en Chile indica que esta ha ido en constante aumento desde 1965, siendo 1985 desde donde comienza a tener un mayor alza alcanzando a 9.376 ha en 1993, y proyectándose a 13.500 en 1996 con producciones superiores a 50.000 toneladas (RAZETO, 1996).

La mayor superficie plantada se encuentra en la V región con un 62%, le sigue la Región Metropolitana con 21%, la VI región con 11%, la IV región con un 5% y otras de menor importancia con el 1%. De esta superficie plantada, la variedad de mayor importancia es Hass con un 58% del total, y se piensa que seguirá en aumento por la alta demanda de plantas en vivero (RAZETO, 1996).

El volumen exportado a los mercados de destino puede aumentar o disminuir en función de los accidentes climatológicos, como heladas, que puedan suceder en el país de origen o en los de competencia (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991). De igual manera, esto puede traer cambios en los precios de venta en destino.

Por último, estudios económicos de nuevos mercados, como Argentina o Latino América en general, y el desarrollo de programas de promoción en ellos son vitales para afrontar la creciente producción en Chile (ARIZTÍA, 1996).

2.2. Plantación:

Después de considerar los aspectos económicos de mercado, en la planificación de una plantación deben considerarse aspectos climáticos, edáficos y diseño.

2.2.1. Clima:

En el caso del clima, la latitud influencia las temperaturas en las cuales se pueden desarrollar las plantas. Así, al sur se tiene que la limitante es la susceptibilidad al frío invernal como las heladas, y al norte la disponibilidad de agua para paliar la sequía. La latitud es afectada por la altura que tiene una influencia semejante sobre la temperatura. Otro factor que la afecta es la presencia de grandes masas de agua, como lo señala FERNÁNDEZ (1996).

Así, en los frutales la temperatura es el factor climático principal que determina la distribución geográfica de las especies .

El palto es una especie de hoja persistente por lo que su desarrollo lo condiciona principalmente las bajas temperaturas, entendiéndose heladas en invierno, las cuales pueden afectar madera, yemas, brotes o frutos, dependiendo de la duración e intensidad. El fruto de palto Hass es susceptible a temperaturas menores a $-1,1$ °C (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991). Un daño por frío en las yemas puede comprometer la producción de flores y frutos de una temporada.

Por otro lado, en primavera debe existir temperaturas apropiadas para la polinización, cuaja y crecimiento de frutos (FERNÁNDEZ, 1996). Las temperaturas mínimas tienen efecto sobre la floración y cuaja de fruta.

GARDIAZABAL y ROSENBERG (1991) señalan que existen zonas climáticas características para paltos como Quillota y La Cruz en que las condiciones de temperatura son favorables. FERNÁNDEZ (1996) señala que cuando las especies se sitúan en zonas climáticas desfavorables se altera la sincronización entre planta y medio, eventualmente aconteciendo la floración o brotación simultáneamente a las últimas heladas.

La zonificación de las plantaciones se ha ido modificando por la tendencia actual de plantar en altura de laderas de cerro permitiendo así escapar de heladas y/o bajas temperaturas (CAUTÍN, 1996). Esto posibilita extender el cultivo en superficie.

Otro factor a considerar es el viento, el cual puede producir russet, caída de hojas, rotura y desganche de ramas; además brisas frías costeras durante la etapa de floración pueden afectar negativamente la cuaja y la actividad de las abejas, como lo señalan GARDIAZABAL y ROSENBERG (1991). Lo anterior se hace especialmente importante en los cultivos en cerro.

2.2.2. Recurso suelo:

FERNÁNDEZ (1996) señala que las variables físicas de suelo más importantes que afectan el crecimiento de las raíces y la planta son la textura, estructura, profundidad y encharcamiento.

Los suelos deben tener una buena aireación y drenaje para evitar asfixias radicales o enfermedades al cuello o raíz. En este sentido hay napas freáticas de tipo permanente y temporales que su presencia y corrección debe evaluarse para el cultivo. La conductividad hidráulica del suelo es una característica que depende de la textura, así, a texturas más finas más lenta es la conductividad (FERNÁNDEZ, 1996). Texturas franco arcillosa son ideales. Suelos profundos de 1-1,2 m libre de impedimentos son ideales (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991).

2.2.3. Diseño, densidad y marcos de plantación

Desde hace un tiempo se maneja el concepto de plantaciones en alta densidad, cuyo objetivo es lograr una rápida entrada en producción por el aumento en el número de árboles por ha y mantener con posterioridad una producción alta por el aumento del potencial productivo debido a una mejor captación de la luz solar. El factor limitante es la luminosidad, la cual se consigue manteniendo un tamaño apropiado de los árboles en base a porta injertos enanizantes, podas y reguladores de crecimiento. En el concepto de alta densidad el árbol pierde su individualidad para pasar al concepto de seto de producción (FERNÁNDEZ, 1996).

El palto, por ser una especie sub tropical, tiene tendencia al crecimiento vegetativo abundante. GARDIAZABAL y ROSENBERG (1991) señalan que esta característica se debe considerar en la decisión de un marco de plantación así, existen variedades que alcanzan gran desarrollo, como Hass y Fuerte, variedades intermedias y variedades delgadas y altas.

Esta tendencia, junto a la calidad de suelo, hace que las distancias no sean fijas para todas las situaciones. Las distancias tradicionales antes utilizadas dejan una gran superficie improductiva durante largo período. Marcos actuales de plantación son 6 x 6 y un árbol al medio (4,2 x 4,2 plantación doble) con posterior raleo, y 5 x 5 0 6 x 4 con manejo de tamaño del árbol con poda en seto.

2.2.4. Implantación

La planta de vivero antes de ser vendida y plantada en el terreno definitivo, pasa por un período de aclimatación en semi sombra con mallas que dejan pasar un 50% de plena luz solar por un período de una a dos semanas, para aminorar las respuesta fisiológicas negativas por las condiciones de estrés a las cuales es expuesta la planta desde el momento de plantación (TOLEDO, 1997)*

* TOLEDO J. P. Ing.Agr.1997. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Comunicación Personal

Entre un 10 % a un 30 % de las plantas se pierde por los efectos que causa el estrés hídrico, térmico, viento y de plena exposición a la luz solar una vez que son plantadas en el terreno definitivo (KOLLER et *al.*, 1992).

Por otro lado, el estrés de plantación propiamente tal (cambio físico), implica una ruptura de células epidermales de las raíces, que produce una deshidratación rápida de ellas sumándose al efecto ambiental (TAIZ y ZEIGER, 1991).

Esta deshidratación se da incluso, aunque en menor cantidad, en las de raíz desnuda y en plantas que vienen en cepellón como es el caso de los frutales de hoja persistentes

Es razonable pensar que esta proporción de plantas muertas varía en función de una mala aclimatación dada en vivero y/o por un mal manejo de las condiciones de estrés una vez plantada. Más notable es la elección de la época de plantación, la que puede incrementar o aminorar el efecto de las variables que actúan sobre la planta.

Se señala que en zonas sin problemas de heladas, la labor se puede hacer en cualquier época del año, siendo las mejores en otoño, invierno y temprano en primavera, las cuales permiten que la planta se aclimate rápido al nuevo ambiente. En zonas con peligros de heladas es conveniente plantar lo más temprano posible en primavera, luego que éstas acaben, ya que un atraso implica plantar en condiciones atmosféricas de mayor estrés; no es aconsejable plantar en otoño por el peligro a heladas tempranas y la no conveniencia que las plantas pasen el invierno con problemas de frío (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991).

Luego de las correcciones y preparación de suelo, los árboles deben ser plantados a la profundidad que se encontraban en el vivero para evitar su franqueamiento. Plantaciones excesivamente superficiales tienen el inconveniente de exponer a las raíces a la desecación (FERNÁNDEZ, 1996).

El pan de suelo se debe dejar unos centímetros sobre el nivel del suelo para que la planta no quede bajo el nivel del suelo una vez dado los primeros riegos, se debe apisonar lo suficiente para que los suelos del pan y del terreno entren en contacto (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991).

El primer riego después de la plantación es importante ya que tiene la función de eliminar los bolsones de aire entre suelos y asegurar el anclaje y desarrollo normal de los árboles.

2.3. Fisiología del árbol:

2.3.1 Sistema radical:

Las raíces cumplen la función de absorber, transportar, y ocasionalmente sirven de almacenes de nutrientes y agua y sintetizan compuestos esenciales para la regulación de la actividad aérea. Todos los árboles frutales cuando son plantados desde semilla desarrollan un sistema radical teniendo un eje central como el principal centro de bajada desde el cual salen varias raíces primarias y secundarias (FAUST, 1989; WHILEY *et al.*, 1987).

La zona de origen del palto, bosque lluvioso, da por resultado que este tenga un sistema radical poco profundo, con una raíz principal corta y débil, extensivamente suberizado y relativamente ineficiente con baja conductividad hidráulica, una baja frecuencia de pelos radicales y vesículas arbusculares de micorrizas asociadas (CALABRESE, 1992; WOLSTENHOLME, 1987). Estas micorrizas asociadas contribuyen a bajar la producción de pelos radicales, sin embargo, las grandes prolongaciones de las hifas que salen de los hongos, contrariamente hacen que aumente el volumen de suelo explorado, mejorando la absorción tanto de nutrientes como de agua (SALISBURY y ROSS, 1994).

Las raíces constituyen un almacén de agua y almidón una vez que baja el crecimiento vegetativo (BORYS, 1986; SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER, 1985).

Distintos tipos u órdenes del sistema radical tienen distintas funciones. Las raíces laterales secundarias y de mayor orden (ramificación), absorben y almacenan la mayor cantidad de estos elementos, mientras las raíces primarias forman la estructura del sistema. En la planta y en especial en árboles adultos, el crecimiento radical se da esencialmente en número de raíces finas ya que las principales sólo crecen en grosor. Sin embargo, la estructura de estas raíces finas constituye una base limitante para el suplemento y traslocación de agua y nutrientes para las hojas, como lo señalan WHILEY *et al.* (1986) y BORYS (1986).

Lo anterior hace que las raíces sean extremadamente sensibles al estrés hídrico, a los excesos de agua y a los ataques del hongo *Phytophthora cinnamomi*. Este hongo ataca principalmente la parte no suberizada y, eventualmente, en ataques muy intensos la parte suberizada, interfiriendo en la absorción de agua y nutrientes, y almacenaje (WHILEY *et al.*, 1986; WHILEY *et al.*, 1987).

En cuanto a distribución, las raíces finas se incrementan tanto en profundidad de suelo como en lejanía desde el tronco (BORYS, 1986). Factores genéticos del patrón y de la variedad, y factores del suelo influyen en la distribución de las raíces (BORYS, BARRERA y LUNA, 1985).

VILLABLANCA (1994) indica que en riegos tecnificados la mayor cantidad de raíces coincide con la zona de mayor disponibilidad de agua. El tipo de riego también influye en la distribución radical. Un sistema de riego por goteo estimularía la formación de raíces en el bulbo de mojado, mientras que un sistema de microaspersores lo estimularía sólo superficialmente. Agrega que el sistema de goteo estimula el crecimiento radical tanto en superficie como en profundidad y desde el tronco hasta la entre hilera ya que se favorece la aireación, a diferencia del

microaspersor que sólo lo incrementa en superficie provocando zonas de saturación cerca del emisor, las que impiden un desarrollo en dicha parte.

Las raíces del palto presentan el mayor contenido de la enzima nitrato reductasa, por lo que constituyen el principal lugar de reducción del NO_3^- en la planta y también de la asimilación del amoníaco a proteínas, sobre todo en la etapa de los "flush" radicales (LOVATT, 1987).

El sistema radical de palto está en balance con la parte aérea. El principal factor que determina el crecimiento radical es la temperatura, así cuando éstas son menores a 18°C se reduce el crecimiento, no siendo significativo a 13°C (WHILEY *et al.*, 1987). Después de cada "flush" vegetativo viene un "flush" radical; así en una temporada ocurren dos "flush" radicales (WHILEY y SCHAFFER, 1993; WHILEY *et al.*, 1995).

HERNÁNDEZ (1991) encontró para la zona de Quillota que el crecimiento radical se extendió desde noviembre a junio (Figura 1), correlacionándolo directamente con las temperaturas de suelo, existiendo un crecimiento importante en superficie a partir de los 13°C , excepto en el período de baja en la tasa de crecimiento, el cual estaría más relacionado con el aumento en el crecimiento vegetativo de verano.

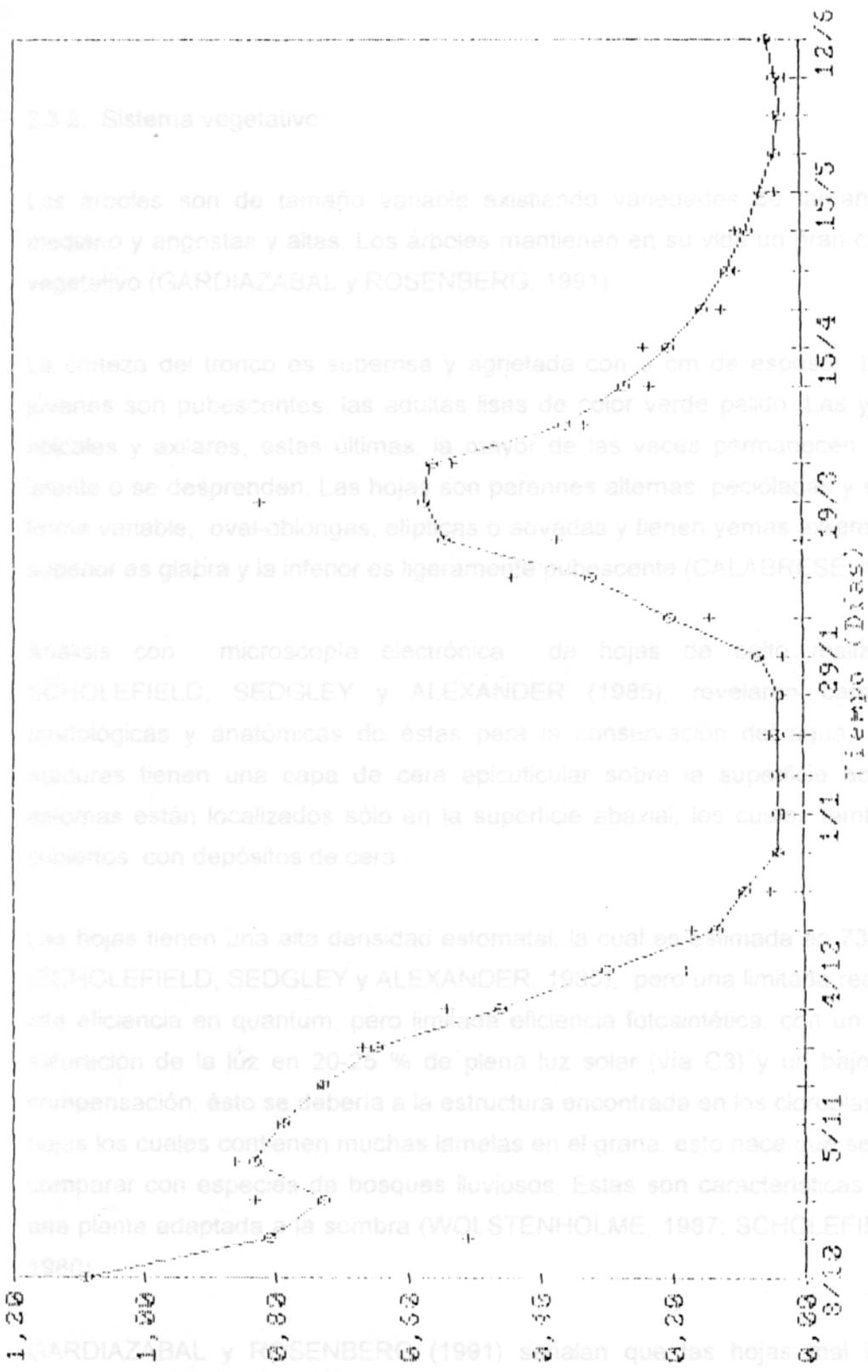


FIGURA 1 Tasa promedio de crecimiento de brotes de palto cv. Quillota
 V Región, 1990/1991
 FUENTE: HERNÁNDEZ, 1991

2.3.2. Sistema vegetativo:

Los árboles son de tamaño variable existiendo variedades de tamaño grande, mediano y angostas y altas. Los árboles mantienen en su vida un gran crecimiento vegetativo (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1991).

La corteza del tronco es suberosa y agrietada con 3 cm de espesor. Las ramas jóvenes son pubescentes, las adultas lisas de color verde pálido. Las yemas son apicales y axilares, estas últimas, la mayor de las veces permanecen en estado latente o se desprenden. Las hojas son perennes alternas, pecioladas y simples de forma variable, oval-oblongas, elípticas o aovadas y tienen yemas axilares. La cara superior es glabra y la inferior es ligeramente pubescente (CALABRESE, 1992).

Análisis con microscopía electrónica de hojas de palto realizados por SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER (1985), revelaron características morfológicas y anatómicas de éstas para la conservación del agua. Las hojas maduras tienen una capa de cera epicuticular sobre la superficie adaxial. Los estomas están localizados sólo en la superficie abaxial, los cuales también están cubiertos con depósitos de cera.

Las hojas tienen una alta densidad estomatal, la cual es estimada en $73.000 / \text{cm}^2$ (SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER, 1985), pero una limitada red vascular; alta eficiencia en quantum, pero limitada eficiencia fotosintética, con un punto de saturación de la luz en 20-25 % de plena luz solar (vía C3) y un bajo punto de compensación; ésto se debería a la estructura encontrada en los cloroplastos de las hojas los cuales contienen muchas lámelas en el grana, esto hace que se le pueda comparar con especies de bosques lluviosos. Estas son características típicas de una planta adaptada a la sombra (WOLSTENHOLME, 1987; SCHOLEFIELD *et al.*, 1980).

GARDIAZABAL y ROSENBERG (1991) señalan que las hojas mal iluminadas subsistirían sólo con parte de lo asimilado por ellas mismas y parasitan a otras hojas

mejor iluminadas dentro de la canopia. Esto se daría en situaciones de intenso emboscamiento. La canopia de un árbol es un complejo arreglo de hojas expuestas en diferentes ángulos a la luz solar con variación de grados de sombreamiento por otras hojas, por lo que en un mismo tiempo la fotosíntesis de algunas hojas podría ser máxima saturada mientras que en otras no (SCHOLEFIELD *et al.*, 1980). Por otro lado, dentro de la canopia existen hojas de distintas edades y eficiencias; las hojas nuevas se demoran aproximadamente 42 días para pasar de "sink" a "source". Las hojas también pueden almacenar grandes cantidades de carbohidratos y minerales (WOLSTENHOLME, 1987).

Las hojas más viejas de un brote nuevo nutren a las hojas más nuevas apicales del mismo brote más que de otras hojas viejas previamente maduras. Esto podría reflejar una distribución de los fotoasimilados desde los "sources" hasta los "sink" determinada tanto por la fuerza de éstos últimos y la cercanía de ellos a los "sources" (WHILEY y SCHAFFER, 1993).

Dos períodos claros de crecimiento vegetativo existen entre floración (septiembre), y maduración de fruto (junio). No todos los brotes crecen durante todos los "flushes". Un mayor porcentaje de todos los brotes crecen más en primavera que en verano, y en todos los "flushes" los brotes largos crecen más que los cortos. Un gran proporción de los brotes cortos mueren en comparación a los grandes (SHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER, 1985; WHILEY y SCHAFFER, 1993; WHILEY *et al.*, 1995).

HERNÁNDEZ (1991) para la zona de Quillota encontró dos "flush" vegetativos, uno en primavera y otro en verano, con un período de cese entre diciembre y enero (Figura 2). No existe una correlación clara con las temperaturas ambientales y esto sugiere la presencia de otros factores que influyen el crecimiento aéreo, como el crecimiento radical, fruto, etc.

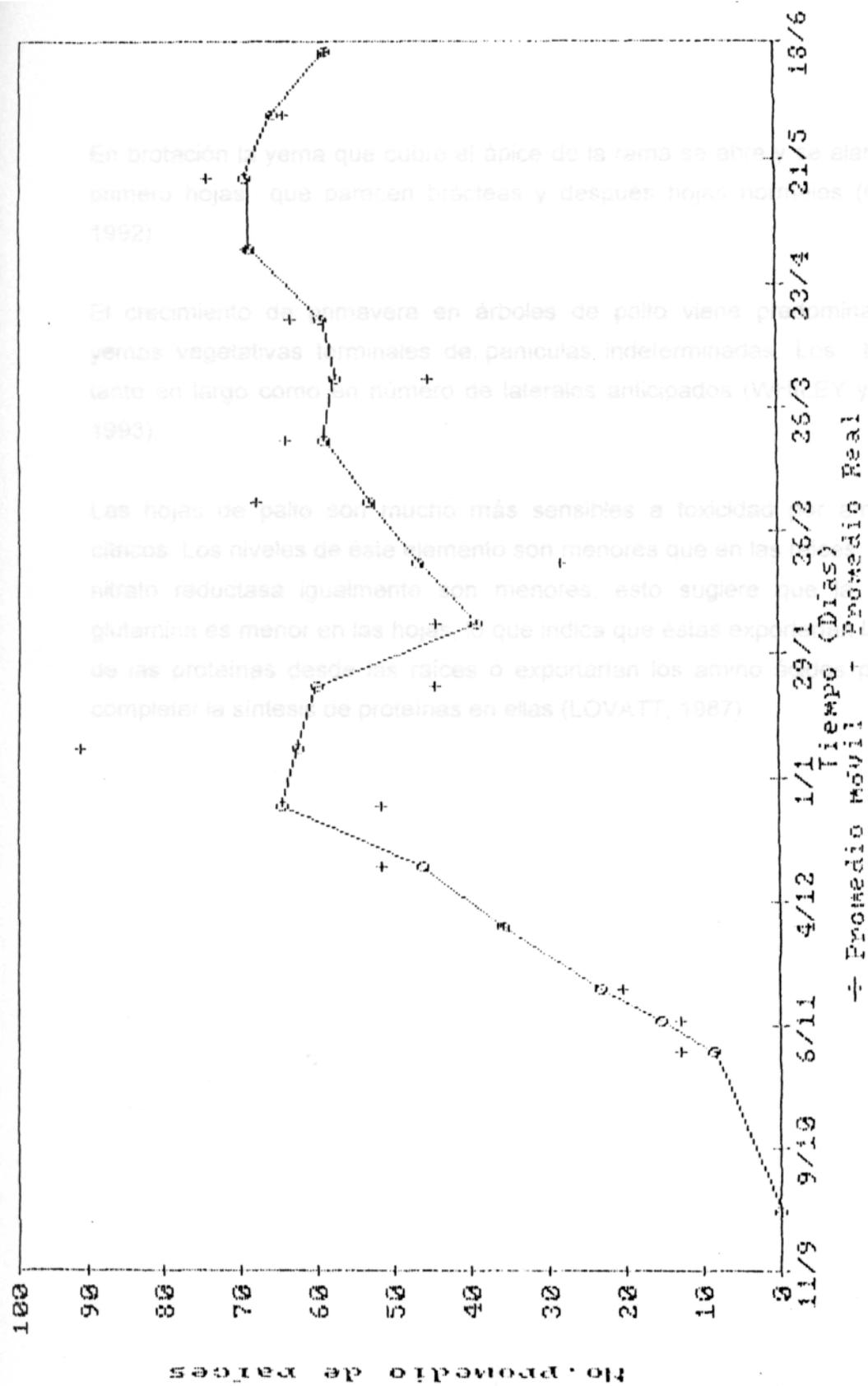


FIGURA 2: Número promedio de raíces superficiales de palto cv. Hass, Quillota
 V Región, 1990/1991.
 FUENTE : HERNÁNDEZ, 1991

En brotación la yema que cubre el ápice de la rama se abre y se alarga, formando primero hojas que parecen brácteas y después hojas normales (CALABRESE, 1992).

El crecimiento de primavera en árboles de palto viene predominantemente de yemas vegetativas terminales de panículas indeterminadas. Los brotes crecen tanto en largo como en número de laterales anticipados (WHILEY y SCHAFFER, 1993).

Las hojas de palto son mucho más sensibles a toxicidad por amonio que los cítricos. Los niveles de éste elemento son menores que en las raíces, los niveles de nitrato reductasa igualmente son menores; esto sugiere que la asimilación a glutamina es menor en las hojas, lo que indica que éstas exportarían la mayor parte de las proteínas desde las raíces o exportarían los amino ácidos primarios para completar la síntesis de proteínas en ellas (LOVATT, 1987).

2.3.3. Fenología de las plantas:

El ciclo fenológico describe los patrones cíclicos morfológicos anuales de crecimiento. Describe un complejo sistema consistente en muchos factores que operan juntos o de manera simultánea, interaccionando en múltiples maneras y a diferentes niveles, afectando el crecimiento y la productividad de las plantas.

El factor de crecimiento más importante es la temperatura. Al existir adecuadas temperaturas el crecimiento de los órganos del árbol se da. Sin embargo, los patrones de crecimiento de estas partes están influenciados por complejas interacciones que reducen la probabilidad de tener relaciones causa y efecto en el sistema total (CULL, 1986).

Las bajas temperaturas de invierno sincronizan los crecimientos. En general, la floración está controlada por un fuerte estímulo ambiental de cese de crecimiento que los sincroniza, pero no hay un período de dormición fisiológico (WOLSTENHOLME, 1987). Este cese de crecimiento puede generarse por cualquier situación de estrés en la planta, como por ejemplo bajas temperaturas invernales y estrés hídrico, los cuales invariablemente producen una acumulación de amonio en las células que influye en la inducción. La intensidad de la floración puede asociarse al grado de estrés en la planta (LOVATT, 1988)

Las tres principales características interrelacionadas en el patrón fenológico son las fases de crecimiento vegetativo, el crecimiento radical y la floración y formación de frutos. El crecimiento en la fase vegetativa es requerido para el desarrollo de hojas jóvenes fotosintéticamente efectivas para la formación de carbohidratos (CULL, 1986).

Los eventos fonológicos se pueden relacionar al particionamiento de los carbohidratos dentro de la planta, a las fuerzas "sinks" / "sources", y a las temperaturas.

En la Figura 3 se muestra la relación existente entre la parte vegetativa y el sistema radical en la zona de Quillota, según HERNÁNDEZ (1991).

La inducción de las yemas ocurre en otoño, cuando existe un cese en el crecimiento vegetativo y comienzan a acumularse los carbohidratos en la estructura del árbol. La antesis ocurre en primavera, cuando el nivel de carbohidratos alcanza el máximo en el árbol (SHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER, 1985). Posterior a la antesis ocurre el crecimiento vegetativo de primavera, el cual se ve privilegiado sobre el radical debido a que las temperaturas ambientales son más tempranamente aptas en primavera que las de suelo (HERNÁNDEZ, 1991), y además porque los brotes nuevos son "sinks" más poderosos que las raíces (WHILEY y SCHAFFER, 1993).

Es posible que este crecimiento compita con el desarrollo de frutos por reservas disponibles. La semilla de los frutos constituye un "sink" más poderoso que los brotes nuevos (WOLSTENHOLME, 1987; WHILEY *et al.*, 1995). Esto es probable porque el terminal vegetativo es apical y los ramos de la fruta son axilares. La caída de fruta del palto de post-polinización ocurre con el "flush" vegetativo de primavera junto con una caída en los carbohidratos disponibles.

El éxito en la formación de frutos en los días posteriores a la antesis depende de la disponibilidad de los asimilados, de la fotosíntesis del momento (brotes de hojas maduras), y del tiempo de transición de "sink" a "source" de los brotes de primavera, necesarios para la nutrición secundaria de ellos (WHILEY, RASMUNSEN Y SARANAH, 1991, citados por VILLABLANCA, 1994).

Una vez que las hojas nuevas se han expandido completamente comienza a fotoasimilar y exportar, el carácter "sink" de éstas pasa a ser "source". Las temperaturas de suelo adecuadas para el desarrollo radical, junto con el incremento en la importancia del "sink" radical, permiten que se produzca el primer "flush" radical cuando la masa radical no es capaz de abastecer de agua y nutrientes al follaje. El follaje reanuda su crecimiento cuando las raíces han alcanzado el volumen suficiente para abastecer de agua y nutrientes al follaje, es decir, el follaje cambia su

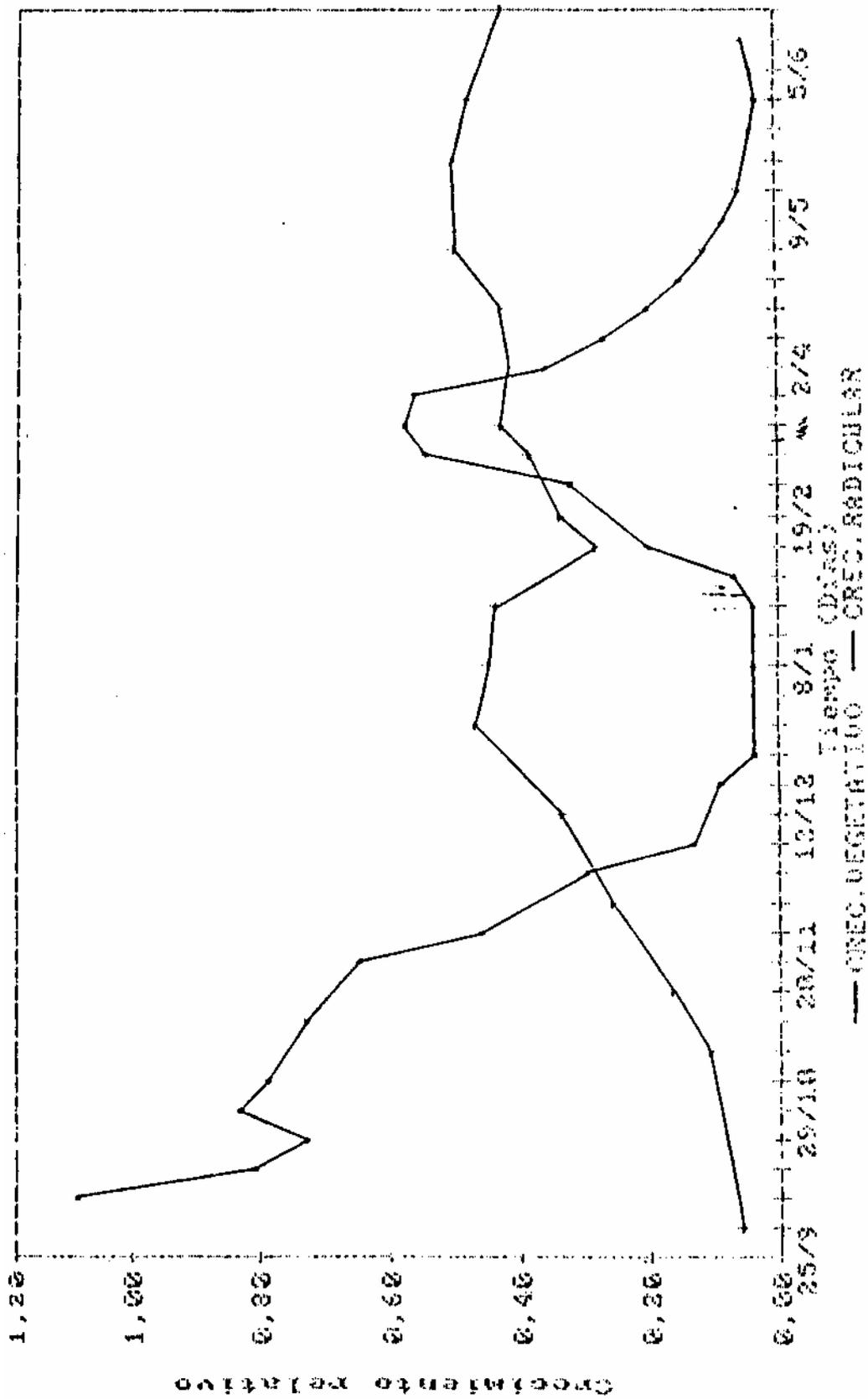


FIGURA 3: Crecimiento vegetativo y radical de palto cv. Hass, Quillota
 V Región, 1990/1991.
 FUENTE HERNÁNDEZ, 1991

carácter a un "sink" más poderoso que el radical. El crecimiento vegetativo de verano se mantiene hasta que las temperaturas ambientales bajan en otoño, momento en el cual los niveles de carbohidratos son mínimos; este "flush" es el más importante de los dos "flushes" como para incrementar los niveles de reservas de fotoasimilados para el invierno. Por otro lado, las temperaturas de suelo bajan de los 13°C después que las ambientales, permitiendo que se produzca el segundo "flush" radical el cual se mantiene hasta que la temperatura de suelo baje de 13°C. Este "flush" radical es igualmente importante en el almacenamiento de carbohidratos durante el invierno (WHILEY y SCHAFFER, 1993; WHILEY, *et al.*, 1995; HERNÁNDEZ, 1991; SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER, 1985)

Los "flushes" vegetativos y radicales de primavera son mayores que sus pares de verano y otoño, respectivamente. Esto se debe a que los primeros se dan cuando los niveles de carbohidratos son máximos, mientras los segundos se dan con niveles muy bajos de ellos.

2.4. Fisiología de estrés:

2.4.1 Definición ecológica de estrés.

Según LEVITT (1972), citado por SALISBURY y ROSS (1994), el estrés reside en cualquier alteración en las condiciones ambientales que pueda reducir o influir de manera adversa en el crecimiento o desarrollo de una planta. Define deformación biológica a la función fisiológica vegetal afectada; define deformación elástica a aquellas funciones fisiológicas que afectadas por un estrés, una vez eliminado éste, vuelven a la condición normal u óptima; y define deformación plástica aquellas funciones que una vez pasado el estrés no vuelven a su condición normal.

BERRY y BJÖRKMAN (1980) señalan dos conceptos ecológicos mediante los cuales explican los distintos comportamientos de las plantas en distintos ambientes térmicos y que pueden ser extrapolados a otros factores ambientales. La

adaptación es un proceso de evolución genético a los regímenes ambientales de las zonas nativas en que se originan las plantas. Un genotipo adaptado a condiciones desérticas puede desarrollar un crecimiento máximo en su temperatura óptima, sin embargo, en un ambiente frío fuera del rango térmico al cual su genotipo responde (rango de tolerancia), probablemente no crecerá.

Dentro de un rango térmico de una macro zona, que esté dentro de un rango de tolerancia de una especie, distintos regímenes térmicos pueden darse en distintas micro zonas (costa, valle interior, altura, etc.), teniendo la especie distintas temperaturas óptimas para su crecimiento en cada uno de ellos, y eventualmente distintos crecimientos máximos. La aclimatación se refiere al mejoramiento paulatino que experimenta una especie en sus funciones fisiológicas cuando son cambiadas de regímenes térmicos (BERRY y BJÖRKMAN, 1980).

Cualquier cambio en las condiciones ambientales que afecte el óptimo de la tasa de crecimiento de una planta puede ser considerado estrés (SALYSBURY y ROSS, 1994).

En este sentido, todo el período que se demora una especie en aclimatarse a un nuevo régimen térmico puede ser considerado como un período de estrés.

BERRY y BJÖRKMAN (1980) agregan que existe aclimatación estacional en plantas de *Eucaliptos pauciflora*, ya que la temperatura óptima y la tasa de crecimiento aumentan desde primavera a verano y declinan en otoño.

Cada estrés previene a la planta que alcance su pleno potencial (LOVATT, 1987).

2.4.2 Origen del palto:

Los centros de origen de las especies de palto descritas son bosques de tierras altas de montañas nubosas o bosques lluviosos, esencialmente tierras altas sub

tropicales en México y tierras altas tropicales en Guatemala, lo cual hace que su "pool" genético esté adaptado a esas condiciones (WOLSTENHOLME, 1987).

En las distintas áreas de cultivo, los factores ambientales ofrecen un variado comportamiento, los cuales muchas veces incluyen baja precipitación y humedad, alta insolación y temperatura, que contrastan con las condiciones del lugar de origen de ellos , por ello las respuestas fisiológicas, la adaptación y/o aclimatación a tales factores son relevantes en la búsqueda de una producción exitosa (SCHOLEFIELD *et al.*, 1980).

LOVATT (1987) señala que los estrés ambientales más comunes son:

- 1- Hídrico: afecta la fotosíntesis y la expansión celular, así el crecimiento cesa.
- 2- Salino, produce deshidratación de la célula por movimiento osmótico del agua hacia el medio extracelular salino, ejerciendo un efecto similar que el estrés hídrico en el crecimiento o expansión celular al reducir la presión de turgor. Además, ciertos iones presentes en ambientes salinos pueden ser tóxicos para vías metabólicas de crecimiento.
- 3 Térmico : todos los procesos fisiológicos tienen temperaturas óptimas, temperaturas demasiado altas o bajas hacen que estos se detengan, cesando el crecimiento.

2.4.3. Estrés hídrico.

El movimiento del agua dentro de la plantas es pasivo; esta se moviliza desde un medio de mayor potencial hídrico hacia uno de menor potencial hídrico. Así, el flujo de agua va desde el suelo a la raíz, tallo, hojas y atmósfera, respectivamente, en una caída creciente del potencial hídrico. La velocidad de absorción (captación del agua), la velocidad del flujo de ésta y el abastecimiento, a través de este continuo está relacionado en forma directa con la diferencia de potencial hídrico entre las hojas y las raíces, y la conductividad hidráulica del tejido o zona de tránsito del

agua. El balance entre la entrada de agua a la planta y la salida de agua de ésta (cantidades), determina hasta qué punto existe un déficit o estrés de agua en la planta. Cuando la absorción es más rápida que la transpiración, el exceso va a constituir el contenido de agua del tejido. Cuando la absorción es más lenta que la transpiración, el déficit es cubierto por agua del tejido, lo cual tiende a bajar los potenciales hídricos de éstos (HSIAO, 1990).

WHILEY, CHAPMANN y SARANAH (1988) evaluaron la tasa de transpiración y la conductancia estomática en paltos, variedad Fuerte, bajo condiciones normales de temperatura y riego, y encontraron que la máxima tasa de transpiración de hojas medida en campo fue en las primeras horas de la mañana (7 AM), ésta declinó hasta un mínimo en el mediodía; la conductancia epidermal siguió el mismo patrón de comportamiento teniendo un máximo coincidente con la máxima tasa de transpiración y un mínimo al momento de mínima transpiración.

SCHOLEFIELD *et al.* (1980) en un trabajo similar encontraron que con una baja humedad en el suelo, los bajos niveles del potencial hídrico del xilema de las hojas pueden causar una reducción en la conductancia estomática afectando la entrada de CO₂ y disminuyendo la fotosíntesis neta. Indican también que existe una relación estrecha e inversa con la diferencia de presión de vapor entre la hoja y la atmósfera, y la apertura estomática, siendo más predominante que la luminosidad en el control de la apertura. En la noche, con la caída en la diferencia de presiones de vapor y el cierre de estomas, permite la recuperación casi por completo de estatus hídrico.

WHILEY *et al.* (1986) establecieron el patrón diario del potencial hídrico del xilema de las hojas durante la temporada de crecimiento y encontraron que el mayor potencial hídrico se manifiesta al amanecer, éste va disminuyendo gradualmente al avanzar la mañana hasta alcanzar un mínimo a mediodía (coincidente con las mayores temperaturas), al avanzar la tarde el potencial comienza a subir gradualmente hasta alcanzar un máximo después del ocaso recuperando su estatus hídrico. Los potenciales varían entre -3,5 y -11 bares en plantas sanas. En sistemas radicales afectados por *Phytophthora cinnamomi* Mill, los potenciales en

las hojas alcanzan menores valores a las horas de mayor estrés (-13 bar), y se recuperan más lentamente durante la tarde, siendo evidente el mayor estrés hídrico producido en ellos.

El potencial hídrico en la hoja ha sido descrito como una función del potencial hídrico en el suelo, el flujo del agua a través del suelo y la planta, y la resistencia al flujo en la fase líquida, como se expone a continuación:

$$\psi_{\text{hoja}} = \psi_{\text{suelo}} - (\text{flujo}) \times (r_{\text{suelo a hojas}}),$$

donde Ψ es el potencial del agua y r la resistencia al flujo del agua bajo condiciones donde el suplemento de agua en el suelo y donde las temperaturas no limitan la absorción de agua por las raíces; el potencial hídrico en la hoja disminuye y la transpiración aumenta (KAUFMANN y HALL, 1977, citados por VILLABLANCA, 1994).

BARRIENTOS, RODRÍGUEZ y ESPINOZA (1993) compararon el comportamiento de los aspectos fisiológicos de paltos Hass bajo condición de sequía y riego, y encontraron que en el caso del riego la conductancia estomática tendió a subir en el transcurso de la mañana, teniendo una caída a mediodía producto de un cierre estomatal, producido por un estrés hídrico por la mayor demanda atmosférica, lo que genera que la planta transpire más rápido de lo que absorbe. En la condición de sequía, la conductancia tendió a disminuir en lugar de aumentar.

SYVERTSEN (1985) señala primeramente que la conductancia estomática es una función de factores ambientales como la concentración interna de CO_2 y la luz, y en forma secundaria una función del estatus hídrico de las hojas, el cual es determinado por la disponibilidad y suplemento de agua y la demanda atmosférica.

En tal sentido, las diferencias de presiones parciales de vapor de agua entre la atmósfera y la cámara sub estomática de la hoja durante el día, influyen la pérdida de agua desde éstas. La planta tiende a un equilibrio entre transpiración y absorción; cuando la tasa de la primera supera a la tasa de la segunda se produce

pérdida de agua desde los tejidos de la planta , haciendo el potencial más negativo en la hoja cuando la resistencia para el flujo de agua es bajo en la hoja, lo cual estaría aumentando la frecuencia de estrés hídrico interno en la planta. En tal momento la conductancia estomática baja para evitar mayor pérdida (WHILEY *et al.*, 1986; HSIAO, 1990)

Según HSIAO (1990), el bajo contenido de agua en el suelo provoca una baja conductividad hidráulica en la interfase suelo-raíz, lo cual genera una baja tasa de absorción. Además, un bajo potencial hídrico del suelo aminora el gradiente de potencial en el continuo suelo-planta-atmósfera, haciendo más lenta la absorción

La disminución en la conductividad hidráulica del suelo y un aumento en la resistencia de la raíz en condiciones de sequedad de éste ayudan a explicar porque el potencial de presión en el xilema en hojas de palto está separado de la transpiración cuando los árboles están sometidos a estrés con bajos potenciales matrices del suelo (KAUFMANN, 1974, citado por VILLABLANCA, 1994).

SYVERTSEN (1985) indica que dando un adecuado estatus hídrico a la hoja para mantener el turgor, el estoma puede responder directamente a las concentraciones de CO₂, resultando en la tasa de asimilación de éste quien afecta la conductancia estomática.

HSIAO (1990) señala que uno de los procesos de la planta más sensibles al déficit de agua es el crecimiento por elongación de la célula. Para que crezca una célula joven es necesario un continuo abastecimiento de bloques de constitución bioquímicos y otros ingredientes químicos. Además, una presión positiva (potencial de presión), debe ser mantenida en la célula para sostener su elongación. La reducción en la presión de turgor desciende varios bares cuando el tejido cerca de saturación pierden agua, y por lo tanto desciende o se detiene el crecimiento en expansión. La presión es mantenida por la absorción de agua dentro de la célula. Si déficit suaves de agua se desarrollan cuando el follaje es escaso y la cubierta de hojas no es total una detención del crecimiento expansivo por la deficiencia de agua

tendría un efecto sustancial en el crecimiento, ya que se reduce la superficie de follaje disponible para capturar la energía de la luz solar y fotosintetizar.

DAVIES y ZHANG (1991) indican que el desarrollo del área foliar en manzano fue mayormente afectado por el estrés hídrico que la conductancia estomática. Cuando el estrés es suficiente para cerrar los estomas la fotosíntesis y la producción de materia seca se reduce, sin importar el estado de desarrollo de las hojas.

DAVIES y ZHANG (1991) señalan que son las raíces las que primero responden a un problema hídrico en la planta. Al existir una baja disponibilidad de agua en el suelo o un bajo suministro de ésta a la parte aérea, las raíces generan ácido abscísico (ABA), el cual es traslocado a las hojas, influenciando el comportamiento de cierre estomatal, la iniciación y expansión foliar y el desarrollo de otros procesos. En otra teoría dichos autores señalan que son las hojas las que generan la señal de cierre del estoma por ser las primeras en deshidratarse. Sin embargo, la disponibilidad de agua puede variar de una parte del sistema radical a otra, así si unas pocas raíces del sistema radical se secan, pueden generar ABA y traslocarlo a los brotes y ejercer su influencia en ellos, a pesar que éstos presenten un buen estatus hídrico gracias al suministro de agua de otras raíces no afectadas. La impedancia mecánica del suelo al crecimiento de las raíces, determinada por sequedad de éste; el cambio en el estatus iónico de suelo alrededor de las raíces, producido por el secamiento de éste que produciría una reducción en el suplemento nutricional a las hojas; concentraciones localizadas de sal, etc., se han propuesto como factores gatilladores en la generación del ABA, como señal del contenido hídrico del suelo.

SALISBURY y ROSS (1994) señalan que la pérdida de turgor por parte de las células sería el factor gatillador de la señal del ABA. Otra teoría señalada por los autores, menciona que la resistencia estomática aumenta sólo cuando el potencial de presión se acerca a cero.

DAVIES y ZHANG (1991), por otro lado, indican que las hojas, incluso de plantas bien regadas, generan ABA el cual es secuestrado por los cloroplastos que actúan como trampas de aniones, evitando así su acción. El ABA es liberado cuando la célula pierde turgor y se mezcla con el ABA proveniente de las raíces a través del flujo de transpiración.

La epidermis de las hojas, más aún la membrana plasmática de las células oclusivas, es un sitio de acción del ABA en el comportamiento de los estomas. También se ha relacionado con la iniciación y crecimiento celular de la hoja. Los menores niveles de extensibilidad de la pared celular y conductancia del tejido y cambios en las propiedades de la pared celular se relacionan con mayores contenidos de ABA (DAVIES y ZHANG, 1991).

El ABA en el flujo del xilema puede incrementarse de manera variable según el grado de estrés hídrico y puede ejercer variables efectos en la conductancia estomática y crecimiento dependiendo de la sensibilidad de la especie.

BARRIENTOS, RODRÍGUEZ y ESPINOZA (1993) encontraron el doble de acumulación de ABA en hojas de plantas con estrés hídrico que en las regadas

Otro efecto negativo del estrés hídrico es la reducción y producción de citoquininas desde las raíces a las hojas. Esto sugiere la posibilidad que un suelo seco pueda influenciar el comportamiento estomatal vía una reducción del suplemento de citoquininas desde las raíces. Altas concentraciones de citoquininas pueden superar los efectos del ABA sobre el estoma, por lo cual una reducción de esta hormona incrementa la respuesta del brote a la acción del ABA (DAVIES y ZHANG, 1991).

El efecto del pH en el xilema ha sido reportado como factor de la liberación de ABA de los cloroplastos de las células. Se ha encontrado un exceso de aniones en plantas bien regadas y un exceso de cationes en las mal regadas. Una alcalinización del xilema liberaría el ABA de los cloroplastos a los sitios de acción sobre las células guarda (DAVIES y ZHANG, 1991). Una alcalinización sucedería

con un aumento en la concentración del NH_4^+ y/o arginina vía detoxificación del amonio, en una situación de estrés (LOVATT, 1987).

- Mecanismo fisiológico de protección anti estrés hídrico:

Se ha logrado describir muchos genes que codifican proteínas de acción conocida, acción desconocida y un grupo de proteínas LEA (que actúan en tejidos y semillas dando tolerancia), asociados con la desecación (INGRAM y BARTELS, 1996).

Cambios en el metabolismo primario son una respuesta general al estrés en las plantas.

La codificación de proteasas permite la depolimerización y redistribución de proteínas en exceso y de poli péptidos almacenados en vacuolas, liberando amino ácidos para la síntesis masiva de nuevas proteínas. Enzimas del metabolismo de los azúcares, como la sucrosa fosfato sintasa y la sucrosa sintasa, aumentan su actividad como respuesta al estrés. La sucrosa puede actuar como soluto compatible en el ajuste osmótico, además el azúcar cristaliza el agua formando un líquido super saturado en el interior de la célula, evitando su salida y un eventual colapso al permitir mantener el volumen de la célula con su volumen físico. Se postula también que estabiliza las membranas al unirse a los fosfolípidos de ella durante la desecación (INGRAM y BARTELS, 1996).

La transcripción de la enzima pyrrolyna-5-carboxilasa sintetasa (biosíntesis de la prolina) y la betaína aldehído deshidrogenasa (biosíntesis de betaína y glicina) está claramente regulada por el desecamiento (INGRAM y BARTELS, 1996).

El ajuste osmótico se refiere a la formación de solutos compatibles en las células, de modo que su potencial osmótico (potencial de soluto), y por lo tanto potencial total del agua (hídrico), se hace más negativo en cualquier RWC (contenido de H° del tejido). El ajuste osmótico permite bajar el potencial hídrico del tejido manteniendo el potencial de presión y el RWC del tejido. Solutos compatibles son algunos amino ácidos como la prolina y azúcares como la sucrosa y sorbitol ambos

en el citosol. En la vacuola el K⁺ es un ion compatible que mantiene el agua dentro de ella. El grado de ajuste osmótico es dependiente, entre otros factores, del grado de estrés y la especie (HSIAO, 1990; TAIZ y ZEIGER, 1991; WANG, QUEBEDEAUX y STUTTE, 1995).

Por otro lado, ROMPER y PATRICK (1997) señalan que el incremento en la elasticidad de la planta es un mecanismo que permite decrecer el volumen de la célula con la deshidratación perdiendo lentamente la tasa de turgor con decrementos en el potencial total. El ajuste osmótico junto con la elasticidad de la célula son mecanismos que juntos permiten mantener el volumen del simplasto y un turgor positivo en las plantas durante el día y durante períodos de sequedad del suelo. Mediante la relación entre la variación de la presión de turgor ($\Psi_p = \Psi_h - \Psi_s$) versus la variación en RWC del tejido en cuestión, permite una estimación de la elasticidad de la célula o la elasticidad del volumen de ésta. ($e = \frac{\Delta \Psi_p}{\Delta RWC} \times 100$).

WANG, QUEBEDEAUX y STUTTE (1995) indican que las hojas jóvenes de manzano son las primeras en mostrar ajuste osmótico y en mayor intensidad que otros órganos y sugieren que este hecho es dependiente de las tasa de fotosíntesis y exportación de asimilados por hojas maduras a las jóvenes. RANNEY, BASSUK y WHITLOW (1991), en tratamientos de desecación en carozos, establecieron que en las plantas de hábito de crecimiento indeterminado las hojas terminales en expansión tuvieron mayor potencial osmótico medido en saturación que las basales maduras y que las raíces realizaron ajuste osmótico en mayor grado que las hojas. Además, sugieren que bajo una misma condición de restricción de agua y respuesta en las variables fisiológicas medidas, la mayor tolerancia está dada por la especie con menor potencial osmótico.

BARRIENTOS, RODRÍGUEZ y ESPINOZA (1993) encontraron en palto, que bajo una condición de sequía el potencial de pared y el contenido relativo de agua (RWC) se mantuvieron semejantes a plantas bajo condición de riego, sin embargo, su potencial osmótico e hídrico fueron significativamente menores, por lo cual

consideran la presencia de un ajuste osmótico. Al analizar el comportamiento bioquímico de las plantas observaron una acumulación de prolina cerca del punto de marchitez permanente, sin embargo, esta acumulación no fue tan dramática

ANDERSEN, BRODBECK y MIZELL (1995a) determinaron los efectos e interacciones del estrés hídrico y una solución de nutrientes sobre las relaciones hídricas y concentración de amino ácidos, ácidos orgánicos y azúcares en el fluido de *Prunus salicina* y *Lagestroemia indica* y encontraron que los compuestos orgánicos predominantes en ambas especies fueron las amidas (glutamina y aspargina), arginina y ácido cítrico y málico. Los azúcares representaron una pequeña proporción del total de la osmolaridad. La concentración de ácidos orgánicos aumentó en mayor medida como respuesta al estrés hídrico. Los ácidos orgánicos pueden ser la principal fuente de carbono para la acumulación de prolina en plantas con estrés hídrico.

VENEKAMP y KOOT (1988) establecieron que la mayoría de la prolina acumulada por estrés hídrico en *Vicia faba* fue vía una nueva síntesis a partir de ácidos orgánicos y no por hidrólisis de proteína ni por amino ácidos pre existentes. VENEKAMP, LAMPE y KOOT (1989) demostraron que los ácidos orgánicos (málico, cítrico, etc.), sirven de fuentes de carbono en la síntesis de prolina vía glutamato deshidrogenasa. La síntesis de prolina a partir de ácidos orgánicos consume H⁺, y esto es un efectivo mecanismo para el control del pH del citosol.

STEWART (1978) señala que la síntesis de prolina, la oxidación de prolina y la síntesis de proteína son procesos metabólicos afectados por desecación y que pueden contribuir a la acumulación de prolina. La síntesis a través de glutamato requiere de la presencia de altos niveles de carbohidratos en las hojas, los que aportan carbono e hidrógeno como poder reductor necesarios para la síntesis.

BLUM y EBERCON (1976), ALONI y ROSENSHTEIN (1984) encontraron que los niveles de prolina acumulados durante un período de estrés hídrico en hojas de sorgum (*Sorghum bicolor* L.) y tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), decrecieron

con la rehidratación de las plantas, y sugieren que ocurrió una metabolización del amino ácido, el cual sería una fuente de carbono y nitrógeno para la recuperación del crecimiento de la planta.

Algunas proteínas actúan a nivel de foto sistemas manteniendo ensamblada la estructura de estos durante la desecación.

El desecamiento puede modificar la estructura química de proteínas por desanimación, isomerización u oxidación. Proteasas del tipo ubiquitinas, inducidas por desecación, degradan proteínas irreparablemente dañadas por el efecto del desecamiento. Las chaperoninas son proteínas envueltas en la reparación de la conformación nativa de otras proteínas desnaturalizadas por un estrés hídrico (INGRAM y BARTELS, 1996).

Otras enzimas remueven radicales tóxicos como el oxígeno radiactivo y peróxidos generados y acumulados por un estrés. La superóxido dismutasa y glutatión reductasa se incrementan en respuesta al estrés hídrico y pueden ser importantes actores de tolerancia (INGRAM y BARTELS, 1996).

2.4.4. Estrés térmico:

Las temperaturas del aire que oscilan entre los 25°C y los 30°C son consideradas óptimas para la producción de la mayoría de las zonas de cultivo. La fotosíntesis es uno de los procesos más sensibles al estrés térmico y gobierna el crecimiento de las plantas. La inhibición del crecimiento o el decaimiento de la planta sometida a temperaturas supra óptimas, puede ser el resultado de su influencia en muchos procesos fisiológicos y de desarrollo. Temperaturas sobre los 30°C producen déficit hídricos internos, daño por quemadura, reducción de la tasa de crecimiento y frecuentemente altas tasas de respiración. Consecuentemente, las adaptaciones fisiológicas de los procesos en la fotosíntesis neta a altas temperaturas y la

manutención de ésta en niveles supra óptimos es a menudo un factor clave en la adaptabilidad de las plantas (EVEN-CHEN, WEINBAUM y PEARCY, 1981; RANNEY y PEET, 1994).

Como se ha indicado, en el estrés térmico la fotosíntesis puede ser afectada por factores estomáticos y por factores internos no estomáticos, o alteración y daño en procesos fotosintéticos.

SCHOLEFIELD *et al.* (1980) determinaron la tasa de fotosíntesis en palto cultivar Fuerte, en un rango de temperaturas e intensidades lumínicas, encontrando que la máxima tasa ocurrió a los 28 °C y el rango de temperaturas en las cuales existió actividad fotosintética fue entre los 15° y 40°C; bajo los 15°C no hubo actividad; sobre los 30°C hubo un incremento gradual en la fotorrespiración la cual bajó la fotosíntesis neta (fotosíntesis / respiración); y temperaturas particularmente adversas al proceso resultaron ser las mayores a 40°C. Además, encontraron que temperatura de la hoja es en promedio unos 3°C más que la ambiental. Sin embargo, señalan que la temperatura óptima para la fotosíntesis puede variar con la diferencia de presiones de vapor (DPV), así a mayor DPV la temperatura óptima se hace menor.

EVEN-CHEN, WEINBAUM y PEARCY (1981) establecieron los efectos de la temperatura ambiente entre 15° y 43°C sobre la fotosíntesis neta en *Prunus domestica L.* bajo condiciones de agua de suelo no limitante. La temperatura óptima para la fotosíntesis fue de 30°C y a pesar que los estomas permanecieron abiertos, la asimilación de CO₂ se redujo sobre los 35°C indicando que existe una insensibilidad de las células guarda a los altos contenidos de CO₂ dentro de la hoja en altas temperaturas. Esto podría ser ventajoso no sólo para evitar el daño por sobre calentamiento, sino que también mantiene la temperatura cerca del óptimo de la fotosíntesis. Ellos concluyeron que la inhibición de la fotosíntesis por factores no estomáticos fue responsable del 80% de la caída en la asimilación del CO₂ y una causa de la caída en la asimilación de CO₂ puede ser la labilidad térmica del tejido

TAIZ y ZEIGER (1991) indican que las pérdidas de energía desde los pigmentos implican liberación de calor y/o luminosidad (fluorescencia). Este último fenómeno fue utilizado por RANNEY y PEET (1994), quienes determinaron la tolerancia térmica de cinco taxas de abedules (*Betula* spp.) , en un rango de 25°C a 43°C, a través de mediciones de fluorescencia de la clorofila. La fotosíntesis neta decreció cuadráticamente cuando la temperatura se incrementó sobre 30°C para todas las taxas, la concentración interna de CO₂ en la hoja aumentó, lo cual resultó del incremento de la tasa de respiración y la caída de la tasa de fotosíntesis.

RANNEY y PEET (1994) señalan que como efecto directo del estrés térmico existe un incremento en la tasa de respiración, una reducción en la actividad del ciclo de Calvin, que puede deberse a una reducción en el consumo de ATP, y una acumulación de energía en gradientes de protones a través de la membrana tilacoídea; además de una caída de la máxima eficiencia foto química del foto sistema II, una posible reducción de la energía lumínica dirigida a éste, por algún desvío en la distribución de energía en favor del PS1.

WEIS (1982) indica que suaves calentamientos a 35°C inactivan la fijación fotosintética en cloroplastos de espinaca intactos (*Spinacia oleracea* L.), no afectando la fotofosforilación ni el transporte de electrones del H₂O a NADP. Esta inhibición se debería a la caída en la reacción de carboxilación a nivel estromal; la alta temperatura interfiere con la activación de la RUBP-carboxilasa. SALISBURY y ROSS (1994) señalan que en temperaturas elevadas el CO₂ es menos soluble en el agua de los cloroplastos, lo cual hace que sea menos disponible. La rubisco tiene afinidad tanto por el CO₂ principalmente como por el O₂. En condiciones normales la concentración de O₂ en la atmósfera supera a la del CO₂, lo cual se traduce a las hojas. En elevadas temperaturas la proporción de O₂ / CO₂ cloroplásticos disueltos es mayor, de modo que la fijación de O₂ por la rubisco es más rápida, situación que ocurre en la fotorrespiración. Por otro lado, en otra etapa de la activación de la enzima, participa un CO₂ activador que se une a un grupo amino de una sub unidad de la enzima, para formar un grupo carbamato, el cual es necesario para la unión

de la RuBP y el CO₂ (u O₂ en fotorrespiración), situación que también podría verse afectada (SALISBURY y ROSS, 1994).

La inhibición de la fijación de CO₂ esta cercanamente relacionada a una inhibición de la activación de esta enzima dependiente de la luz, lo cual sugiere que una suave bajada en la reacción de carboxilación en el estroma podría ser la causa primaria de la inhibición de la fijación (WEIS, 1982).

SALISBURY y ROSS, 1994 agregan que la activación de la rubisco depende de un cambio en el Ph del estroma del cloroplasto, de 7 a 8, causado por el transporte de protones desde el estroma a los canales tilacoidales inducido, por la necesidad de protones para la reducción de los aceptares de electrones en los pigmentos, lo cual trae consigo el paso de magnesio desde los tilacoides hacia estroma, los cuales son cationes activadores de la rubisco. Un impedimento en la necesidad de estos protones, como puede suceder cuando existe daño en los foto sistemas, puede alterar el gradiente de protones necesario para la activación de la enzima. La RUBP-carboxilasa es dañada en los 40°C (WEIS, 1982).

SALISBURY y ROSS (1994) señalan que normalmente en los vegetales existe mayor proporción del fotosistema I que del II, ante una cantidad potencialmente semejante de irradiancia para ambos, por lo cual existe una redistribución de la energía capturada del fotosistema II al I (etapa llamada estado 1 a 2), a través de la escisión de parte del complejo cosechador de luz (LCHII) el cual dona la energía al fotosistema I (LCHI) y viceversa (estado 2 a 1), lo cual protege de un potencial daño fotoquímico al fotosistema II. Un exceso de energía lumínica al fotosistema I, es regulado por el paso de energía del estado 2 al 1, y por una "auto" reducción mediante el transporte cíclico de electrones a través del complejo del citocromo. Las transformaciones en el complejo de cosecha de luz podrían limitar la fotosíntesis neta en altas temperaturas e irradiancias (RANNEY y PEET, 1994).

La reacción que involucra la emisión de oxígeno es la más sensible al calor, ya que afecta la transferencia de electrones desde el agua al NADP+. WEIS (1982) señala

que un estrés térmico puede causar daño al complejo escindor del agua. La inactivación de este complejo resulta en un daño al complejo de pigmentos cosechadores de luz del fotosistema II (LCHII) producto de un bombardeo constante de fotones y la ausencia de un agente reductor, lo cual implica una perturbación en la transferencia de energía al centro de reacción. Finalmente, un aumento en la fluorescencia del fotosistema II implica una debilidad en la cosecha de luz por parte éste, afectando la fotosíntesis.

La mayor tolerancia del fotosistema I se hace evidente, ya que puede actuar como un agente oxidante y reductor de sí mismo.

SALISBURY y ROOS (1994) indican que existe un control lumínico de activación de enzimas participantes de la fijación del CO₂, las cuales requieren para su activación el aporte de electrones provenientes de la escisión del agua y que no son utilizados para la formación de ATP y NADPH, el que podría verse afectado por el daño al fotosistema II.

Un rápido incremento en la tasa de respiración con incremento de temperaturas (alto Q₁₀), podría ser en sí mismo un factor limitante para plantas sensibles al calor, debido al más rápido agotamiento de carbohidratos de reservas, particularmente bajo altas temperaturas nocturnas (RANNEY y PEET, 1994). La respiración aumenta al incrementarse las temperaturas, sin embargo, llega un momento a partir del cual baja, producto del daño directo de la alta temperatura sobre las proteínas envueltas en el proceso de respiración (SALISBURY y ROSS, 1994).

- Mecanismos fisiológicos de defensa anti- estrés térmico:

El primer mecanismo por el cual la planta se protege de un sobre calentamiento de sus tejidos es mediante la transpiración que consiste en la evaporación de agua desde los estomas de las hojas, requiriendo para ello de una energía de 540 Kcal que la extrae desde la superficie de las hojas calentadas por la radiación solar,

produciendo en ellas un enfriamiento evaporativo (RANNEY y PEET, 1994; SALISBURY y ROSS, 1994).

VIERLING (1991) señala que cuando el aumento de la temperatura supera a lo que puede realizar la transpiración se ponen en marcha otros mecanismos fisiológicos.

Cuando las plantas son expuestas a temperaturas de unos cinco o más grados sobre la temperatura óptima de crecimiento, la síntesis de la mayoría de las proteínas y RNAm es reprimida y la transcripción y traducción de un pequeño "set" de "proteínas de choque térmico" (HSPs) es iniciada. Estas proteínas tienen la función de proteger la estabilidad estructural y funcional de las proteínas y/o enzimas de las células cuando son expuestas a altas temperaturas. Todas las HSPs son codificadas por genes del núcleo celular, sintetizadas en el citoplasma y distribuidas a los sitios de acción como mitocondrias, cloroplastos y citoplasma. Las HSPs son producidas en tejidos vegetales, semillas semimaduras, aleuronas de semillas embebidas y embriones germinando. Varias de estas proteínas también son componentes comunes en tejidos no estresados (VIERLING, 1991).

La síntesis de las HSPs aumenta en función de la duración e intensidad del estrés térmico y no son inducidas por otros estrés. En el ambiente natural, donde las temperaturas aumentan en forma gradual también se da esta síntesis. El estrés hídrico, que normalmente acompaña a las altas temperaturas, favorece el incremento en la temperatura de la hoja, lo cual determina que se acumulen HSPs en éstas (VIERLING, 1991).

Se han descrito cinco grandes grupos de HSPs según su peso molecular: HSP110, HSP90, HSP70, HSP60 y LMW (bajo peso molecular), de los cuales los tres mayores (HSP90, HSP70 y HSP60) participan en el plegado de proteínas, transporte de proteínas a través de las membranas, ensamblado de oligómeros proteicos y modulación de la actividad de los receptores.

Las HSP70 son de tamaño variable que bordean los 70 kDa, se encuentran en el citoplasma, mitocondria, cloroplastos y retículo endoplásmico existiendo grandes similitudes entre ellas. Las HSP70 del citoplasma juegan un papel en el ensamblado y plegado de proteínas disociadas o desnaturalizadas por el estrés térmico, disociando ATP para ello; facilitan el transporte de proteínas a través de las membranas del retículo y mitocondria y protegen a las membranas del retículo endoplásmico y nucléolo del daño térmico (VIERLING, 1991).

Las HSP60 mitocondriales se incrementan con estrés térmico uniéndose a proteínas no funcionales mitocondriales e importadas desde el citoplasma, liberando ATP. Las del cloroplasto son llamadas chaperoninas y se sugiere que participan en el ensamblado de la rubisco; la chaperona del cloroplasto puede ensamblar subunidades individuales dañadas de la rubisco, requiriendo magnesio y otras enzimas, hidrolizando ATP. Es específica para la rubisco a pesar que no se induce con estrés térmico (VIERLING, 1991).

Las LMW son las que más se inducen con estrés térmico y existen genes que codifican proteínas para el citoplasma, cloroplasto y retículo endoplásmico. Su función no es clara, se retraen en forma granulos activos durante el estrés, los cuales protegerían a los RNAm. VIERLING (1991) propone que la función de aquellas proteínas que están en el cloroplasto sería proteger o reparar el fotosistema II y la integridad funcional de las enzimas durante el estrés térmico.

La Ubiquitina también es considerada una HSPs la cual se une en forma covalente a proteínas que están irreversiblemente dañadas, marcándolas para su degradación. En plantas estresadas la ubiquitina libre se reduce y aumenta la conjugada a otras proteínas.

La conservación y la evolución de las plantas a las respuestas de estrés térmico está fuertemente determinada por la producción de estas proteínas. Las plantas desarrollan tolerancia a temperatura normalmente letales a través de la

aclimatación. Existe evidencia que las HSPs son componentes esenciales del desarrollo de la termotolerancia (VIERLING, 1991).

2.4.5. Estrés lumínico:

El daño al aparato fotosintético es causado por la luz ultra violeta, por la luz en la parte del espectro visible y por interacciones entre luz visible y ultravioleta. El largo tiempo de exposición de las plantas y sus organelos a fuerte luminosidad, dentro del espectro visible, puede resultar en la fotodestrucción o foto-oxidación de los pigmentos fotosintéticos, lo cual se manifiesta en el blanqueamiento de éstos. La fotooxidación es un fenómeno secundario que ocurre en una última etapa, antes de la cual, hay un período de declinación de la fotosíntesis (fotoinhibición), dependiente de la luz, sin cambios en la composición de los pigmentos (POWLES, 1984).

SCHOLEFIELD *et al.* (1980) trabajaron con distintas intensidades lumínicas (densidad de flujo de fotones, pfd), y encontraron que la máxima tasa de fotosíntesis ocurrió en un punto de saturación de $500 \mu\text{Em}^{-2} \text{s}^{-1}$ equivalente a un 25% de la plena luz solar ($2.000 \mu\text{Em}^{-2} \text{s}^{-1}$). El punto de saturación de luz corresponde a aquel en que, manteniendo otros factores constantes, se alcanza la máxima tasa fotosintética, no incrementándose al subir la luminosidad (SALISBURY y ROSS, 1994). El bajo punto de saturación y el bajo punto de compensación son bajos comparados con otros cultivos sub tropicales; ésto se debería a la estructura encontrada en los cloroplastos de las hojas los cuales contienen muchas lámelas en el grana y se podría compararla con especies de bosques lluviosos clasificadas como plantas de sombra.

Las plantas de sombra que crecen en ambientes con alta densidad de flujo de fotones (pfd), normalmente presentan un bajo punto de saturación y una menor tasa de fotosíntesis con respecto a la que obtienen en su ambiente natural, lo cual implica una merma en su capacidad fotosintética o una fotoinhibición. Al bajar la

intensidad lumínica es posible que vuelvan a su máxima capacidad fotosintética (POWLES, 1984).

Las plantas que están adaptadas o aclimatadas a crecer en ambientes con alta pfd, normalmente su tasa fotosintética mejora al incrementarse la luminosidad (POWLES, 1984). Sin embargo, estudios con plantas que crecen en baja pfd han documentado foto inhibición de la capacidad fotosintética en hojas maduras cuando las plantas son abruptamente movidas a altas pfd. (POWLES y CRITCHLEY, 1980). El grado de foto inhibición es determinado por la duración y la intensidad del pfd.

Las hojas maduras que inicialmente pueden presentar foto inhibición pueden aclimatarse incrementando substancialmente su capacidad fotosintética a altas pfd o pueden foto-oxidarse Las hojas jóvenes que se desarrollan después de la transferencia a alta pfd pueden no presentar foto inhibición (POWLES, 1984).

Como efecto directo de una excesiva pfd, existe una inhibición en la capacidad de transporte de electrones con una concomitante declinación de la fijación de CO₂.

Un daño a la actividad del foto sistema II es producido y en menor medida al foto sistema I, lo cual produce un desacoplamiento en la capacidad de transporte de electrones, especialmente dentro del fotosistema II (POWLES y CRITCHLEY, 1980).

Bajo temperaturas favorables, la foto inhibición es termo independiente y puede ocurrir sin la presencia de radicales de O₂ ni acompañada de destrucción de pigmentos, aunque el grado de foto inhibición es significativamente influenciado por la temperatura. No se produce daño en el complejo cosechador de luz. Se sugiere que debe existir una lesión en el centro de reacción que aminora la eficiencia de éste e incrementa la probabilidad que la energía de excitación sea degradada en calor u otra manera no foto químicamente útil. La lesión específica no está clara y es improbable que exista lesión en el complejo escindor del agua (POWLES, 1984).

El fotosistema I puede ser inhibido por la exposición a alta irradiancia del fotosistema II. El grado de inhibición puede ser igual o menor al fotosistema II. La inhibición de la capacidad de transporte de electrones del fotosistema I, a diferencia del fotosistema II, esta aquí relacionada a la presencia de radicales de oxígeno y/o peróxido de hidrógeno (H_2O_2 , $*O_2$) (POWLES, 1984).

La foto-oxidación se presenta cuando una clorofila oxidada pasa a un estado de triplete oxidado, éste hace que este estado tenga un tiempo de vida suficiente para interactuar con otros elementos e iniciar daño foto químico. Este estado de clorofila puede entregar su energía al oxígeno, formando un siglete de oxígeno que es un fuerte oxidante que rápidamente puede reaccionar con los ácidos grasos insaturados de las membranas lipídicas, con amino ácidos aromáticos y purinas, reaccionar con el fotosistema I. Todas estas reacciones tienen la capacidad de producir daño y muerte celular (SIEFERMANN-HARMS, 1987; POWLES, 1984).

En el ambiente natural, normalmente se junta alta irradiación con altas temperaturas.

WEIS (1982) encontró que puede ocurrir un incremento del daño en el fotosistema II con alta irradiación; por otro lado la alta temperatura aumenta la permeabilidad de la membrana tilacoidea a los iones, alterando el pH de activación de la RuBP-carboxilasa, un bajo nivel de irradiancia prevendría el cambio en las propiedades de la membrana. También encontró que un medio de pH alcalino puede producir daño al complejo escindor del agua y que la luz puede estabilizarlo mediante la generación de un gradiente de pH adecuado, cuando la concentración de protones se incrementa en el tilacoide. Así, observó que la termo sensibilidad puede ser aminorada por el efecto de la luz en algunos procesos.

Sin embargo, POWLES (1984) señala que altas temperaturas seguidas de alta irradiancia puede resultar primeramente en una fotoinhibición seguida de la foto oxidación de los pigmentos y muerte celular.

Bajo una condición de estrés hídrico y alta luminosidad, POWLES (1984) indica que se produce una inhibición en el transporte de electrones desde el foto sistema I al II, aunque señala que habría evidencia que ambos tipos de estrés pueden eventualmente producir, en forma separada, este fenómeno.

- Mecanismos fisiológicos de protección anti estrés lumínico:

Los excesos de energía pueden ser disipados no destructivamente como calor y fluorescencia, siendo esta última menos importante. Otra vía es a través de la redistribución de energía desde el foto sistema II al I y viceversa.

Los carotenos tienen una acción protectora al disipar la energía del estado de triplete oxidado de la clorofila, ésta entrega su exceso de energía a los carotenos que forman un estado de triplete oxidado, el cual puede perder su energía por calor sin causar daño. Los singletes de oxígeno también pueden ser desactivados traspasando su energía a los carotenos (SIEFERMANN-HARMS, 1987; POWLES, 1984).

Por otro lado, se ha establecido que el superóxido (singlete oxidado de O_2), puede reducirse con protones por la acción de la enzima superóxido dismutasa, produciendo un peróxido de hidrógeno tóxico (H_2O_2), el cual puede también reaccionar con un superóxido por la acción de la enzima glutathion reductasa, formando un radical libre de oxígeno activo ($*O_2$) y un radical hidroxilo (OH^*). Estas reacciones sacan a los elementos tóxicos activos de los lugares potenciales de fotooxidación en el cloroplasto. La glutathion reductasa participaría, posteriormente, en la disipación de los elementos activos restantes (POWLES, 1984; ASAMI y AKAZAWA, 1978, FOSTER y HESS, 1980).

Las hojas, sobre todo en plantas de sombra, pueden moverse ajustando sus ángulos con mayor notoriedad bajo condiciones de estrés hídrico, para evitar la

máxima exposición de la luz. Los cloroplastos en muchas células pueden ser reordenados en el citosol de acuerdo a la intensidad de la luz (POWLES, 1984).

2.5. Aminoácidos:

2.5.1. Absorción y traslocación de amino ácidos:

Los nutrimentos llegan a las raíces difundándose a través de la solución del suelo por acarreo pasivo junto con el agua que entra a las raíces por movimiento en masa, y por el crecimiento de las raíces hacia ellos. Estos pueden entrar vía simplasto y/o apoplasto hasta la endodermis, en donde la banda de Caspary fuerza la entrada a través de las membranas selectivas del simplasto hacia el xilema (SALISBURY y ROSS, 1994).

Las membranas celulares están formadas de proteínas y lípidos (fosfo lípidos y glicolípidos), siendo las primeras las más abundantes. Las proteínas membranales participan en el transporte de iones y solutos a la célula. Las ATP asas actúan en el transporte activo contra gradiente de concentración. Otras proteínas son las que forman canales iónicos y los portadores proteínáceos (más selectivos). Poli sacáridos unidos a proteínas periféricas a la membrana (glico proteína), cumplen la función de reconocer proteínas o péptidos externos, como hormonas vegetales que pasan de célula a célula (SALISBURY y ROSS, 1994).

El transporte activo es definido como el flujo neto a través de la membrana contra el gradiente de energía potencial de la molécula en cuestión. Si la molécula no está cargada ésto representa un flujo contra un potencial químico; si está cargada representa un flujo contra un potencial electroquímico. En todos los casos se requiere de energía libre para manejar la traslocación (BUSH, 1993).

Más del 90% del nitrógeno en el suelo es orgánico, aminoácidos libres puedan ser también detectados en la solución de suelo. Muchos de esos aminoácidos son producto de descomposición de la materia orgánica. También la raíces vivientes

exudan aminoácidos (SCHOBERT, KÖCKENBERGER y KOMOR, 1988). Por esto se asume que los microorganismos del suelo se alimentan de nitrógeno orgánico, así la planta se puede comportar como un donador de N orgánico, ya sea por desorganización o por lisis de células radiculares y exudación.

El transporte de aminoácidos a través de las membranas plasmáticas es un proceso que acopla la traslocación de éstos contra su gradiente de potencial electroquímico al flujo de otras moléculas que se mueven bajo su potencial electroquímico. En este caso los aminoácidos se acoplan a la energía libre disponible en una diferencia de potencial electroquímico de protones a través de la membrana (BUSH, 1993).

En un estudio con membranas plasmáticas aisladas de vesículas de remolacha se demostró el transporte dependiente del gradiente de pH de alanina, leucina, glutamina y glutamato. El transporte de glutamina a través de las raíces ha sido caracterizado en remolacha (BUSH, 1993).

BUSH (1993) señala que se ha identificado el número de carriers de aminoácidos presente en la membrana y que existe un carrier para los aminoácidos ácidos, uno para los básicos y dos para los neutrales. Estos últimos tienen especial afinidad con la isoleucina, valina, treonina y prolina. Además, indica que existiría una inhibición competitiva del transporte entre la treonina, ácido aspártico, isoleucina y metionina, sugiriendo que todos ellos serían transportados por el mismo carrier.

SCHOBERT, KÖCKENBERGER y KOMOR (1988) trabajaron con seedlings de habas crecidos en diferentes medios (suelo, arena de cuarzo, o medio líquido), bajo condiciones naturales o axénicas (solo sustrato sin componente químico), y aplicaron prolina con C14 marcado al medio de las raíces en concentraciones similares a las que existen normalmente en el suelo. La mayoría de la prolina absorbida fue transferida a través de las raíces al interior del xilema sin conversión metabólica, aunque después de este evento podría existir alguna conversión metabólica.

Las raíces compiten efectivamente con los microorganismos del suelo en condiciones de suelo natural por amino ácidos. La exudación por las raíces es afectada por muchos factores como pH del medio o estado nutricional de la planta. Las diferentes raíces de la planta o aún diferentes regiones de la misma raíz pueden variar considerablemente respecto de la absorción o exudación neta de amino ácidos desde o hacia el suelo. Se encontró que la tasa inicial de absorción de prolina es mayor en plantas sobre suelo natural, sin embargo, al consumirse gradualmente ésta bajó y globalmente la cantidad de aminoácido fue menor en plantas sobre suelo natural que esterilizado (SCHOBERT, KÖCKENBERGER y KOMOR, 1988).

La tasa de absorción de prolina por las raíces y aparición de ésta en el xilema depende del movimiento de prolina en el sustrato, la competición por la traslocación de amino ácidos endógenos en el suelo, el consumo de prolina por organismos y la adsorción hacia sitios de enlace fuera del sistema radical de la planta.

SCHOBERT, KÖCKENBERGER y KOMOR (1988) indican que las raíces retienen por largo tiempo la mayor parte del compuesto absorbido y después es distribuido hacia la parte aérea de la planta. Esto significa que las raíces almacenan compuestos derivados de la absorción de prolina, y tan pronto como el suministro desde el suelo disminuye, este "pool" es aminorado por la transferencia hacia las partes altas de la planta, por respiración y posiblemente también por pérdidas hacia el suelo. Estas pérdidas al medio podrían ser predominantemente en la forma de ácidos orgánicos.

KATO, YAMAGATA y TSUKAHARA (1985) en un trabajo similar en mandarina Satsuma (*Citrus unshiu*) encontraron que aspargina, arginina y prolina fueron trascoladas en el interior de la planta vía xilema y floema, ocurriendo movimiento lateral entre xilema a floema y vice versa. La arginina tendió a acumularse más en el xilema y la prolina en el xilema. Los aminoácidos fueron metabolizados en distintos grados, siendo el ácido aspártico el más metabolizado y también la prolina. La

arginina fue convertida a prolina y aspargina; la aspargina a ácido aspártico, glutamina y alanina; el ácido aspártico a prolina, aspargina y alanina; y la prolina a ácido glutámico, ácido aspártico, aspargina y alanina.

2.5.2 Estructura:

Las proteínas constan de una o más cadenas de poli peptídicas cada una de las cuales está formada de cientos de amino ácidos unidos a través de enlaces peptídicos. El tamaño y composición de cada proteína dependen del número y tipo de aminoácidos. Estos se presentan comúnmente en las proteínas en un número de 18 a 20.

Cada amino ácido presenta un grupo amino (NH₂), un grupo carboxilo (COOH) y una cadena radical (R) que diferencia a cada amino ácido de otro, pudiendo según ésta clasificarlos en aromáticos, alifáticos, ácidos, básicos y neutrales.

Los aminoácidos ácidos poseen dos grupos carboxilos, uno de los cuales puede unirse a otro aminoácido; el otro grupo libre ionizado da la condición ácido (ácidos aspártico y glutámico). Los aminoácidos básicos poseen dos grupos aminos uno de los cuales puede unirse a un grupo carboxilo de otro aminoácido, mientras que el nitrógeno del otro pueden atraer protones cargándolo positivamente (SALISBURY y ROSS, 1994).

Cada aminoácido puede poseer dos configuraciones, una de las cuales es imagen especular de la otra. Son llamados isómeros ópticos. La forma D posee el grupo amino a la derecha y la L a la izquierda. Los biológicamente activos son los L-aminoácidos

Los amino ácidos sintetizados artificialmente son racémicos, es decir, tienen mezclas de ambas formas; en el proceso de separación ulterior de ellos radica la utilidad como fertilizantes (GOMIS *et al.*, 1988)

- Proteínas:

Constituyen aproximadamente el 30% del peso seco de la célula vegetal.

La gran diversidad de propiedades químicas que le confieren los aminoácidos en su estructura, como grupos hidrofílicos e hidrofóbicos, y ordenamiento les permiten una gran posibilidad de funciones (TAIZ y ZEIGER, 1991).

Las enzimas tiene una proteína como parte principal de su estructura, y tienen función catalítica participando en el catabolismo y anabolismo celular. Otras proteínas, sin función catalítica, cumplen función estructural como en los microtúbulos y microfilamento. Otras son transportadores de sustratos específicos como los carriers o citocromos. Algunas son hormonas y participan en el crecimiento celular (SALISBURY y ROSS, 1994)

2.5.3. Funciones metabólicas bajo estrés ambiental:

Se ha señalado que los amino ácidos tienen especial importancia cuando se presentan situaciones de estrés abióticos ambientales como enfriamiento, congelación, salinidad, estrés hídrico y térmico (TAIZ y ZEIGER), y estrés de tipo biótico como plagas y enfermedades.

La característica principal en los estrés abióticos es la deshidratación de los tejidos. Participan como solutos compatibles del tejido en el ajuste osmótico anteriormente descrito (TAIZ y ZEIGER, 1991), y como fuente de carbono y nitrógeno en la recuperación del estrés.

Constituyen la base estructural de numerosas proteínas de protección inducidas por estrés ambientales, como las HSPs (VIERLING, 1991) y de hormonas.

- Fundamento la aplicación de amino ácidos en la agricultura:

El nitrógeno inorgánico, en sus formas NO_3 y NH_4 , es la principal fuente de incorporación de nitrógeno a las plantas. Éste, para ser útil dentro de ella, requiere ser reducido y asimilados a compuestos para obtener un primer producto amino acídico para una posterior síntesis de proteínas (LOVATT, 1987).

La obtención del primer producto requiere de un gasto de energía por parte de la planta el cual resulta crítico para la superación de situaciones de estrés, estados en que la capacidad fotosintética es mermada (GOMIS *et al.*, 1988)

La hipótesis es que al suministrar un producto previamente elaborado a la planta, le permite ahorrar la energía necesaria para superar lo anterior (GOMIS *et al.*, 1988).

2.5.4. Uso de amino ácidos en la agricultura:

En Chile y en el extranjero se utilizan aminoácidos en distintas especies vegetales y para distintos objetivos como: aumentar cuaja y retención de frutos, aumentar calibre de fruta, superar condiciones de estrés, etc.

NUSIMOVICH *et al.* (1989) realizaron aplicaciones foliares de aminoácidos y nutrientes sobre el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) y encontró que el rendimiento global se incrementó así como el calibre y su precocidad, sugiriendo que la protección del producto frente a condiciones adversas de estrés hídrico y térmico fue el responsable de ello.

JUNCOSA *et al.* (1990) lograron, en tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) variedad Carmelo, con aplicación de un hidrolizado enzimático, vía fertirrigación en riego localizado de alta frecuencia, un incremento de la producción en un 17%, y un mayor rendimiento de los frutos con mayor calibre. Además, el efecto conjunto del hidrolizado y el riego hizo incrementar la superficie radicular absorbente.

JUNCOSA, NUSIMOVICH y GOMIS (1989) sometieron a plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) a estrés hídrico y térmico y aplicaron foliarmente una solución de aminoácidos puros y un hidrolizado de aminoácidos y bases púricas y pirimidínicas , encontrando que la fotosíntesis neta se incrementó respecto de los testigos en ambos casos, siendo mayor en el hidrolizado, resultando en rendimientos mayores.

ESCAICH *et al.* (1989) reportan que en numerosos ensayos, aplicaciones exógenas de aminoácidos como prolina a la planta, confiere al polen una mayor resistencia, tanto a altas como bajas temperaturas, elevándose la tasa de germinación con respecto a los testigos.

ESCAICH, SOLER y GOMIS (1991) resumen una serie de ensayos con aplicaciones foliares de aminoácidos, realizados en distintos cultivos horto frutícolas.

Se ha cuantificado el estímulo partenocárpico de los frutos de peras con aplicaciones exógenas de prolina y la potenciación de sustancias hormonales inductoras de la fructificación. En tomate, aplicaciones foliares y al suelo aumentaron el número de frutos por planta y su calibre. En peral, variedad Blanquilla de Aranjuez con problemas de cuajado, naranjo variedad Navelate (con problemas de cuajado), en melón y en viña aplicaciones foliares aumentaron el cuajado. En sandía con aplicaciones foliares se observó un incremento en la producción de frutos, peso de frutos y precocidad. En olivo se observó un aumento del número medio de frutos por rama, se observó incremento del cuajado.

- Ensayos realizados en Chile:

GONZÁLEZ (1993) determinó la influencia de aplicaciones radiculares y foliares en Kiwi (*Actinidia deliciosa*) en distintas dosis y fechas de aplicación, sobre distintos eventos del desarrollo de la planta, como por ejemplo: porcentaje de brotación, números de botones florales defectuosos, retención y calibre de la fruta, etc., no encontrando ninguna diferencia significativa con respecto a los testigos no tratados.

Concluye señalando que la época de aplicaciones radiculares debe coincidir con la época del crecimiento radicular, debe considerarse la profundidad de suelo a la cual se realiza, el sistema de riego, y el tipo de suelo para que exista una absorción efectiva; además, una planta debilitada presenta un sistema radical poco desarrollado y por lo tanto, está contenida en un menor volumen de suelo y de absorción.

2.6. Manejo de riego post plantación y riego pulsado:

GARDIAZABAL y ROSENBERG (1991) señalan que el riego inadecuado durante el primer año es uno de los factores más determinantes en el desarrollo y en las pérdidas de árboles. Un déficit en el agua de riego provoca una defoliación de los árboles para evitar mayor pérdida de agua de los tejidos.

Al respecto recomiendan regar, después del riego de plantación, con frecuencias crecientes de días desde primavera a verano y decrecientes desde verano a otoño, y con tiempos de aproximadamente una hora.

Sin embargo, condiciones de alta humedad en el suelo pueden darse por un largo tiempo de riego, y sequía por frecuencias muy pequeñas. Esto puede darse aún durante un mismo día, haciendo variar grandemente las relaciones hídricas de la planta, por ejemplo, su potencial hídrico.

La difusión del oxígeno en el suelo está determinada por el arreglo del espacio poroso en el suelo y el grado en el cual esos poros están llenos de agua (LABANAUSKAS *et al.*, 1968).

LABANAUSKAS *et al.* (1968) encontraron que bajos niveles de oxígeno en el suelo redujo el peso seco de las plantas siendo las raíces las más afectadas. Los niveles de N, P, K, Ca, Mg y B fueron menores y aumentó el Na y Fe en los brotes y significativamente decrecieron los niveles de K, Mg, Na y Cl en las raíces. Altos

niveles de humedad en el suelo afecta la acumulación de nutrientes en la planta y por lo tanto su crecimiento; elementos como el Fe y Mn pueden reducirse y ser más móviles en el suelo.

En un trabajo similar SLOWIK *et al.* (1979) encontraron que bajos niveles de oxígeno en el suelo bajó significativamente los niveles de nutrientes en las plantas y el peso seco de raíces, suficientemente como para afectar el peso seco de la planta, además aumentan los niveles de Na y Cl en desmedro de los otros nutrientes aumentando los riesgos de toxicidad por sales.

Por otro lado, además un bajo contenido de humedad en el suelo disminuyó los niveles de N, P, K, Ca; Mg, Zn y Mn por planta lo que se tradujo en una reducción del peso seco de hojas, brotes y planta (SLOWIK *et al.*, 1979)

VILLABLANCA (1994) y TORO (1995) señalan que las raíces se desarrollan en un ambiente donde compatibilizan una humedad de suelo y aireación adecuada. En zonas con altos contenidos de humedad, como lo es cerca del emisor de riego (micro aspersión), no existe desarrollo radical de raíces absorbentes.

La exploración de suelo por las plantas está gobernada por muchos factores ambientales y físicos, por la densidad de raíces en el suelo y la movilidad de los nutrientes en el suelo (LABANAUSKAS *et al.*, 1968).

HEISKANEN (1995) plantea que en diferentes medios de crecimiento hay distintas características físicas, y por lo tanto distintas características de retención de agua. Esto anterior debe hacer variar la capacidad de estanque y la frecuencia de la aplicación de agua, para acercarse a la mejor condición de aireación y agua en el medio.

YUGARLEVITCH, TENNY y ULMER (1995) señalan que manejar un suelo con riego de bajo volumen y alta frecuencia permite una mayor eficiencia en la aplicación de agua, lo que puede resultar en una menor variación de los contenidos hídricos y

nutritivos en la planta potenciando un mejor crecimiento. Lo anterior es especialmente importante para plantas recién implantadas que poseen una pequeña capacidad de estanque.

El riego por pulso puede ser definido como el fraccionamiento de la cantidad total de agua a entregar en un período, en cada cierto intervalo de tiempo (RODRIGO, 1992).

ADATO y LEVINSON (1988) indican que en palto (*Persea americana* Mill) variedad Fuerte, mediante el uso de riego por goteo intermitente en bajo volumen, obtuvieron una mayor producción promedio, se incrementó el peso promedio de fruto a la cosecha y se indujo una mayor tasa de crecimiento diaria del fruto y una tasa de crecimiento continuo del tronco, comparado con un riego de micro aspersion sin pulso, en un período de cinco años. Ellos sugieren que lo anterior se debió a que los árboles tuvieron menos estrés durante las horas de mayor calor del día.

ZUR (1976) señala que la distribución del contenido volumétrico de agua, aplicada en pulsos, y la tasa de avance del frente de mojamiento, visto en una columna vertical de suelo, fue como si el promedio de la tasa de aplicación de agua hubiese sido aplicada continuamente, donde los pulsos de agua en la superficie del suelo son vaciados rápidamente, resultando en un flujo de agua constante en el perfil de suelo húmedo. Los pulsos de riego pueden ser utilizados como una forma de controlar el humedecimiento del perfil durante el proceso de infiltración.

LEVIN y VAN ROOYEN (1977) indican que en riego por goteo la disminución de movimiento vertical del agua en el suelo, producto de un menor porcentaje de infiltración e infiltración acumulada, se debe al favorecimiento del movimiento lateral, lo que implica menores pérdidas de agua bajo la zona radical.

ZUR y SALVADI (1977) señalan que la menor variación de las fluctuaciones de la humedad en el tiempo es exponencial con la profundidad en el riego con pulso. La

profundidad de amortiguación depende de la pluviometría del emisor, de la frecuencia y amplitud de pulsos.

GONZÁLEZ (1996) determinó la influencia del riego pulsado en cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*) y encontró que la disponibilidad de agua en el sustrato fue mayor, en cada mes y en la temporada, mientras más pulsos diarios se dio, lo que traería consigo un aumento en la absorción por parte de la planta y un subsecuente aumento en el rendimiento. El agua de drenaje fue menor mientras más pulsos diarios se dio.

Del análisis del frente de mojado encontró un aumento del tamaño del bulbo de mojado cuando aplicó más pulsos diarios, dado por el mayor movimiento lateral del frente de mojado.

En cuanto a materia seca encontró un aumento a nivel radical a mayor cantidad de pulsos, dado por un mayor área de absorción al incrementarse el tamaño del bulbo, sin embargo observó una tendencia a la disminución de la parte aérea dada posiblemente a la fructificación de las plantas.

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1. Ubicación:

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental La Palma, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso, ubicada en el sector de La Palma, provincia de Quillota, V región. Chile ($32^{\circ} 50' \text{ L.S } 71^{\circ} 13' \text{ LO}$)

3.2. Definición de la zona del ensayo:

3.2.1. Clima:

El clima de Quillota corresponde a mediterráneo. Se ubica en la región de los valles transversales con veranos secos y cálidos bien definidos, influenciado por los vientos alisios o subtropicales variables (MARTÍNEZ, 1981).

En la zona se registran temperaturas inferiores a 0°C durante el invierno pero son de corta duración (MARTÍNEZ, 1981). El régimen térmico se caracteriza por tener una temperatura media anual de $15,3^{\circ}\text{C}$ con máxima media del mes más cálido (enero) de 27°C y una mínima media del mes más frío (Julio) de $5,5^{\circ}\text{C}$. La suma anual de temperaturas base 5°C es de 3700 grados días, y en base 10°C de 1900 grados días (NOVOA *et al.*, 1989)

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 media llega a 1361 mm anuales con máximo mensual en diciembre de 219,3 mm y un mínimo en junio con 36,1 mm (NOVOA *et al.*, 1989).

3.2.2. Suelo:

El suelo de la Estación Experimental La Palma pertenece a la sene La Palma, el cual es sedimentario, profundo y de origen coluvial formado a partir de sedimentos graníticos de los cerros que rodean al predio

La textura es franco arcillosa. En profundidad presenta gravas y piedras de tamaño variable. La permeabilidad es moderada presentando un buen drenaje. (MARTÍNEZ, 1981).

3.2.3. Agua:

La estación experimental tiene derechos sobre el canal O valle, el que es abastecido por el río Aconcagua que es de régimen nival. La calidad del agua es buena no presentando peligro de sodificación ni cloruros que puedan significar una limitación en su uso (MARTÍNEZ, 1981).

3.3. Materiales:

3.3.1. Material vegetativo.

El material utilizado para el ensayo corresponde a plantas de vivero cultivar Hass sobre patrón de semilla Mexícola, este último de dos años edad y con un año de crecimiento de la variedad. En la elección de las plantas se consideró un tamaño homogéneo en cuanto a :

- altura de planta, medida en cm desde el cuello del tronco hasta la yema apical del brote apical utilizando para ello una huincha metálica de medir, la altura estuvo en un rango de 60 a 65 centímetros,
- desarrollo de canopia, midiendo el ancho de canopia en cm, en un rango de 25-30 centímetros

- número y largo de brazos, medidos en cm desde el punto de inserción en el tronco hasta sus yemas apicales. El número de brazos por planta estuvo en un rango de dos a tres
 - vigor de las plantas en base al diámetro de tronco, medido a 5 cm desde la superficie del sustrato, utilizando para ello un pie de metro.
 - coloración y estado sanitario, ambos en base a una apreciación visual, el estado sanitario sin signos ni síntomas de plagas o enfermedades.
 - Se tuvo especial cuidado en escoger plantas sin yemas brotadas en la zona apical, media y basal del eje principal de la planta.
- El número total de plantas para el ensayo fue de 70.

3.3.2. Materiales de riego:

- Tubería PVC 32 mm : 40 m
- Tubería PVC 25 mm : 50 m
- Fianza 1/2' : 150m
- Bomba 0,5 HP : 1
- Tambor plástico 200 l : 1
- Llaves de corte rápido:
 - Bronce 1" : 2
 - Bronce 3/4" : 10 -
 - PVC 1/2" : 10
- Micro aspersores gasto catalogado por planta de 36 l / h : 70
- Singularidades
- Válvula con solenoide 1": 1
- Reloj TIMER Legrand : 1
- Transformador eléctrico 200 V : 1

3.3.3. Materiales de implantación:

- Estacas de coligue : 70
- Lienza

- Huincha de medir de 30 m
- Sulfato Potasio : 14 kg
- Super Fosfato Triple : 14 kg
- Pala.

3.3.4. Materiales de medición:

- Una regla de 30 cm
- Una huincha metálica de 3 m
- Dos registradores de temperatura en grados celsius, marca RYAN Instruments, con Software RLSoft versión 1.04A, para registros aéreos y de suelo.

3.4. Método :

3.4.1. Terreno y Preparación de suelo:

Se utilizó un sector de 375 m² cuya preparación consistió en un rastraje de disco. Se realizó un corrugamiento de suelo de manera de formar diez pequeños camellones de 40 cm de alto sobre los cuales se asignaron los tratamientos.

El suelo presenta dos condiciones distintas de textura para los 10 camellones, por lo que se hicieron calicatas en ambas zonas y se caracterizó visualmente el perfil.

El sector denominado "uno" presenta tres estratas con límites difusos. En los primeros 30 cm existe una estrata de textura franca y presencia de gravillas de 2 cm de diámetro poco abundantes. Entre los 30 y 70 cm hay una estrata de textura más gruesa, franca arenosa, sin presencia de gravillas. Entre los 70 y 80 cm la textura es franco arenosa con abundante presencia de gravillas.

El sector denominado "dos" presenta estratas de límites más claros. En los primeros 20 cm de profundidad existe una estrata de textura franco limoso con

abundante presencia de gravillas de un promedio aproximado de 5 cm de diámetro. Entre los 20 y 50 cm hay una estrata de textura franca sin presencia de piedras. Entre los 50 y 60 cm de profundidad existe una estrata pedregosa fina y a mayor profundidad hasta los 90 cm la presencia de piedras de mayor tamaño es más frecuente, textura franco arenoso.

Para caracterizar con mayor precisión el suelo en los camellones, se realizó un análisis granulométrico en ambos sectores tomando varias muestras en cada uno de ellos, resultando en el sector "uno" una textura franca, con densidad aparente de 1,42 g / cc; y en el sector "dos" una textura franco limosa con densidad aparente de 1,22 g / cc.

También se realizaron curvas de retención de humedad para ambos sectores las que se detallan en el Anexo 1.

3.4.2. Instalación del sistema de riego:

La fuente de agua consistió en la submatriz que riega el sector de paltos de dos años de edad. Se realizó una conexión y una extensión desde la submatriz, utilizando una tubería de PVC de 32 mm, hasta dos llaves manuales de 1' que separaran dos sectores de riego para los tratamientos de pulso y de golpe. Desde ahí, dos porta laterales de 32 mm alimentaron cuatro y seis laterales, dispuestos sobre los camellones, para el sector de pulsos y de golpes, respectivamente. Alternativamente se implemento un sistema de fertilización en base a una bomba de 0,5 HP que impulsaba la solución de nutrientes desde un tambor de 200 l hacia una tubería de 25 mm conectada directamente a los laterales a través de llaves de corte rápido de 0,75'.

Como emisores se utilizó un microaspersor por planta de un gasto catalogado de 36 l / hr. Para mayor precisión se realizó un aforamiento de los emisores, los cuales presentaron un gasto de 42 l / hr y un coeficiente de uniformidad de 98 %

El riego pulsado se controló en un programador que acciona el riego para el sector completo en que estaba el ensayo. Para ello se implementó un sistema consistente en una válvula con solenoide, cuya apertura y cierre en cada pulso se controló con un reloj Timer, el cual fue sincronizado con el reloj del programador.

3.4.3. Implantación:

Se realizó el estacado en los camellones, fijando una distancia de plantación de 2 m sobre el camellón y 2 m entre camellones. Se realizaron hoyos de 40 x 40 x 40 cm en cuyo fondo se depositó una fertilización base de 200 g de sulfato de potasio y 200 g de super fosfato triple. Se procedió a retirar la bolsa del cepellón y plantar con el cuello de árbol unos 5 cm sobre el nivel del suelo.

Se protegieron las plantas contra el viento mediante cortinas individuales. Se tutoraron todas las plantas y se dio un riego largo de 3 hr para eliminar los bolsones de aire entre ambos suelos (pan de vivero y suelo definitivo).

Se realizó una fertilización a través del riego en base a Urea en dosis de 2 g por planta al día, comenzando a los 10 días después de la plantación, y Salitre Potásico en dosis de 4 g por planta al día más la urea a partir de la brotación, hasta el 30 de abril. Se aplicó un fertilizante foliar, Nutrenke (400 cc /100 l de agua) con bomba de espalda mojando la canopia completa de cada planta a partir de 10 días de la plantación y en frecuencias de 15 días hasta el 30 de abril.

Para la plantación de octubre se fertilizó con Urea y Salitre Potásico en dosis de 3 y 5 g por planta al día, respectivamente, a partir de la primera semana de noviembre hasta el momento en que se dejó de medir las variables de crecimiento en las plantas, es decir el 30 de diciembre. Se aplicó Nutrenke foliar en la misma dosis a partir de 15 días de la plantación y en frecuencias de 15 días.

3.4.4. Variables a evaluar:

Se evaluaron cuatro fechas de plantación:

- 20 enero
- 20 febrero
- 20 marzo
- 20 octubre

Se consideró a marzo y octubre como fechas tradicionales, y enero y febrero no tradicionales.

Se evaluaron, en las fechas no tradicionales de plantación, dos formas de riego :

- Golpe de 40 min

- 4 pulsos de 10 min cada uno al día

El Cuadro 1 muestra el horario y tiempo de riego para ambas formas.

CUADRO 1. Metodología de riego

Tipo de riego	Hora de aplicación	Tiempo de riego
Golpe	10:00AM	40 min
Pulso:		
Pulso 1	10 :00 AM	10 min
Pulso 2	14 : 00 PM	10 min
Pulso 3	18 :00 PM	10 min
Pulso 4	21 : 00 PM	10 min

La cantidad total de agua aplicada al día es la misma en ambos casos, 28 l / planta

Se evaluó la aplicación de Zoberaminol radicular, en dosis de 2 cc / planta / día en ambas formas de riego y sólo en las fechas no tradicionales de plantación. Su

aplicación se efectuó a las 10:00 hr a través del sistema alternativo y junto con la fertilización. Se aplicó a partir de cada fecha de plantación y se continuó diariamente hasta el 30 de abril.

3.4.5. Tratamientos:

Con los factores época de plantación, tipo de riego y la aplicación de aminoácidos se hicieron 10 tratamientos con 7 repeticiones cada uno. En el Cuadro 2 se muestra las combinaciones y el ordenamiento de los aspectos a evaluar en los tratamientos

CUADRO 2. Ordenamiento de los tratamientos

Fecha de plantación	Tipo de riego	Aminoácido
Enero	1	ap
	2	ap
Febrero	1	ap
	2	ap
Marzo	2	0
Octubre	2	0

1 = Pulso 0 = Sin aplicación

2 = Golpe ap = aplicación

El Cuadro 3 detalla los tratamientos resultantes del Cuadro 2

CUADRO 3 Detalle de los tratamientos:

Tratamiento	Fecha	Tipo de riego	Aminoácido
T1	Enero	1	ap
T2	Enero	1	0
T3	Enero	2	ap
T4	Enero	2	0
T5	Febrero	1	ap
T6	Febrero	1	0
T7	Febrero	2	ap
T8	Febrero	2	0
T9	Marzo	2	0
TO	Octubre	2	0

1 = Pulso O = No aminoácido ap = Si

2 = Golpe aminoácido

3.4.6. Variables a

cuantificar: - Temperatura

Se tomaron registros diarios de temperatura ambiental en intervalos de 15 min mediante un registrador RYAN de temperatura, instalado a la altura de la zona media de uno de los árboles a evaluar dentro de su canopia. De las temperaturas diarias registradas se obtuvo la temperatura máxima, temperatura mínima, grados días acumulados en base 12,5°C y el período de tiempo diario en que las temperaturas estuvieron por arriba o abajo del intervalo de temperaturas considerado no limitantes para el crecimiento.

También se tomó registro de las temperaturas a nivel de raíces, utilizando para ello otro RYAN que se enterró a 25 cm en contacto con la zona media radical de uno de los árboles a evaluar.

- Crecimiento vegetativo.

Se escogieron tres yemas por planta, en todos los tratamientos, una en posición apical, una media y una basal, a las cuales se les hizo un seguimiento desde su brotación hasta el 20 de junio, fecha en que se consideró el cese de crecimiento. Las mediciones se hicieron semanalmente y se utilizó para ello un pie de metro en las etapas iniciales de crecimiento y una regla posteriormente. Para la plantación de octubre las mediciones se realizaron hasta el 30 de diciembre. El crecimiento se consideró a partir de los 0,5 cm una vez brotada la yema.

A partir del seguimiento de los brotes se determinó la tasa de crecimiento (cm) promedio por planta y por tratamiento semanalmente, y el largo final de los brotes por planta y por tratamiento medidos el 29 de agosto, este último corresponde a la suma de los brotes por planta, promedio por tratamiento.

- Peso seco de las plantas (g).

Se escogieron dos plantas por tratamiento al final del período de evaluación y se arrancaron del suelo (durante septiembre), procurando obtener el sistema radical intacto.

Peso seco radical: Por la dificultad de extraer el sistema radical intacto, debido a la gran facilidad con que se rompen o cortan las raíces, se procedió a extraerlas de la siguiente forma: Se determinó en terreno la zona de extensión de las raíces en superficie y en profundidad, utilizando un azadón de jardín y se realizó una zanja circular perimetral de 50 cm de profundidad por 40 cm de ancho más allá de dicha zona. Posteriormente se regó, la "torta" formada, por un período de cinco horas, y cuando el suelo tuvo una condición de alta friabilidad, utilizando una pala y chuzo se procedió a sacar terrones de tamaños regulares para lavarlos en recipientes con agua, y a través de mallas separar las raicillas. La parte central del sistema radical unida a la parte aérea fue lavada y cortada en el cuello del tronco. Todo el sistema radical fue secado en estufa a 60 °C por 3 días. Luego se pesó.

Aéreo: se cortó y secó a 60°C por tres días, luego se pesó .

3.4.7. Diseño y análisis estadístico:

Se evaluó estadísticamente las variables de crecimiento de la planta: Tasa de crecimiento, largo final de brotes y pesos seco aéreos y radicales promedios por tratamiento.

Las tasas de crecimiento corresponde al crecimiento de la planta promedio por tratamiento (considera promedio de brotes apicales, medios y basales), obtenido durante distintos períodos de tiempo en el desarrollo del ensayo. Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar para eliminar un posible efecto del suelo.

En las tres variables a evaluar se comparan los tratamientos entre sí, utilizando un análisis de separación de medias HSD al 5% de significancia.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Descripción de los elementos ambientales:

En el Anexo 2 se muestra el detalle de las variables ambientales en los meses de estudio, en los que se ha determinado las temperaturas máximas y mínimas diarias, grados días acumulados en base 12,5 °C, el número de registros diarios detectados cada 15 min. entre 13° C y 35 °C, y el número de registros que están sobre o bajo este rango.

De acuerdo a lo señalado por RANNEY y PEET (1994), SCHOLEFIELD *ef al.* (1980), BERRY y BJÖRKMANN (1980) y WEIS (1982) quienes indican que la tasa de fotosíntesis neta comienza a bajar a partir de los 30°C siendo los 40°C limitantes y causantes de daño térmico, tanto en membranas fotosintéticas como en la enzima ribulosa di-fosfato carboxilasa oxidasa (rubisco) en forma irreversible, y por HERNÁNDEZ (1991) quien reportó que temperaturas menores a 13°C son las que en última instancia limitan el crecimiento de la planta; se consideró para esta investigación un rango térmico favorable al crecimiento (RTC.) de 13°C a 35°C, sobre o bajo este rango de temperatura la planta podría estar bajo una condición de estrés de efecto elástico o plástico dependiendo, uno u otro, de la intensidad de éste.

Un total de dos registros mayores a 35 °C al día, indican que la planta estuvo expuesta a temperaturas sobre 35°C, por un tiempo teórico de 30 minutos

En general se puede observar que desde enero a junio inclusive, las temperaturas máximas y mínimas medias y grados días fueron disminuyendo, como también lo

hicieron la evaporación de bandeja y el número de registros en RTC., dado este último principalmente por el descenso paulatino en las temperaturas mínimas. Sin embargo, el número de registros diarios y mensuales sobre 35°C no siguieron el mismo patrón, existiendo meses con mayor o menor estrés térmico, con efectos variables sobre el crecimiento de las plantas. Por lo anterior y para el análisis de comparación entre las variables de los tratamientos plantación, se han considerado cinco períodos de tiempo desde el 24 de enero al 20 de junio.

El Cuadro 4 muestra el resumen de los registros ambientales promedios y totales por período. Este muestra que el período uno resulta ser el más favorable para el crecimiento en cuanto a temperaturas y grados días, pero al mismo tiempo es el más exigente en cuanto al recurso hídrico por parte de la atmósfera. Un déficit en el riego en esta etapa podría implicar un cierre estomático por formación de ácido abscísico (ABA) en las raíces (SALISBURY y ROSS, 1994), implicando una baja o menor tasa de fotosíntesis neta y, por lo tanto, crecimiento. El período dos presenta temperaturas medias más altas, un número de registros bajo 13°C y en RTC algo menores al período uno, y al presentar una menor ETb promedio, es el período que presenta condiciones más favorables para el crecimiento de las plantas, según los autores citados anteriormente.

CUADRO 4: Resumen de los elementos ambientales promedios y totales por periodo.

Período	T° mínima media	T° diaria media	T° máxima media	Total ° Día	ETb media	Total >35	Total <13	Total >35-13<	Total registros
1. 20En.-24Feb	9,89	21,03	32,17	275,25	6,64	50	775	2247	3072
2.25Feb.-22Mar.	107	22,63	32,88	233,5	3,95	50	637	1809	2496
3. 23Mar. •21Ab.	8,31	19,43	30,56	201,25	3,13	91	1030	1662	2783
4. 22Ab.-20May.	7,91	18,58	29,25	176,75	2,17	53	1170	1561	2784
5. 21 May.-20Jun.	8,12	15,21	22,35	83,65	0,63	0	1830	1146	2976

En el periodo tres descienden las temperaturas medias y la cantidad acumulada de grados días, y se presenta un alto número de registros sobre 35°C, lo cual podría indicar un mayor estrés térmico sobre las plantas respecto a otros periodos.

Cabe hacer notar que aunque en los dos periodos anteriores se presentaron menores cantidad de registros sobre 35°C y semejantes entre ellos, la magnitud del estrés térmico debe ser discutida en función de la cantidad específica de registros diarios, ya que el número total de registro por periodo puede ser el resultado de un bajo número de registros a través de varios días, o de un alto número de registros en uno o pocos días, lo cual determina distintos efectos sobre la planta.

El periodo cuatro puede ser una fase de estrés térmico interesante, ya que se produce en una época en que la temperatura, grados días y número de registros favorables al crecimiento están en franca caída, y teóricamente según BERRY y

BJÖRKMANN (1980) la planta podría encontrarse en una etapa de aclimatación estacional en su tasa de fotosíntesis hacia una época más fría.

El período quinto es el que presenta las condiciones menos favorables al crecimiento de la planta.

En el Anexo 3 se muestra las temperaturas de suelo promedio mínimas, máximas y media por período a partir de abril. Las temperaturas máximas, medias y mínimas promedio bajan de los 13°C a partir del cuarto período, sin embargo, ya se registran temperaturas mínimas menores a 13°C a partir del cuarto período, por lo que el crecimiento radical debiera expresarse hasta el cuarto período.

4.2. Análisis de las tasas de crecimiento:

4.2.1. Análisis general:

En las Figuras 4 y 5 se muestra la evolución de las tasas de crecimiento para los tratamientos que se plantaron en enero y febrero, respectivamente, a través de todo el período de evaluación.

El crecimiento en los tratamientos plantados en enero (Figura 4) comienza a ser evidente a partir de la primera semana de febrero, es decir, a las dos semanas después de haber sido implantados. En general, las tasas de crecimiento aumentan hasta alcanzar un "peak" en la segunda semana de marzo, lo cual coincide con las mejores condiciones ambientales para el crecimiento registradas durante el período dos. Esto coincide con lo registrado por PALMA (1991) en palto cv. Fuerte y HERNÁNDEZ (1991) en palto cv. Hass quienes encontraron una alta correlación entre las temperaturas medias y la acumulación de grados días en la parte ascendente del primer "flush" vegetativo.

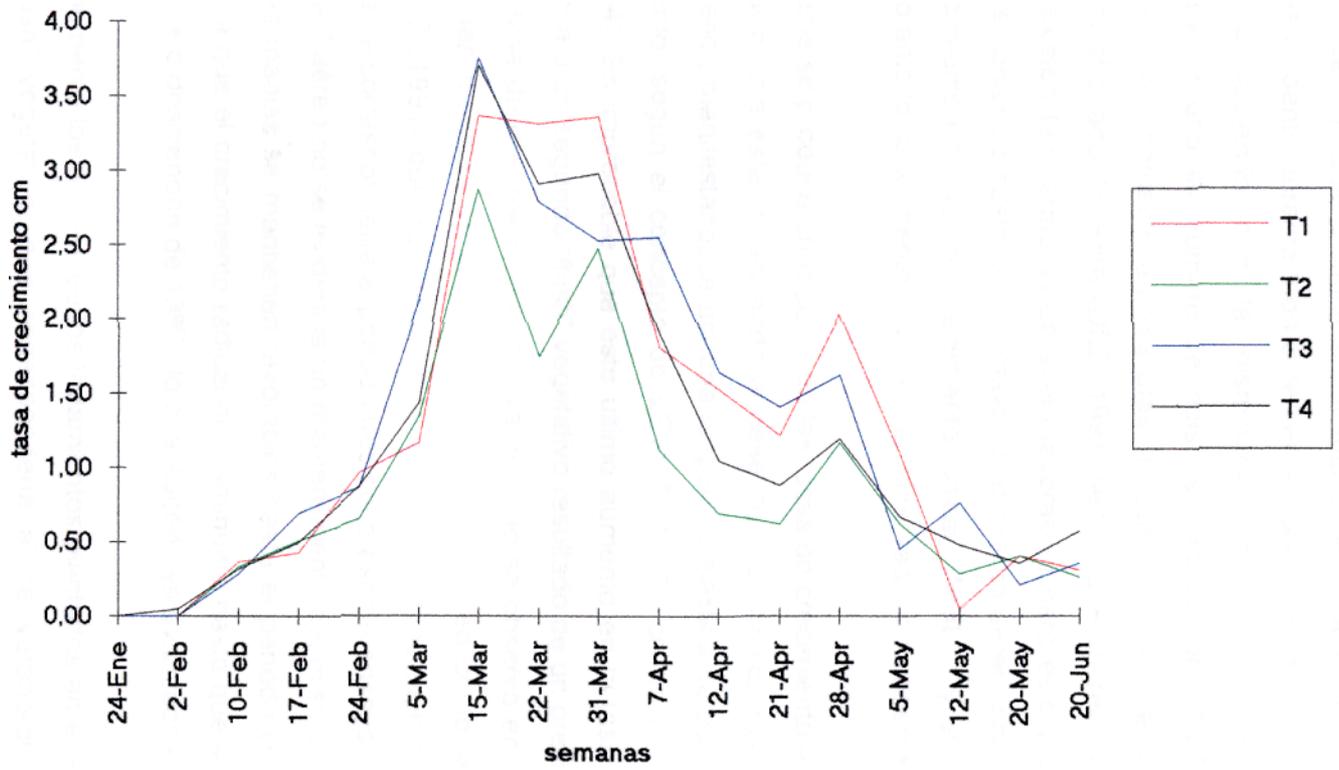


FIGURA 4: Tasa de crecimiento promedio semanal por planta y tratamiento palto cv Hass, Quillota. Tratamientos de Enero

A partir del 15 de marzo se produce la disminución en la tasa de crecimiento, la cual se hace más evidente durante todo el tercer periodo, que térmicamente es el más estresante, coincidiendo con la disminución de las temperaturas medias ambientales y con un alto número de registros térmicos sobre 35°C, los que están concentrados prácticamente en tres días, lo que lo hace intenso que los otros periodos. Por otro lado, HERNÁNDEZ (1991) señala que el crecimiento radical se da cuando existen temperaturas de suelo favorables para este y cuando la parte radical no es capaz de sustentar un mayor crecimiento aéreo, por lo cual baja su tasa de crecimiento en favor del crecimiento radical. WHILEY y SCHAFFER (1993) relacionan lo anterior al aumento gradual del "sink" radical en desmedro del aéreo.

Posteriormente se produce un repunte en las tasas de crecimiento a partir del 21 de abril, el cual podría estar relacionado al cese de las condiciones estresantes del periodo anterior, manifestándose así una respuesta elástica de aumento en la tasa de crecimiento, según el concepto de LEVITT (1972), citado por SALISBURY y ROSS (1994). Es improbable que este último aumento en la tasa de crecimiento aéreo se deba a un segundo "flush" vegetativo resultado de un previo crecimiento y caída en la tasa de crecimiento radical, ya que no se observó en las plantas una disminución tan marcada en la tasa de crecimiento aéreo como la registrada por HERNÁNDEZ (1991) durante el periodo de máximo crecimiento radical, el cual supuestamente correspondería al periodo tres del presente ensayo. Además, luego de este "peak" aéreo no se evidencia un mantenimiento del mismo, a pesar que las temperaturas medias se mantienen favorables hasta el periodo cinco inclusive, lo que implicaría que el crecimiento radical no disminuiría hasta que las temperaturas medias de suelo descenden de 13°C, lo cual sucede ya avanzado el mes de junio.

Así, probablemente los árboles de los tratamientos plantados en enero presentaron un solo "flush" vegetativo, que correspondería al de verano-otoño en árboles mayores; el primer descenso en la tasa de crecimiento aéreo pudo ser el resultado de dos fenómenos que actuaron simultáneamente o algo desfasados uno de otro: un ajuste interno aéreo / raíz, con el cual se inicia un crecimiento radical, cuando

éste no es capaz de sustentar en agua y en nutrientes un mayor crecimiento aéreo, y otro es la condición de estrés térmico registrada; los cuales uno, otro o ambos, acentuaron la disminución en la tasa de crecimiento aérea. Luego, al desaparecer la condición de estrés térmico se manifestó la respuesta elástica (LEVIT, 1972, citado por SALISBURY y ROSS, 1994) de aumento de la tasa de crecimiento aérea. Esto sugiere que en una condición normal, sin estrés térmico, la intensidad en la disminución de la tasa de crecimiento debería haber sido menor.

El crecimiento en los tratamientos plantados en febrero (Figura 5) comienza en la semana posterior a la implantación. Esta anticipación del inicio del crecimiento una vez plantados, con respecto a los tratamientos plantados en enero puede ser causa de que estas plantas fueron expuestas, al comienzo, a una condición ambiental menos estresante , en que un menor requerimiento hídrico por la atmósfera sumado a las condiciones de temperatura registradas, hicieron menos probable un estrés hídrico en las plantas en la implantación y en el período inmediatamente posterior.

Se observan principalmente tres "peak" de crecimiento en las tasas de crecimiento de los tratamientos plantados en febrero, en los períodos tres, cuatro y cinco. Independiente a estas fluctuaciones, en general las tasas de crecimiento siempre tendieron a aumentar hasta el período cuatro inclusive, observándose un descenso en ellas ya avanzado en el período cinco. Esto sugiere que el descenso definitivo de la tasa de crecimiento de todos los tratamientos plantados en febrero, fue producto principalmente del descenso en la temperatura media ambiental, en la acumulación de grados días y en el número de registros en RTC, más que por un crecimiento radical el cual probablemente fue más importante después, como lo registrado por PALMA (1991) y HERNÁNDEZ (1991) en árboles adultos. Los descensos y aumentos en las tasas de crecimiento durante los períodos intermedios, se debieron probablemente a una respuesta elástica por parte de la planta, frente a condiciones

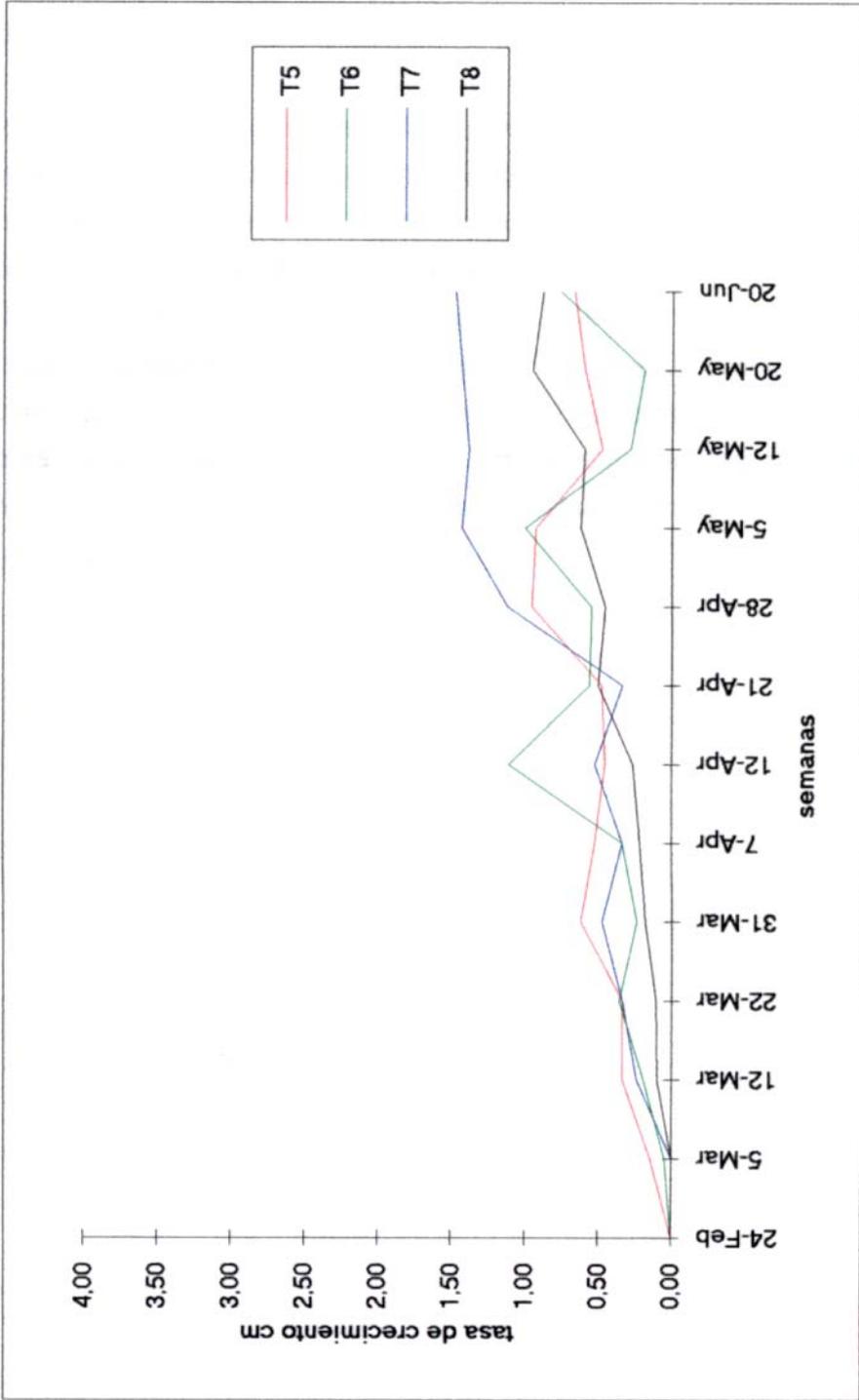


FIGURA 5: Tasa de crecimiento promedio semanal por planta y tratamiento palto cv Hass, Quillota. Tratamientos de Febrero

estresantes de altas temperaturas en momentos particulares del crecimiento, y no tendrían relación con el balance interno de la planta entre las partes aérea y radical.

El crecimiento de los árboles plantados en marzo de 1997 y octubre de 1998, que se observan en las Figuras 6 y 7, respectivamente, se inició durante la primera semana tras su implantación, presentando incrementos y descensos en su evolución debido a factores ambientales. La tasa de crecimiento de los árboles plantados en marzo presentó el mismo patrón que el de la tasa de crecimiento de los árboles plantados en febrero, es decir, se observó siempre un alza en la evolución, independiente de las fluctuaciones observadas, y el descenso definitivo en ella se debió igualmente a las caídas en las temperaturas y la acumulación de grados días, sugiriendo que la mayor tasa radical también ocurrió una vez cesado el crecimiento aéreo.

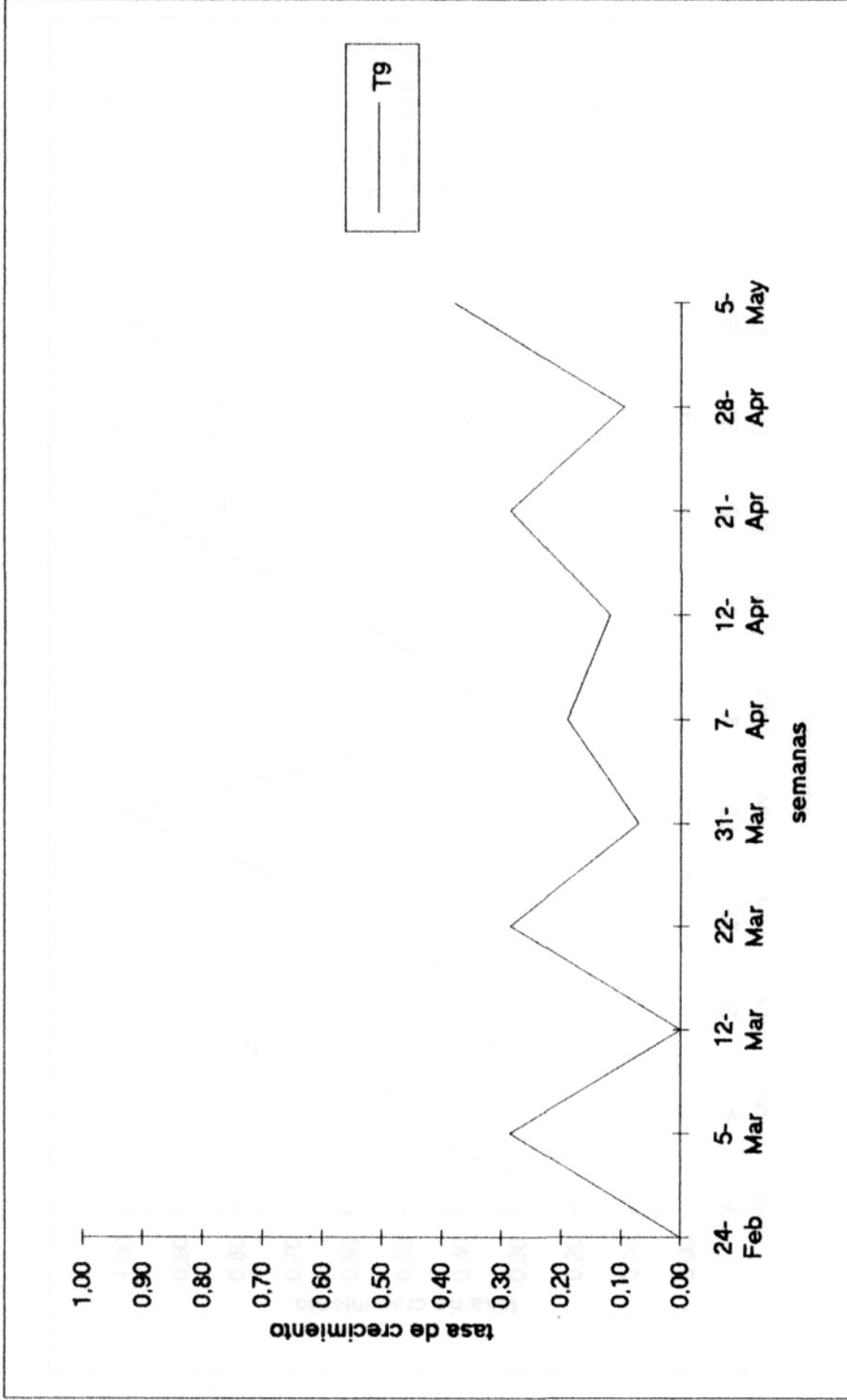


FIGURA 6: Tasa de crecimiento promedio semanal por planta y tratamiento palto cv Hass, Quillota. Tratamiento de marzo

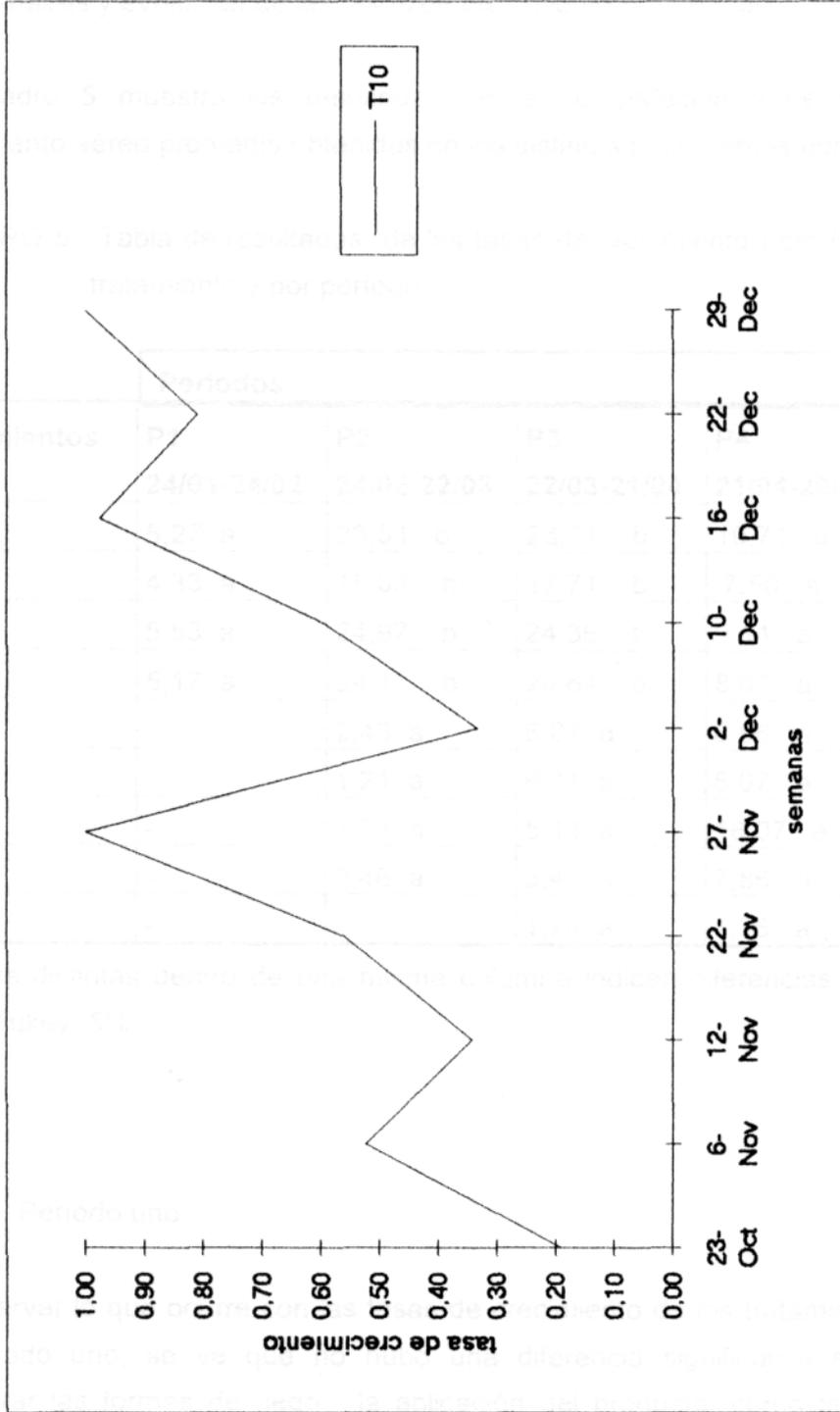


FIGURA 7: Tasa de crecimiento promedio semanal por planta y tratamiento palto cv Hass, Quillota. Tratamiento de octubre

4.2.2 Análisis y evolución de las tasas de crecimiento por período:

El Cuadro 5 muestra los resultados de la comparación entre las tasas de crecimiento aéreo promedio obtenidas en los distintos tratamientos por período.

CUADRO 5. Tabla de resultados de las tasas de crecimiento (cm / período) por tratamiento y por período.

Tratamientos	Periodos				
	P1 24/01-24/02	P2 24/02-22/03	P3 22/03-21/04	P4 21/04-20/05	P5 20/05-20/06
T1	5,27 a	23,51 b	23,71 b	10,71 a	1,00 a
T2	4,33 a	18,03 b	17,71 b	7,50 a	0,71 a
T3	5,53 a	24,97 b	24,36 b	9,14 a	1,93 a
T4	5,17 a	24,11 b	20,64 b	8,07 a	1,71 a
T5	-	2,43 a	6,07 a	8,86 a	3,43 a
T6	-	1,21 a	6,71 a	6,07 a	2,36 a
T7	-	1,71 a	5,14 a	16,07 a	4,43 a
T8	-	0,46 a	3,47 a	7,86 a	2,64 a
T9	-	-	1,79 a	1,36 a	0,86 a

* Letras distintas dentro de una misma columna indican diferencias significativas HSD, Tukey 5%.

4.2.2.1. Período uno:

Al observar lo que ocurre con las tasas de crecimiento de los tratamientos durante el período uno, se ve que no hubo una diferencia significativa entre ellas al comparar las formas de riego; la aplicación del producto, como tampoco en la combinación entre la forma de riego y la aplicación o no del producto.

Efecto de la forma de riego:

El resultado entre las formas de riego puede ser explicable por una baja eficiencia del riego de pulso determinada por la alta evaporación de bandeja registrada en este período y durante las horas del día en que se aplicó el riego, lo que sumado a un suelo en condición desnuda, sin cobertura de malezas y previamente laboreado, además a la presencia de viento durante las tardes, pudo implicar una alta evaporación desde la superficie del suelo de las fracciones de agua aplicadas, antes de poder ser infiltrada, produciendo un estrés hídrico en las plantas. HSIAO (1990) indica que el crecimiento celular es el proceso más sensible a un estrés hídrico.

BURGER *et al.* (1987) señalan que las superficies evaporativas que presentan las plantas en un vivero son distintas a las registradas una vez plantadas en el suelo definitivo. En el vivero la cercanía entre los contenedores provoca el sombreamiento entre las plantas y suelo, por lo cual las plantas transpiran menos. Esto sugiere que una vez plantadas, la distancia impide el sombreamiento entre ellas y la escasa canopia desarrollada no contribuye a sombrear el suelo y evitar así el calentamiento de éste con la consecuente evaporación de agua, lo cual acrecentaría el estrés de plantación. DAVIES y ZHANG (1991) señalan que el desecamiento del suelo induce la síntesis de ABA en las raíces el cual provocaría una caída en la tasa de fotosíntesis por cierre estomático. Además, indican que la síntesis de citoquininas en las raíces disminuye con el desecamiento por lo que baja el estímulo a la división celular y el efecto antagónico al del ABA en los estomas. Así, este efecto sería notable en el riego pulsado, ya que sumado a la evaporación, el movimiento de capilaridad del agua hacia la superficie del suelo sería más acentuado que en el riego de golpe, ya que según LEVIN y VAN ROOYEN (1977) y GONZÁLEZ (1996) el riego pulsado disminuye la infiltración favoreciendo un movimiento lateral del agua en el suelo. Por otra parte, en el riego de golpe se habría favorecido la infiltración pero también la percolación del agua más allá de la zona de las raíces.

Es importante agregar que otras experiencias en riego pulsado, como la realizada por GONZÁLEZ (1996) fueron realizadas bajo condición de invernadero, en que por un lado la alta densidad de plantas permiten un sombreado entre ellas, y por otro la humedad relativa del ambiente es mayor a la registrada al aire libre, por lo cual las diferencias de presiones de vapor de agua entre el aire y la planta son menores, provocando una menor flujo transpirativo, por lo cual los requerimientos hídricos de la plantas son menores.

Efecto de la aplicación del producto aminoacídico:

En cuanto al efecto de la aplicación del producto aminoacídico, no se observó un incremento significativo en las tasas de crecimiento de los tratados respecto a sus similares sin producto.

Un factor importante a considerar es el desarrollo radical que posee la planta en esta etapa. Según HSIAO (1990) absorción de nutrientes y agua se lleva a cabo principalmente por pelos radicales, por lo que la baja frecuencia natural de éstos en el palto, según lo reportado por WOLSTENHOLME (1987), y una baja tasa de crecimiento radical en este periodo, pueden ser factores limitantes para la absorción del producto.

Ambas formas de riego, además, pudieron haber sido igualmente poco eficientes para la absorción del producto, sin contribuir a producir un efecto de incremento significativo respecto de sus respectivos tratamientos de riego sin producto.

En la Figuras 8, 9, 10, 11, y 12 se muestran las evoluciones de los grados días, el número de registros dentro de RTC., y la intensidad y los días en que se registraron estrés térmicos sobre los 35°C para los periodos uno al cinco, respectivamente.

A pesar de no existir un efecto estadísticamente significativo, al observar las Figuras 4 y 8 , se observa que la tasa de crecimiento de los tratamientos sin aminoácidos

bajan su ritmo desde el momento en que ocurre un fuerte estrés térmico, mientras que los tratamientos con aminoácido mantienen su pendiente de crecimiento.

Un aumento en las temperaturas sobre los 35°C aumentaría la respiración celular y la fotorrespiración, producto de una mayor afinidad de la rubisco al O₂ en altas temperaturas, lo que disminuiría la fotosíntesis neta traduciéndose en un menor crecimiento de la planta (RANNEY y PEET, 1994; SCHOLEFIELD *et al.*, 1980; SALISBURY y ROSS, 1994; y TAIZ y ZEIGER, 1991). VIERLING (1991) señala que altas temperaturas pueden causar daño estructural y funcional en la rubisco.

SALISBURY y ROSS (1994) agregan que la pérdida de turgor por las células al deshidratarse es una señal gatilladora para la formación de ABA en las raíces.

El leve mantenimiento en las tasas de crecimiento de los tratamientos con aminoácidos podría deberse a una mayor posibilidad de realizar un ajuste osmótico, impidiendo una caída tan dramática en la presión de turgor en las células de la raíz y hojas tal que aminoren la síntesis de ABA, manteniendo una proporción de estomas abiertos que permitan transpirar y además contribuir a bajar la temperatura de las hojas. DAVIES y ZHANG (1991) señalan que la síntesis de ABA en alguna parte de las raíces puede producir incluso el cierre de estomas de brotes que tienen un buen estatus hídrico.

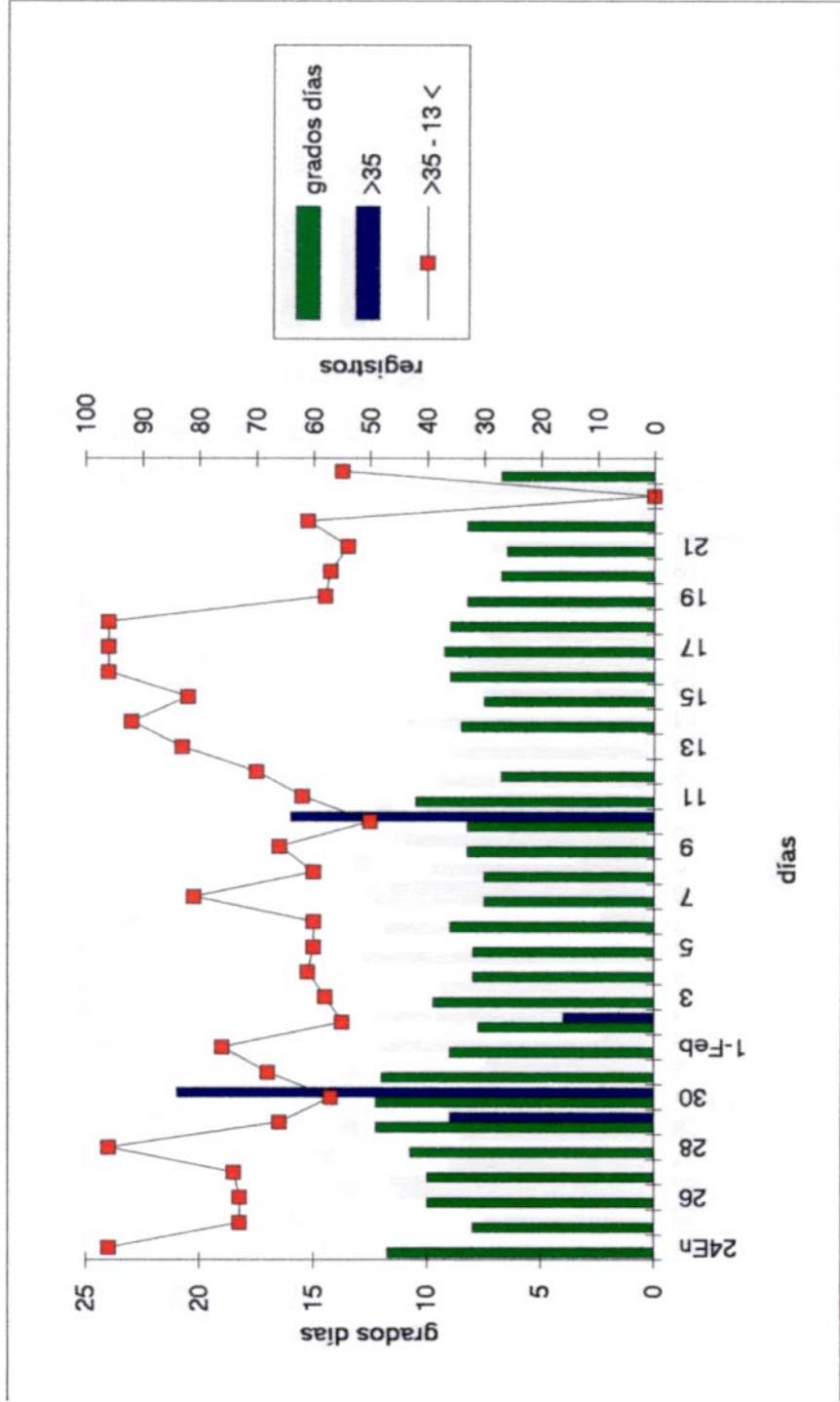


FIGURA 8: Evolución de las variables ambientales en el período uno

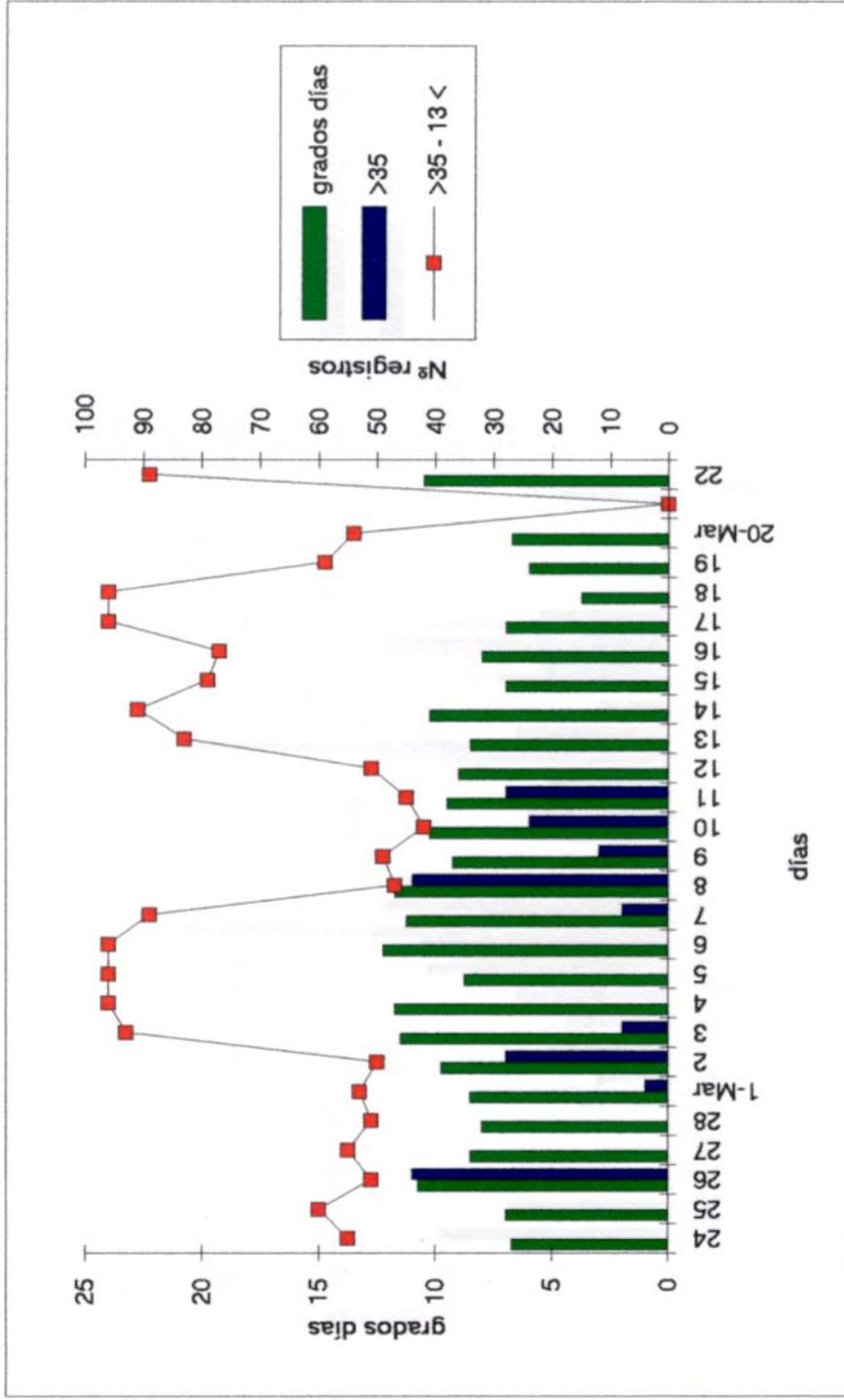


FIGURA 9: Evolución de las variables ambientales en el periodo dos

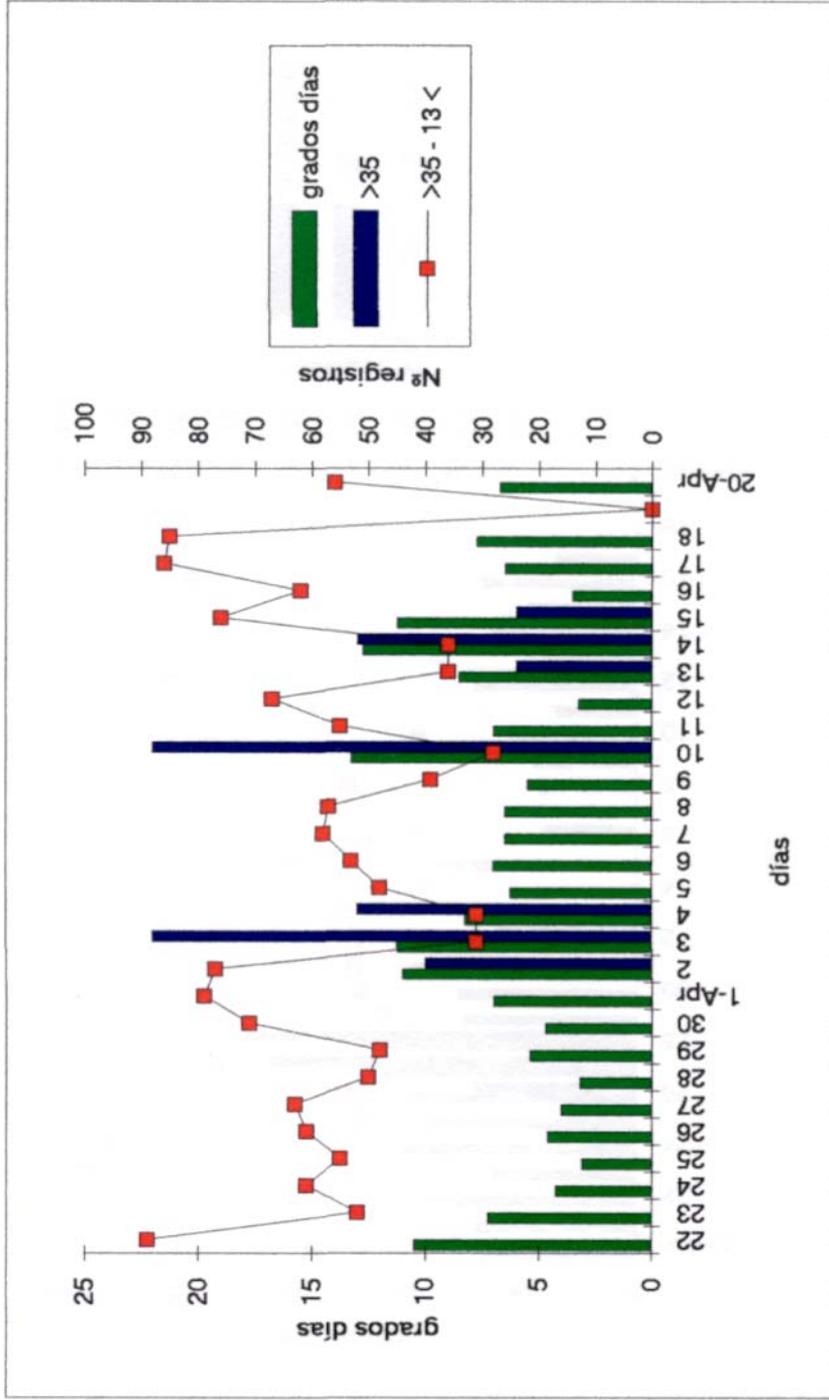


FIGURA 10: Evolución de las variables ambientales en el período tres

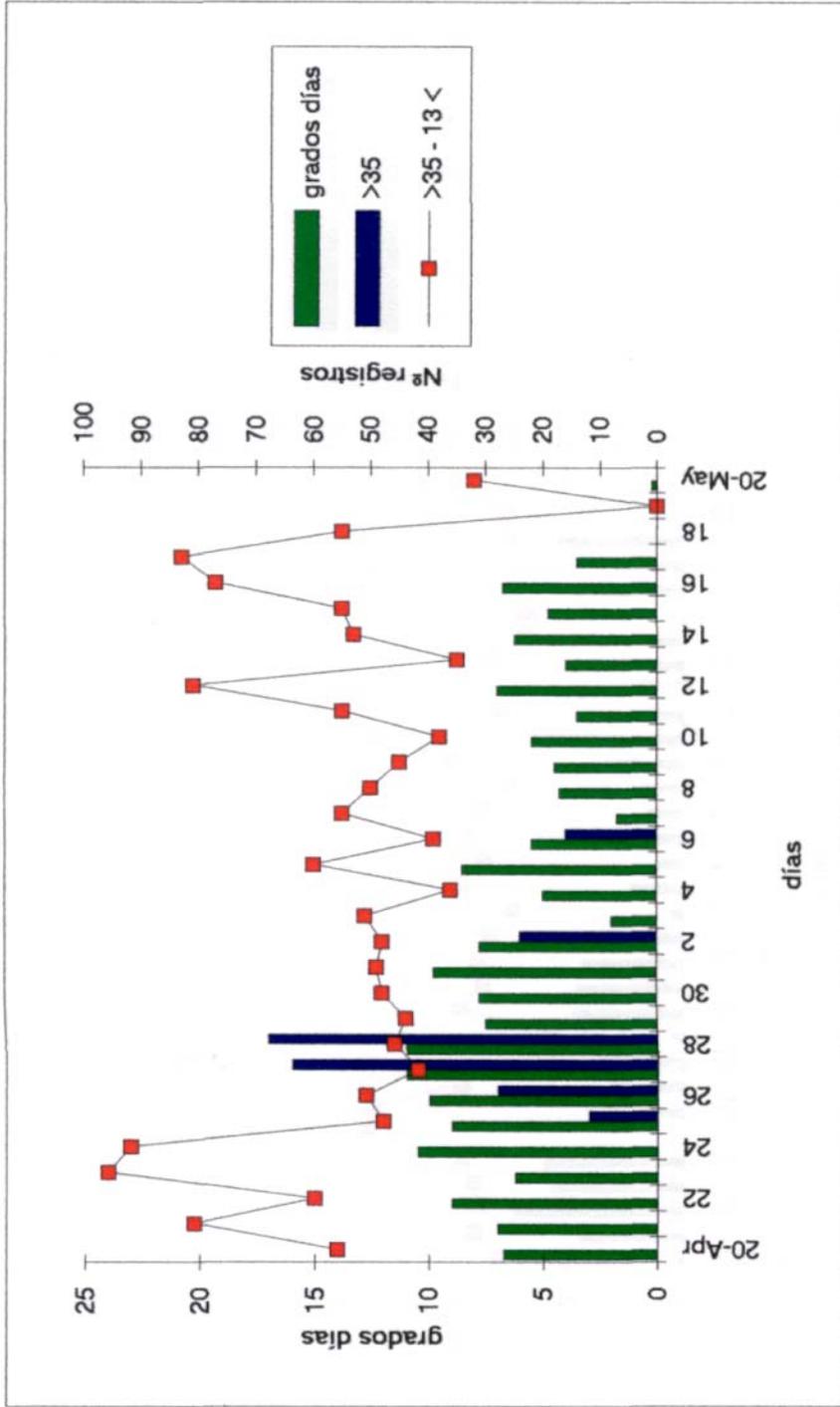


FIGURA 11: Evolución de las variables ambientales en el período cuatro

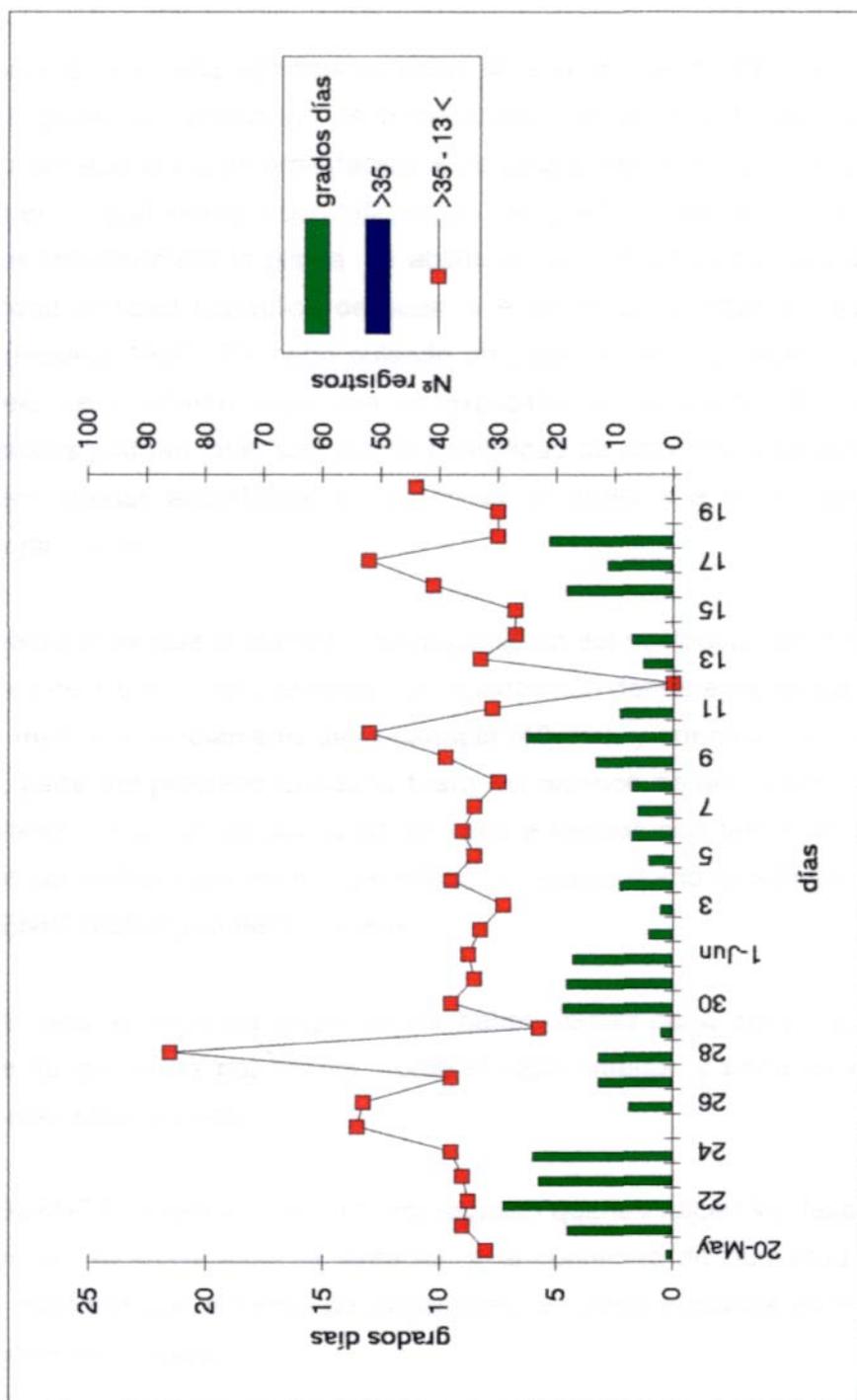


FIGURA 12: Evolución de las variables ambientales en el período cinco

- Efecto de la combinación riego y aminoácidos:

No hubo una diferencia significativa entre la tasa de crecimiento del tratamiento de riego de golpe con aplicación de aminoácidos, respecto del tratamiento de riego pulsado con aplicación de aminoácido. Esto podría deberse a que ambas formas de riego fueron igualmente poco eficientes, tanto en la aplicación del producto y posterior absorción por la planta. La absorción de nutrientes por la planta depende de la conductividad hidráulica de suelo y ésta de la cantidad de agua que este posea (HSIAO, 1990). En riego pulsado probablemente la conductividad hidráulica del suelo se mantiene baja, por lo explicado en el efecto del riego, así los aminoácidos podrían tener una menor posibilidad de estar en la solución de suelo, y más bien quedar adsorbidos a las arcillas de suelo o a mayor disposición sus microorganismos.

Cabe hacer notar que el diámetro de mojado del microaspersor modificado (sin rotor), es de 1,5 m y considerando que la extensión del sistema radical no superaría mucho más allá del diámetro de la canopia (40 cm), y además con una baja tasa radical, parte del producto quedaría fuera del alcance de las raíces, la cual podría acumularse y estar disponible gradualmente a medida que las raíces se extienden o, ser consumido por microorganismos del suelo, como lo señalan SHOBERT, KÜCKENBERGER y KOMOR (1988).

Por otro lado, el riego de golpe podría haber dejado parte del producto fuera del alcance de las raíces por lejanía, como el caso anterior, y parte de éste además, pudo haber sido lixiviado.

VILLABLANCA (1994) y TORO (1995) señalan que las raíces se desarrollan donde confluye un equilibrio entre la aireación y el contenido de humedad. GONZÁLEZ (1996) encontró que el frente de mojado en riego pulsados es más horizontal que vertical en el suelo.

El riego de golpe promovería el crecimiento de las raíces más en profundidad que el riego de pulso que lo haría más superficialmente. La menor fluctuación en las tasas del riego de golpe pudieron ser causadas porque este promovería una mejor condición de crecimiento más en profundidad, donde la planta encontraría una mejor zona de absorción que la que encuentra el riego pulsado más superficialmente.

4.2.2.2. Período dos :

Se puede observar que existen diferencias significativas en las tasas de crecimiento de los tratamientos plantados en enero con respecto a los de febrero. Es decir, existe un efecto de la fecha de plantación, el cual se explica en primer lugar porque las plantas implantadas en enero han alcanzado una mayor aclimatación producto del mayor tiempo que llevan expuestas al aire libre. VIERLING (1991) y POWLES (1984) señalan que las plantas expuestas a estrés térmico y lumínico, respectivamente, pueden adquirir tolerancia en el tiempo, incluso después de un estrés lumínico, las hojas nuevas posteriores no presentarían foto inhibición.

WOSTENHOLME (1987) señala que las hojas nuevas alcanzan su punto de compensación entre los 20 y 30 días, y que adquieren un carácter de exportadoras de fotoasimilados a partir del día 42. En este período existiría entonces una proporción de superficie foliar nueva dejando su condición de "sink", dependiente de las hojas maduras, para pasar a ser fuentes de fotoasimilados, los que estando en mayor cantidad que en los tratamientos de febrero permiten a la planta obtener mayor crecimiento. También el nivel de hormonas del tipo auxinas deberían estar en mayor concentración debido a la mayor cantidad de brotes en crecimiento, aumentando así el estímulo a la división celular.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos de una misma fecha de plantación.

- Tratamientos plantados en enero:

En este periodo, las tasas crecimiento de los tratamientos de enero tuvieron un alza determinada por la mejor condición ambiental ya explicada y siguieron el mismo patrón del período anterior tanto en la forma de riego, aplicación del producto y la combinación entre forma de riego y producto, atribuyendo este hecho a las mismas causales.

No existe efecto estadísticamente significativo en la forma de riego en esta etapa. Sin embargo, a pesar de este hecho, al observar las Figuras 4 y 9, se puede ver un comportamiento distinto de las curvas que podrían reflejar ciertos grados de sensibilidad a las condiciones ambientales. La tasa de crecimiento del tratamiento de enero de riego pulsado responde de manera más sensible a la condición de alta temperatura de lo que lo hace el riego de golpe, lo cual podría confirmar una mayor respuesta de la respiración y fotorrespiración en ambos tratamientos, pero podría sumarse un cierre estomático en el tratamiento de riego de pulso por una condición hídrica menos favorable, como la explicada anteriormente, lo cual bajaría aun más la fotosíntesis neta.

El efecto de la aplicación del aminoácido no evidenció un incremento estadísticamente significativo con respecto a los tratamientos sin aplicación.

Este período corresponde al de la mayor tasa de crecimiento aéreo, por lo cual aún podría persistir una condición de bajo crecimiento radical que limite la absorción del producto. Sin embargo, al observar la Figura 4 se observa que los tratamientos con aplicación del producto tuvieron un comportamiento menos fluctuante en sus tasas de crecimiento, al ser expuestos a los estrés térmicos que se presentan en la Figura 9, comparado con sus pares sin aplicación.

WHILEY et al (1995) señalan que los fosfonatos absorbidos por las raíces durante un período de fuerte crecimiento aéreo son mantenidos en el sistema aéreo

impidiendo su traslocación a las raíces. Podría entonces pensarse que lo poco absorbido a nivel de raíces siguió el mismo comportamiento.

Alguna absorción podría ser debido a un aumento en la eficiencia del riego de pulso del tratamiento de enero, debido al descenso en la evapotranspiración. Por otro lado, un aumento en el área foliar implica un aumento en la transpiración global, y esto traería un aumento en la velocidad de absorción radical, según HSIAO (1990). No hubo una diferencia visual tan marcada entre las tasas de crecimiento del tratamiento de enero con riego de golpe con aplicación de aminoácidos respecto de su similar sin aminoácido, lo que podría deberse a un mantenimiento en la baja eficiencia para la absorción del producto, observada en el período anterior.

Es posible también que exista una baja acción del producto en una condición de mejor riego o menor estrés hídrico, como lo señala GONZÁLEZ (1993), lo que podría estar mejor sustentado por lo observado en el efecto del riego en este período.

No existe una diferencia estadísticamente significativa en la combinación entre formas de riego y aplicación del producto. A pesar de no ser significativo se puede observar en la Figura 4 que el comportamiento de la tasa de crecimiento del tratamiento de enero de riego de golpe con aminoácido fue menos sensible que la del tratamiento de enero de riego pulsado con aminoácido, sugiriendo una mayor eficiencia en la absorción del producto por parte del primero, sin embargo, al no encontrar una diferencia visual tan marcada entre el primero y el segundo, se podría atribuir lo anterior al efecto del riego, por lo explicado en el párrafo anterior, el cual tampoco resulta significativo.

Es posible que en una condición de mayor estrés hídrico como pudo ser el riego pulsado, la planta al ser expuesta a estrés térmicos suaves haya respondido aumentando la respiración y fotorespiración y además cerrando sus estomas. Probablemente sobre esto último actuaría el producto en el riego pulsado, no teniendo un efecto importante o significativo; mientras que en el riego de golpe no

participaría el producto. RANNEY y PEET (1994), indican que la respuesta de la fotosíntesis neta en altas temperaturas está fuertemente influenciada por cambios en la tasa de respiración y que un rápido incremento en la respiración con incremento de temperatura podría ser en sí mismo un factor limitante para plantas sensibles al calor (de alto Q10), debido al más rápido agotamiento de los carbohidratos de reserva.

En este período se produce el mayor peak en las tasas de crecimiento en todos los tratamientos de enero, después de lo cual todas descienden en forma definitiva. Al observar las Figuras 4 y 5, se puede deducir que la caída en las tasas de crecimiento vegetativo en los tratamientos de enero se debió principalmente a un aumento en el crecimiento radical, ya que a pesar de existir también condiciones térmicamente estresantes como posibles causantes, las tasas de crecimiento aéreo de los tratamientos de febrero globalmente siguen aumentando posteriormente, a pesar de ser estas plantas teóricamente más susceptibles a dichas condiciones.

- Tratamientos plantados en febrero:

En los tratamientos plantados en febrero se observa que el inicio del crecimiento ocurre en la primera semana, excepto en el tratamiento de riego de golpe con aminoácido, el que se inicia en la segunda semana.

No existen diferencias significativas entre ellos en el efecto del riego, lo que se podría deber a la baja eficiencia de ambas formas. Sí embargo, al observar en la Figura 5 el comportamiento de las tasas de crecimiento, se puede observar que los tratamientos de riego de pulsos obtuvieron mayores tasas de crecimiento respecto de los de riego de golpe, lo cual se podría deber a la disminución en la evapotranspiración, con la cual la eficiencia de esta forma de riego sería algo mayor, permitiendo estar a la planta bajo una mejor condición hídrica desde el momento de su plantación, al contrario de lo que pudo haber ocurrido con los tratamientos de pulso de enero.

No hubo un incremento significativo en las tasas de crecimiento de los tratamientos de febrero con aplicación de producto aminoacídico respecto de sus similares sin aplicación, lo que podría ser causa de la baja eficiencia en la forma de aplicación y en la absorción por parte de la planta en ambas formas de riego, como se vio anteriormente. A pesar de esto, se observa una tendencia en las tasas de crecimiento de los tratamientos de febrero de riego con producto, las cuales serían algo mayores a las de sus similares sin producto. Probablemente el riego de golpe en los tratamientos de febrero durante esta primera etapa de plantación resulta ser poco eficiente, debido a la baja masa radical que posee la planta, presentando períodos alternados de tiempo de estrés hídrico y saturación, teniendo así algún efecto el producto. Esta situación probablemente sea poco comparable con la presentada en enero ya que la pérdida de agua por evaporación en ese mes fue el doble de la de febrero. Por otro lado, en los tratamientos de enero en este período ya comienza un crecimiento radical que haría aumentar la capacidad de estanque, siendo algo más eficientes los riegos de golpe en ellos.

No hubo una diferencia tan marcada de la evolución entre las tasas del tratamiento del riego de pulso con aminoácido y el de pulso solo, lo cual podría deberse a la mejor condición hídrica que este régimen de riego presenta.

4.2.2.3. Período tres

Al observar el Cuadro 5 se puede ver que se encontró diferencias significativas entre los tratamientos plantados en enero respecto de los plantados en febrero. Esta diferencia es debida básicamente al efecto de la fecha de plantación discutida anteriormente. Además, a pesar de existir una disminución en las tasas de crecimiento en los tratamientos de enero, el área foliar fotosintéticamente activa ya es mucho mayor, como también lo son en masa y actividad sus sistemas radicales.

Al observar la Figura 10 se ve que en este período se concentra el mayor grado de estrés térmico en pocos días. Los tratamientos de febrero, que poseen la menor

área fotosintética, se ven afectados con mayor intensidad que los de enero, lo cual se refleja en un bajo valor de las tasas de crecimiento, las que no superan los 2,5 cm en promedio.

- Tratamientos plantados en enero:

No se encontraron diferencias significativas entre las tasas de crecimiento de los tratamientos de enero.

No hubo una diferencia significativa entre las formas de riego. Este resultado y los anteriores sugieren que la intensidad de los estrés hídricos y/o térmicos sufridos por las plantas de estos tratamientos, no han sido tan intensos como para manifestar en las plantas una respuesta diferente, o bien que los efectos del estrés en las plantas han resultado similares en ambas formas de riego. Al comparar las tasas de crecimiento de los tratamientos de enero de riego de pulso y golpe, se observa que el tratamiento de el primero se comportó en forma más sensible a los estrés térmicos, disminuyendo más rápido su tasa de crecimiento que el tratamiento de riego de golpe, evidenciando que aún podría existir cierto grado de estrés hídrico.

Tampoco hubo un efecto significativo del producto, lo cual podría ser debido al bajo nivel de estrés ambiental, planteado anteriormente, a pesar de ser este el periodo de mayor intensidad en altas temperaturas.

Otra razón puede ser la baja acción del producto, bajo las condiciones ambientales particulares del ensayo. A pesar de no existir un efecto significativo del producto, al comparar las tasas de crecimiento de los tratamientos de enero con producto y sus similares sin él, se puede observar que los primeros tuvieron una caída menos drástica después de la exposición al estrés térmico. Lo anterior es más notable entre los tratamientos de enero con riego de pulso. La caída menos violenta del tratamiento de enero de riego de golpe con aplicación del producto comparada a la de su similar sin él después del estrés térmico, podría deberse a que el estrés

térmico no solamente pudo haber causado una mayor liberación de CO₂ fijado por la planta de acuerdo a lo indicado por RANNEY y PEET (1995), sino que además pudo haber actuado a nivel enzimático, como lo señala WEIS (1982), así la planta a pesar de mantener sus estomas abiertos, en un riego que se lo permita, mantendrá una baja tasa de fotosíntesis neta, mientras que si se aplica un producto de naturaleza aminoacídica podría ayudar a la síntesis de proteínas anti-estrés térmico (HSPs) y tener algún efecto de protección a nivel enzimático (VIERLING, 1991) cuya magnitud o significancia podría depender de la intensidad y duración del estrés térmico.

No existe una diferencia significativa en la combinación de riego y aminoácidos en los tratamientos de enero. Sin embargo, al comparar la evolución de las tasas del tratamiento de riego pulsado con aplicación de producto y de riego de golpe con aplicación producto, no se observa una variabilidad entre ellas como la presentada en períodos anteriores; siendo, además semejantes en su caída, lo que podría sugerir que son igualmente sensibles al calor. Esto reflejaría que el mayor problema en este período no fue el riego, sino las altas temperaturas a pesar de no tener una importancia significativa en las tasas de crecimiento de los tratamientos.

- Tratamientos plantados en febrero:

No se encontró diferencias significativas entre las tasas de crecimiento de los tratamientos plantados en febrero.

No existe diferencia significativa en las tasas de crecimiento por la forma de riego, lo cual coincide con lo encontrado dentro de los tratamientos enero, atribuyéndose las mismas posibles causales. A pesar de ello, al comparar el comportamiento de la tasa de crecimiento del tratamiento de febrero de riego pulso y de golpe, la primera obtuvo un mayor valor, lo cual podría indicar un menor grado de eficiencia del riego de golpe respecto al de pulso al considerar el tamaño del sistema radical de estas plantas, siendo potencialmente más susceptible a un estrés hídrico.

El producto no tuvo un efecto significativo sobre las tasas de crecimiento, de los tratamientos de febrero, lo que coincide con el resultado de los tratamientos de enero. Al comparar los tratamientos de febrero con aplicación respecto a sus similares sin aplicación, se observa un incremento no significativo en las tasas de crecimiento de los primeros.

Para el tratamiento plantado en marzo su tasa de crecimiento no fue significativamente menor respecto de las observadas en los tratamientos de febrero. Sin embargo, evidenció en su tasa de crecimiento una fuerte caída como se observa en la Figura 6 después de los dos estrés térmicos más importantes del periodo, lo cual es atribuible primero a la poca aclimatación al nuevo ambiente y al natural aumento en las respiraciones, como lo sugieren BERRY y BJÓRKMAN (1980).

4.2.2.4. Período cuatro:

No se encontró una diferencia significativa entre las tasas de crecimiento de los tratamientos plantados en enero respecto de los de febrero y marzo. La caída por un lado, y el aumento por otro en las tasas de crecimiento de los tratamientos de enero y febrero respectivamente, por encontrarse en distintos estados de desarrollo fenológico, hace que necesariamente en algún instante la magnitud de las tasas se igualen.

- Tratamientos plantados en enero:

Los tratamientos de enero tuvieron en sus tasas de crecimiento un aumento temporal, debido probablemente a la recuperación debido al fuerte período estresante anterior, respuesta elástica, según LEVITT (1972), citado por SALISBURY y ROSS (1994). Al respecto, BLUM y EBERCON (1976) y ALONI y ROSENSHTEIN (1984) señalan que luego de un estrés, los aminoácidos

acumulados por la planta, como la prolina, podrían ser metabolizados y actuarían como fuente de carbono y nitrógeno para la recuperación del crecimiento.

Tampoco se encontró una diferencia significativa, en las tasas de crecimiento al comparar las formas de riego, lo que sugiere que en este período ambas formas de riego se igualarían en su grado eficiencia, así el riego pulsado podría aumentar su eficiencia al impedir períodos de saturación en el suelo debido a la baja demanda atmosférica. El riego de golpe podría implicar períodos más largos de saturación en el suelo lo que podría limitar la absorción de nutrientes por falta de oxígeno, como lo señala LABANAUSKAS *et al.* (1968). Sin embargo, no se observa una caída importante de la tasa de crecimiento en el riego de golpe.

Por otra parte, en este período se haría más fuerte un "sínk" radical en que la mayor cantidad de fotoasimilados formados en la parte aérea estarían siendo trascolados hacia las raíces favoreciendo su crecimiento, en desmedro del aéreo sobre el cual ya no se podría encontrar algún grado de relación de causa-efecto sobre algún fenómeno en particular, como lo menciona CULL (1986), excepto en la disminución posterior de la temperatura ambiental, como lo señala HERNÁNDEZ (1991).

No existe una mejora significativa de los tratamientos de enero que se les aplicó aminoácidos respecto de los que no se aplicó. Esto puede ser resultado del bajo estrés ambiental, sumado a una baja absorción del producto, especialmente en los riegos de golpe. Al observar las Figuras 4 y 11, se puede ver que la magnitud de los estrés térmicos dados en este período hacen bajar las tasas de crecimiento de todos los tratamientos de enero. Este descenso es similar en los tratamientos de enero con producto y en los sin él, es decir, no se ve una caída más gradual como en los casos anteriores, lo que podría sugerir también que en esta etapa del desarrollo los aminoácidos que probablemente se absorbieron permanecen poco tiempo en la parte aérea y son trascolados a las raíces, donde ejercerían una acción más bien nutritiva. WHILEY *et al.* (1995) señalan que una vez que baja la fuerza del "sink" aéreo y aumenta el "sink" radical, los fosfonatos absorbidos

previamente vuelven a las raíces vía floema donde ejercerían su acción. WHILEY y SCHAFFER (1993) señalan lo mismo para los fotoasimilados en nutrición. Este mismo principio podría ser válido para los aminoácidos no metabolizados en la parte aérea.

- Tratamientos plantados en febrero:

En los tratamientos de febrero no se encontró algún efecto significativo de algún tratamiento sobre otro.

En el caso del riego, no hubo efecto significativo de la forma de riego sobre las tasas de crecimiento. Es posible que los tratamientos de enero de riego de golpe hayan alcanzado su máximo "peak" vegetativo antes que los de riego de pulso, ante lo cual el crecimiento radical en ellos comience también antes, y bajen sus tasas aéreas más temprano que las de pulso; así las tasas de riego de golpe de febrero aumentarían producto del aumento en la eficiencia del riego al aumentar la masa radical.

No hubo efecto significativo sobre las tasas de crecimiento de los tratamientos de febrero por la aplicación del producto. El producto dejó de aplicarse el 30 de abril y al no existir un estrés térmico posterior, el aumento o la mantención de las mayores tasas con respecto a los tratamientos sin producto podría ser debido a un efecto nutricional poco importante.

No hubo diferencia significativa en las tasas de crecimiento al comparar la combinación de la forma de riego y la aplicación del producto, sin embargo el comportamiento de la tasa de riego de golpe con aplicación de producto fue mayor al de pulso con aplicación, lo que sugiere un cierto grado de aumento en la eficiencia del riego para la absorción. Al final del período se observó una fuerte caída en la tasa de crecimiento, producto de la caída en la acumulación de grados días y en el número de registros en RTC.

4.2.2.5. Período cinco:

No se encontró diferencias significativas entre las tasas de crecimiento de los tratamientos evaluados, ni entre los plantados en la misma fecha.

En este período la acumulación en los grados días y el número de registros en RTC bajan en forma considerable, como se observa en la Figura 12, lo cual implica en forma invariable un cese de la actividad aérea en todos los tratamientos, siendo el crecimiento radical el más importante hasta cuando las temperaturas medias de suelo bajan de los 13°C, según HERNÁNDEZ (1991), lo cual ocurrió después del 20 de junio (Anexo 3).

La falta de diferencia observadas entre las tasas de crecimiento de los tratamientos, pueden ser explicables por el efecto del suelo sobre las tasas bajo estas condiciones, como lo revela la significancia del análisis de bloque.

Del análisis de las tasas de crecimiento aéreo se desprende que el efecto significativo sobre ellas, está dado por la época de plantación, siendo las más altas tasas alcanzadas por los tratamientos plantados en enero, que alcanzaron significancia sobre los demás, en los períodos dos y tres. El nivel de estrés producido durante el periodo uno no fue impedimento para lograr un crecimiento en ninguno de los tratamientos plantados en enero.

Esto implica que para lograr crecimiento en plantaciones tardías, no es lo mismo implantar en enero que en febrero o marzo.

Por otro lado, a parte de la fecha de plantación, no se encontraron diferencias significativas entre las tasas de crecimiento, por ninguna otra variable, ya sea: riego, aplicación de producto o la combinación de ambas, durante ningún periodo. Para lograr el menor crecimiento en plantaciones tardías resulta similar implantar en febrero o en marzo.

No existe diferencia significativa en las tasas de crecimiento de ningún tratamiento de enero, en los períodos analizados, como tampoco entre las de febrero y marzo. De esto se puede desprender que el grado de estrés térmico o hídrico por parte de las formas de riego, resultó ser similar en las tasas de crecimiento de los tratamientos de una misma fecha de plantación.

El producto aminoacídico no tiene un efecto significativo sobre las tasas de crecimiento de ningún tratamiento, y esto podría ser causado por una baja absorción radical, debido a : una condición de menor eficiencia absorbente dependiente, de la baja frecuencia natural de pelos radicales absorbentes del palto, baja masa radical en esta etapa de desarrollo y una baja tasa de crecimiento; una baja eficiencia en la aplicación a través del riego con la que se perdería producto por lixiviación o por consumo de los microorganismos del suelo (SHOBERT, KÖCKENBERGER, KOMOR, 1988), con lo cual se podría considerar la aplicación a través de otro sistema de emisores más localizados, como goteros. De los análisis de la evolución de las tasas de crecimiento se desprende que el producto podría tener alguna acción sobre el estrés hídrico, y estrés térmicos más altos que impliquen un daño en la funcionalidad de las enzimas ayudando a sintetizar proteínas de choque térmico (HSPs) que poseen acción protectora sobre ellas, como lo señala VIERLING (1991). Su eficacia en lo anterior parece estar relacionada a la absorción.

4.3. Análisis del largo final de brotes:

Para el análisis del largo final de brotes, se consideró el promedio por planta de la sumatoria de los brotes apicales, medios y basales medidos, en cada tratamiento.

El Cuadro 6 muestra el largo promedio alcanzado por planta en cada tratamiento, medidos el 29 de agosto de 1997.

CUADRO 6. Largo promedio de brote (cm) por tratamiento, al 29 / 08 / 1997

TRATAMIENTOS	LARGO PROMEDIO (cm).		
T1	65,79		d
T2	45,71	c	d
T3	67,07		d
T4	63,14		d
T5	22,14	a	b
T6	16,93	a	b
T7	28,07	b	c
T8	15,14	a	b
T9	5,00	a	
TO	136,29		e

* Letras distintas en la columna indican diferencias significativas. Tukey 5 %.

* Análisis de bloque significativo, Fisher 5 %.

Al observar el Cuadro 6 se puede ver que en general las diferencias significativas entre los largos promedio de brotes se deben al efecto de la fecha de plantación, al igual que en el caso de las tasas de crecimiento.

El tratamiento testigo de octubre alcanzó el mayor largo promedio de brote de todos los tratamientos.

HERNÁNDEZ (1991) y TAPIA (1994) en árboles adultos de palto cultivar Hass, encuentran dos crecimientos vegetativos y dos radicales intercalados entre los anteriores, en que cada crecimiento sustentaría al que continúa.

La diferencia entre el largo de brotes en el tratamiento de octubre con respecto a los demás, es debida a que estas plantas adquieren al menos dos crecimientos o flush vegetativos correspondientes al de primavera - verano y al de verano - otoño, y dos crecimientos o flush radicales de importancia intercalados entre los vegetativos, en

primavera-verano y otoño-invierno, como sucede en árboles adultos. Este crecimiento y el aporte por parte de él de una mayor área fotosintéticamente activa, permite a la planta, por un lado superar con mayor éxito una condición de estrés hídrico y térmico durante el verano, por la mayor cantidad potencial de fotosintetizados, y por otro lado, sumar un crecimiento radical que se produciría cuando el pequeño sistema radical no sea capaz de sustentar en agua y nutrientes un mayor crecimiento aéreo. A estos crecimientos se sumarían un segundo flush vegetativo seguido de un segundo flush radical.

Además, según GARDIAZABAL y ROSENBERG (1991) el daño por estrés de plantación o por aclimatación en esta fecha es bajo, por lo que se potenciaría desde el comienzo un buen desarrollo de la planta.

TOLEDO (1997)* señala que un atraso en la entrega o plantación de plantas de palto, implica que las raíces no puedan seguir creciendo por un problema de espacio del contenedor, ante lo cual se estimula la formación de ABA que actuaría a nivel aéreo inhibiendo la brotación de las plantas.

De lo anterior se puede pensar que existiría un mínimo crecimiento previo a la plantación en los tratamientos plantados más tarde en la temporada.

Los tratamientos plantados en el mes de enero tuvieron largos promedio de brotes significativamente mayores que los encontrados en los tratamientos plantados en los meses de febrero y marzo. Esto básicamente es debido a que los tratamientos de enero una vez plantados aclimataron en forma favorable su área foliar proveniente de vivero, desarrollando además una nueva área foliar fotosintéticamente activa, la cual creció a un nivel en que el sistema radical no fue capaz de sustentarlo, es decir "el sistema radical agotó la posibilidad de producir un mayor crecimiento aéreo". Esto permitió formar un mayor volumen radical, que si

* TOLEDO J. P. Ing. Agr..1997. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Comunicación Personal

bien es cierto, en general hace decaer el crecimiento aéreo, permite a la vez incrementar la absorción de agua y nutrientes.

Dentro de los tratamientos de enero, se observa que no existió una diferencia significativa entre los largos promedio finales de los brotes. En el efecto del riego, no se encontró diferencia significativa en el largo de brote, lo cual coincide con los resultados de las tasas de crecimiento aérea en los distintos períodos. Es decir, globalmente no hubo una forma de riego más limitante que otra en la división y elongación celular de los brotes aunque en forma visual fueron algo mayores en el riego de golpe.

Sobre el efecto del producto aminoacídico en los tratamientos de enero, no hubo una diferencia significativa para la variable largo de brote, lo que coincide con el análisis de las tasa de crecimiento aérea, atribuyéndose esto a las causas señaladas anteriormente. En forma visual y coincidiendo con la variable tasa de crecimiento, en una buena condición de riego, como resultó ser el riego de golpe, el producto no incrementa significativamente el largo de los brotes.

Lo anterior coincide con lo encontrado por GONZÁLEZ (1993) quien no encontró un efecto significativo de aplicaciones de aminoácidos a través del riego en Kiwi (*Actinidia deliciosa* Mill.) sugiriendo además que en plantas no estresadas, como podrían ser los tratamientos anteriores, especialmente el riego de golpe, los aminoácidos no tendrían un efecto metabólico importante.

En los tratamientos plantados en febrero, no se encontró diferencia significativa en el largo de brote en las formas de riego, lo que coincide con lo observado en el análisis de la variable tasa de crecimiento.

No se observa un incremento significativo de la aplicación del producto, lo que coincide con lo encontrado en los tratamientos plantados en enero y en el análisis de la variable tasa de crecimiento.

El tratamiento con menor largo de brote resulta ser el de marzo, el cual es similar a los tratamientos de febrero de riego de pulso y golpe sin aplicación de producto, y riego de pulso con aplicación de producto. Los tratamientos de ambas fechas de plantación, no alcanzaron a tener un máximo peak vegetativo, como los de enero, que hubieren implicado forzar el crecimiento radical por esta causa, y más bien se vieron frenados por el descenso en las temperaturas ambientales y la acumulación de grados días.

La variabilidad observada entre los tratamientos no significativamente distintos es debida al efecto del suelo, como lo evidenció el resultado del análisis de bloque (datos no publicados), y no al efecto de los tratamientos.

De lo anterior se desprende que el tratamiento más favorecido, en el largo final de brote, es el testigo de octubre, seguido de cualquiera de los de enero ya que con todos por igual se pueden alcanzar largos similares; considerando el factor económico y la capacidad instalada del sistema de riego el mejor de ellos es el de riego de golpe sin producto.

De los largos de brotes de los tratamientos de febrero, el único distinto al tratamiento de marzo es el de riego de golpe con producto. Esto no coincide con los resultados encontrados en las tasas de crecimiento para los mismos tratamientos, pero si coincide con las observaciones del comportamiento de las mismas frente a períodos de estrés, lo cual implicó que globalmente se alcanzara un crecimiento significativamente mayor de este tratamiento respecto al de marzo.

4.4. Análisis de los pesos secos:

El Cuadro 7 muestra los pesos secos promedio de la parte aérea, del sistema radical y la relación entre el sistema aéreo y radical.

CUADRO 7. Peso seco de la parte aérea y sistema radical de plantas de palto.

Tratamientos	Pesos seco promedios (g)		
	Aéreo	Raíz	Razón (A/ R)
T1	277,77 e	323,40 d	0,87
T2	167,94 cd	219,79 bcd	0,76
T3	247,98 e	219,62 bcd	1,17
T4	223,17 d e	256,54 c d	0,93
T5	112,20 bc	140,25 abc	0,80
T6	82,39 ab	124,25 ab	0,65
T7	118,83 bc	101,38 ab	1,20
T8	75,16 ab	98,24 ab	0,74
T9	42,40 a	37,50 a	1,15

* Letras distintas en la columna indican diferencias significativas. HSD, Tukey 5 %.

* Análisis de bloque significativo, Fisher 5 %.

4.4.1. Peso seco aéreo:

En cuanto al sistema aéreo, se puede ver que existe una diferencia significativa entre el peso seco aéreo de los tratamientos plantados en enero respecto de los plantados en febrero y marzo. Este resultado coincide con lo encontrado en el análisis de variable largo final de brote para los tratamientos de enero, lo cual se debería al efecto de la fecha de plantación explicado anteriormente.

- Tratamientos plantados en enero

Dentro de los tratamientos de enero se observa que existe un incremento significativo en el peso seco aéreo del tratamiento de riego de golpe sin aplicación de producto, respecto del tratamiento de riego de pulso sin aplicación de producto. Esto confirmaría lo discutido en las tasas de crecimiento, en que a pesar de no mostrar en ellas un efecto significativo, se presenta una respuesta menos drástica que la observada en el riego de pulsos luego de los estrés térmico, las que al final determinan el efecto significativo del peso seco.

El efecto del aminoácido dentro de los tratamientos de enero, parece depender de la eficiencia con que el riego pueda mantener un estatus hídrico tal en la planta que no comprometa cierre estomático, esto se evidencia en lo mostrado por el tratamiento de riego de golpe con y sin aplicación de aminoácidos, en los cuales no se encontró diferencia significativa, lo que coincide con observaciones anteriores para tasas de crecimiento y largo de brote. En riego de menor eficiencia, como lo demuestra ser el tratamiento de pulso, por su peso seco aéreo significativamente menor, se produciría una disminución en la tasa de la división celular, un aumento en las respiraciones por el estrés térmico, y probablemente un cierre estomático como lo señalan HSIAO (1990) y RANNEY y PEET (1995), que limitarían más aún la tasa de fotosíntesis neta. HSIAO, 1990 agrega que el ajuste osmótico prevendría la caída en la tasa de división celular y un eventual cierre estomático, permitiendo una mayor fotosíntesis, traduciéndose en una mayor biomasa formada. Así, el producto podría actuar a dicho nivel, como lo sugiere el significativo mayor peso seco aéreo en los tratamientos de enero sometidas a riego de pulso con aplicación de producto, respecto de los de riego de pulso sin aplicación de producto. Esto reafirma también lo discutido en las tasas de crecimiento y en los largos finales de brotes para los mismos tratamientos.

- Tratamientos plantados en febrero:

Los pesos seco promedios aéreos de los tratamientos plantados en febrero resultaron ser similares entre sí, no existiendo un efecto significativo de la forma de riego, de la aplicación del producto, ni de la combinación de la forma de riego y producto entre ellos.

En el caso de la forma de riego, es probable que ambos tipos de riego hayan tenido globalmente una eficiencia similar, y que el nivel de estrés hídrico haya sido similar en ambos tratamientos. La aplicación del producto no tuvo un efecto de incremento significativo en el peso seco aéreo de las plantas tratadas, respecto de las no tratadas; es posible que las plantas en ambos tipos de riego no sufrieran un estrés hídrico o térmico tan fuerte y prolongado como para que el producto manifestara alguna acción.

Por otro lado, GONZÁLEZ (1993) sugiere que plantas debilitadas presentarían sistemas radicales débiles y con poco volumen de exploración en el suelo, lo que probablemente limita la absorción de algún producto. Esto último parece ser confirmado por el hecho de que los períodos de mayor estrés térmico ocurrieron durante el tercer período, momento en el cual las tasas de crecimiento fueron fuertemente afectadas.

Los tratamientos de febrero con aplicación de producto en ambos tipos de riego, fueron estadísticamente similares al tratamiento de enero con riego de pulso sin aplicación de producto. Esto coincide con lo registrado en el largo de brotes entre el tratamiento de febrero de riego de golpe con aplicación de producto y el de enero de pulso sin aplicación de producto.

El tratamiento de marzo tuvo el valor de peso seco aéreo más bajo, lo que coincide con lo observado en las tasas de crecimiento y largo de brotes. Esto es resultado del menor período de desarrollo y de los estrés ambientales a los que fue expuesto,

explicados anteriormente. El efecto de este tratamiento es estadísticamente similar a los tratamientos de febrero de riego de pulso y golpe, sin aplicación de producto. De lo anterior se desprende que en cuanto al desarrollo aéreo las mejores respuestas se producen en los tratamientos plantados en enero, tanto de riego de pulso como de golpe, con aplicación de aminoácidos. Sin embargo debe tenerse en cuenta el factor económico relacionado con la aplicación, considerando que el tratamiento de enero de riego de golpe sin aplicación de aminoácido puede alcanzar un crecimiento estadísticamente similar.

Los tratamientos de febrero presentaron un valor de peso seco intermedio. El peso seco aéreo de los tratados en febrero con aplicación de producto resultó ser estadísticamente mayor que en el tratamiento de marzo, mientras que los tratados en febrero sin aplicación de producto son similares al tratamiento de marzo, que presentó el menor valor.

Como se sabe, el crecimiento aéreo esta en estrecha relación con el radical, por lo que no se puede aseverar un resultado definitivo sin conocer el crecimiento total de la planta.

4.4.2. Peso seco raíz:

El valor de peso seco de raíz resultó ser mayor en los tratamientos plantados en enero, respecto de los de febrero y marzo. Este resultado confirma lo observado en las tasas de crecimiento, en que los tratamientos de enero obtuvieron un mayor crecimiento radical antes de entrar a la etapa del semireceso.

No hubo diferencia significativa entre los pesos secos de raíz dentro de los tratamientos de enero ya sea, entre las formas de riego, la aplicación del producto o entre la combinación de riego y producto.

En el efecto del riego sobre los pesos secos de raíz de los tratamientos de enero, se observa que resultaron ser similares al regar con riego de golpe o riego de pulso,

lo que no coincide con lo encontrado en los pesos secos aéreos de los mismos tratamientos. BORYS (1987) señala que las raíces constituyen los órganos de acumulación de agua más importantes de la planta. Por otro lado, SALISBURY y ROSS (1994) indican que plantas estresadas tienden a tener sistemas radicales más grandes que la parte aérea.

Es posible que en plantas estresadas el mayor reservorio de agua sean las raíces, permitiendo mantener una mayor proporción de sus células con un potencial de turgor positivo, que no interfiera con la división celular; además los foto asimilados formados en la parte aérea y los de reserva podrían ser destinados principalmente al crecimiento del sistema radical, en la búsqueda de mejores condiciones hídricas en el suelo.

Lo anterior no coincide con lo encontrado por GONZÁLEZ (1996) quien encontró que a mayor cantidad de pulsos la masa radical aumenta en desmedro del crecimiento caulinar aéreo, sin embargo al considerar los mayores rendimientos de cosecha alcanzados al aumentar la cantidad de pulsos en su ensayo, es razonable pensar que la mayor cantidad de agua y foto asimilados hayan sido consumidos por la fruta, por lo que en una condición real el crecimiento aéreo resultaría de igual forma mayor.

Del efecto riego se desprende que los tratamientos plantados en enero tanto de riego de golpe como de pulso, son eficientes en superar condiciones de estrés hídrico y térmico que impidan lograr un crecimiento final significativamente mayor a los obtenidos en los tratamientos plantados en febrero y marzo.

Los pesos secos radicales de los tratamientos de febrero fueron similares entre sí, no existiendo un efecto significativo de incremento en la forma de riego, la aplicación del producto o la combinación de los anteriores. Esto coincide con el peso seco de la parte aérea para los mismos tratamientos, lo que sugiere que el desarrollo de una baja masa radical pudo ser una limitante para la absorción del producto, tal como lo señala GONZÁLEZ (1993), lo cual se manifiesta en que no haya diferencia entre

los tratamientos con aplicación de producto, respecto de sus similares sin aplicación de producto.

Los pesos secos radicales de los tratamientos de febrero y marzo resultaron ser estadísticamente similares, esto se debería al hecho que ambos tratamientos mantuvieron bajas sus tasas de crecimiento radical durante el periodo de mejores temperaturas de suelo, debido a la mayor fuerza del sink aéreo, logrando recién sus mayores tasas de crecimiento radical una vez que las temperaturas ambientales frenaron el desarrollo aéreo, y cuando las temperaturas de suelo ya estaban en descenso.

De lo anterior se desprende que para el crecimiento de raíces, el mejor tratamiento corresponde al tratamiento plantado en la fecha de enero con riego de pulso y con aplicación de aminoácidos. Nuevamente un factor económico se debe considerar ya que se puede lograr estadísticamente un peso seco similar de raíz con los tratamientos de enero tanto de riego de pulso como de golpe, sin aplicación de aminoácidos, y con el de riego de golpe con aplicación de aminoácidos.

Para el caso de los pesos secos radicales de los tratamientos de febrero, todos resultaron ser estadísticamente similares al tratamiento de marzo.

4.4.3. Razón entre la parte aérea y radical:

De acuerdo a SALISBURY y ROSS (1994) el análisis de la razón entre la parte aérea y radical de la planta, permite tener una idea del grado de estrés que presentaron las plantas en los distintos tratamientos.

Por el efecto del suelo sobre los tratamientos, resulta poco real analizar los valores de las razones obtenidas, entre tratamientos estadísticamente similares, por lo que solo se hará entre los distintos.

Entre los tratamientos de Enero se puede observar que los tratamientos más estresados corresponden a los de riego de pulso, lo que confirma lo observado anteriormente. Entre ellos el tratamiento más afectado corresponde al de riego de pulso sin aplicación de aminoácidos; su baja relación esta dada principalmente por un bajo valor de crecimiento aéreo, que es estadísticamente menor a los demás. Esto reafirma lo señalado para la variable peso seco de la raíz en el mismo tratamiento.

El tratamiento de pulso con aminoácidos resulta ser el segundo menos afectado. La acción del producto aminoacídico sustentaría el crecimiento aéreo y radical, lo que no puede hacer el riego de pulso por sí solo. Esto reafirmaría la hipótesis que el producto podría actuar a nivel de ajuste osmótico impidiendo la pérdida de turgor de la planta, importante para mantener la división celular, y evitar la síntesis de ABA que potencialmente provoque cierre estomático.

5. CONCLUSIONES

Existe un efecto significativo de la fecha de plantación de octubre sobre el crecimiento de las plantas de palto, expresado como largo de brotes al final del período de crecimiento, respecto de las fechas de enero, febrero y marzo.

En la evaluación y búsqueda de una fecha alternativa de plantación de paltos (*Persea americana* Mill) se encontró que con la fecha de enero se obtiene un crecimiento significativamente mayor, cuando se lo compara con las fechas de febrero y marzo, durante y al final del período de desarrollo, resultando ser una época alternativa de plantación en lograr desarrollo.

No hubo efecto de la fecha de plantación de febrero, sobre el crecimiento de la planta, respecto de la fecha tradicional de marzo

El producto aminoacídico, no resultó ser una herramienta significativamente efectiva en la superación de las condiciones de estrés producidas durante el período del ensayo, en las variable evaluadas, como tampoco en los tratamientos de riego de golpe y pulso.

No hubo un efecto diferente entre las formas de riego evaluadas (pulso y golpe) dentro de ninguna fecha de plantación, como tampoco en combinación con la aplicación del producto aminoacídico.

6. RESUMEN

Se evaluaron en terreno distintas fechas de plantación de palto cultivar Hass. en la búsqueda de una fecha intermedia no tradicional. El ensayo se realizó en la Estación Experimental "La Palma", perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso.

Se evaluaron las fechas tradicionales de plantación de octubre y marzo, y fechas no tradicionales de enero y febrero. Se evaluaron dos formas de riego: pulsos y golpe de riego en las fechas no tradicionales, y golpe de riego en las tradicionales. Se evaluó la aplicación a través del riego, de un producto en base a aminoácidos de síntesis con características de supresores de estrés ambientales, en las fechas no tradicionales y en ambas formas de riego. Todas las evaluaciones se cuantificaron en variables de crecimiento de la planta, como tasa de crecimiento (cm), largo final de brotes (cm), pesos secos aéreos, radicales (g) y relación entre ellos; para cada tratamiento. Se relacionaron los resultados con la incidencia que pudieron tener los factores ambientales de temperatura, grados días, evaporación de bandeja, temperatura de suelo, etc., sobre ellos.

Se encontró efecto de la fecha de plantación sobre la tasa de crecimiento, largo de brotes finales, peso seco aéreo y radical.

La tasa de crecimiento fue medida en distintos períodos desde la fecha de plantación hasta la época del semi receso invernal. La mayor tasa de crecimiento fue la de los tratamientos plantados en enero.

El largo de brotes finales y los pesos secos fueron medidos al final de períodos de estudio y que corresponde hasta antes de la salida del receso invernal. El mayor largo de brotes se produjo en el tratamiento de octubre de 1996, seguido de los tratamientos plantados en enero. Los largos finales de los tratamientos plantados en febrero y marzo resultaron ser similares.

Los mayores valores de peso seco aéreo y radical se produjeron en los tratamientos plantados en enero, seguidos de los de febrero y marzo.

No hubo efecto de la forma de riego entre tratamientos de una misma fecha de plantación en la tasa de crecimiento, en los largos finales de los brotes; encontrándose, sin embargo, un mayor efecto del riego de golpe en el peso seco aéreo de los tratamientos de enero. No se encontró efecto en el peso seco aéreo en las otras fechas de plantación como tampoco en los radicales.

crecimiento final significativamente mayor a los obtenidos en los tratamientos de febrero y marzo.

Se detectó efecto del producto aminoacídico en la variable peso seco aéreo del tratamiento de enero con riego de pulso que resultó ser mayor que su similar sin pulso. No hubo efecto de la combinación del riego y producto en las otras variables ni en los demás tratamientos

El efecto del producto aminoácido parece depender de la intensidad del estrés térmico e hídrico. Su absorción en paltos parece estar fuertemente limitada por factores morfológicos radicales propios de la especie y por la eficiencia en la aplicación a través del riego.

Los mejores tratamiento alternativos corresponde a los plantados en enero, cualquiera de ellos pueden alcanzar crecimientos totales, similares entre si, y mayores a los de febrero y marzo. Dentro de ellos el riego de golpe sin aplicación de aminoácidos resulta ser económicamente mejor.

7. LITERATURA CITADA.

- ADATO, I. and LEVINSON, B. 1988. Influence of daily intermittent drip irrigation in *Persea americana* (cv Fuerte) fruit yield and trunk growing. *Journal of Horticultural Science*. 63(4): 675-685.
- ALONI, B. and ROSENSHTEIN G. 1984. Proline accumulation: a parameter for evaluation of sensitivity of tomato varieties to drought stress ?. *Physiol. Plant*. 61:231-235.
- ANDERSEN, P. C.; BRODBECK, B. V. and MIZELL, R. F. 1995a. Water stress- and Nutrient Solution-mediated changes in water relations and amino acids, organic acids, and sugars in xylem fluid of *Prunus salicina* and *Lagerstroemia indica*. *J. Amer. Soc. Sci.* 120(1): 36-42.
- _____ BRODBECK, B. V. and MIZELL, R. F. 1995b. Diurnal variations in tensión, osmolarity, and the composition of nitrogen and carbón assimilates in xylem fluid of *Prunus pérsica*, *Vitis* hybrid, and *Pyrus communis*. *J. Amer. Soc. Sci.* 120(4): 600-606.
- ARIZTIA, R. 1996. Estrategias de desarrollo para el mercado de exportación in: Razeto, B. y Fichet, T. eds. *Cultivo del palto y perspectivas de mercado*. Santiago, Universidad de Chile, pp 105-109.
- ASAMI, S. and AKAZAWA, T. 1978. Photooxidative damage in activities of *Chromatium vinosum*. *Plant Physiol.* 62:981-986.
- BARRIENTOS. A. F., RODRÍGUEZ, J. L. y ESPINOZA, J. L. 1993. Respuesta de plantas de aguacate cv. Hass bajo condiciones de sequía. Memoria 1993. México, Fundación Salvador Sánchez Colín, pp 151-166
- BERRY, J. and BJORKMANN, O. 1980. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 31: 491-543.
- BLUM, A. and EBERCON, A. 1976. Genotypic responsos in Sorghum to drouht stress. III. Free proline accumulation and drought resistance. *Crop Science* 16: 428-431.

- BORYS, M. W.; BARRERA, J. L, and LUNA, J. 1985. Some root characteristics of avocado (*Persea americana* Mill.) seedling of the West Indian and Guatemalan races. California Avocado Society Yearbook 69: 111-122.
- _____. 1986. Root / shoot relation and some root characteristics in seedlings of avocado and chinini. California Avocado Society Yearbook 70: 175-197.
- BURGER, D. W.; MARTÍN, J. S.; HODEL; D. R.; LUKASZEWSKI, T. A.; TJOSVOLD, S. A., and WAGNER, S. A. 1987. Water use in California's ornamental nurseries. Calif. Agr. 41(9-10): 7-8.
- BUSH, D. 1993. Proton-coupled sugar and amino acid transporters in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 44: 513-542.
- CALABRESE, F. 1992. El aguacate. Madrid, Mundi-Prensa. 249 p.
- CAUTÍN, R. 1996. Nuevas tendencias en el establecimiento de huertos. In: Cultivo del palto y perspectivas de mercado. Santiago, Universidad de Chile, pp 43-44.
- CULL, B. W. 1986. A phenological cycling approach to tree crop productivity research. Acta Horticulturae 175:151-157.
- ESCAICH, J.; JUNCOSA, R.; GOMIS, P., y SOLER, P. 1989. Estudio de la influencia de los amino ácidos durante la polinización y la fecundación. Horticultura 51: 95-103.
- _____, SOLER, F. y GOMIS, P. 1991. Fructificación en cultivos tratados con aminoácidos de hidrólisis enzimática. Horticultura 67: 47-52.
- EVEN-CHEN, Z., WEINBAUM, S. A. and PEARCY, R. W. 1981. High temperature effects on leaf resistance, leaf water potential, and photosynthesis of non-bearing prune trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(2): 216-219.
- DAVIES, W. J. and ZHANG, J. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. Ann. Rev. Plant. Physiol. 42: 55-76.
- FAUST, M. 1989. Physiology of temperate fruits trees. New York, Wiley. 338p.
- FERNÁNDEZ, R. 1996. Planificación y diseño de plantaciones frutales. 2da.ed. Madrid, Mundi-Prensa. 220 p.

- FOSTER, J. G. and HESS, L. 1980. Responses of superoxide dismutase and glutathione reductase activities in cotton leaf tissue exposed to an atmosphere enriched in oxygen. *Plant Physiol.* 66: 482-487.
- GARDIAZABAL, F. y ROSENBERG, G. 1991. Cultivo del palto. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, 201 p.
- GOMIS, P., AVILA, LL, RUHI, R., VILA-PAHI, F. J. 1988. Aminoácidos aplicados en la agricultura. *Agrícola Vergel* N° 76: 260-261.
- GONZÁLEZ, P. 1993. Evaluación de un Bioestimulante a base de aminoácidos de síntesis en Kiwi (*Actinidia deliciosa*), en diferentes dosis, formas y épocas de aplicación, en la provincia de Quillota, V Región. Taller de Licenciatura. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 127 p
- GONZÁLEZ, J. 1996. Efecto de diferentes pulsaciones de riego en sistema sin suelo, sustrato compost en el cultivo de tomate bajo invernadero frío. Taller de Licenciatura. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 88 p.
- HEISKANEN, J. 1995. Water status of sphagnum peat and a peat-perlite mixture in containers subjected to irrigation regimes. *HortScience* 30(2): 281-284.
- HERNÁNDEZ, F. 1991. Aproximación al ciclo fenológico del aplo (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. Taller de Licenciatura. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 99 p
- HSIAO, T. 1990. Fisiología general, In: Curso Internacional del manejo del agua en frutales, Chillan 3 - 6 Enero. Depto de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales, U. de Concepción.
- INGRAM, J. and BARTELS, D. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 47: 377-403.
- JUNCOSA, R.; NUSIMOVICH, A. D. y GOMIS, P. 1989. Un hidrolizado enzimático de tejidos animales como protector de la fotosíntesis en situaciones climáticas adversas. *Agrícola Vergel* N° 95: 619-620.

- _____, CARDUS, J.; NUSIMOVICH, A. D. y GOMIS, P. 1990. Rendimiento de plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum*) variedad Carmelo tratadas con un hidrolizado enzimático de tejidos animales, aplicado por fertirrigación en riego localizado de alta frecuencia. *Agrícola Vergel* N°99: 164-165.
- KATO, T.; YAMAGATA, M. and TSUKAHARA, S. 1985. Upwardtranslocation of ¹⁴C-amino compounds in xylem and phloem of citrus tress (*Citrus unshiuM.*). *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 54(2): 163-170.
- KOLLER, O. C.; FRANCISCONI, A. H.; AMARO, S. S. and BELOTTO, F. A. 1992. Planting time and sunlight protection of avocado maiden trees in orchard installation. *Proc. of Second World Avocado Congress.* pp. 311-315.
- LABANAUSKAS, C. K.; STOLZY, L. H.; ZENTMEYER, G. A. and T. E. SZUSZKIEWICZ. 1968. Influence of soil oxygen and soil water on the accumulation of nutrients in avocado seedlings (*Persea americana* Mill.). *Plant and Soil* 29(3): 391-403.
- LAKSO, A. N.; GEYER, A. N. and CARPENTER, S. G. 1984. Seasonal osmotic relations in apple leaves of different ages. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109(4): 544-547.
- LEVIN , Y. and VAN ROOYEN, F. C. 1977. Soil water distribution horizontal and vertical direction and influenced by intermittent water application. *Soil Science* 124(6): 355-363.
- LOVATT, C. J. 1987. Stress. *California Avocado Society Yearbook* 71: 251- 255.
- MARTÍNEZ, A. R. 1981. Proyecto de implantación de un sistema de riego tecnificado en la Estación Experimental "La Palma", Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 102 p.
- NOVOA, R., VILLASECA, R., DEL CANTO, P., ROVANET, J., SIERRA, C. Y DEL POZO, A. 1989. Mapa Agroclimático de Chile. Santiago, INIA. 221 p.
- NUSIMOVICH, A. D., GOMIS, P., Avila, LL, ESCAICH, J. 1989. Efectos de la absorción foliar de amino ácidos obtenidos por vía enzimática y nutrientes en cultivo de tomate, (*ücopersicum esculentum* Mill., variedad Quattor). *Agrícola Vergel* N° 85: 47-48.
- ORTÚZAR, J. E. 1996. Situación actual y perspectivas del palto en el mundo. *In:* Cultivo del palto y perspectivas de mercado. Santiago, Universidad de Chile, pp 1-7.

- PALMA, A. R. 1991. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte. Taller de Licenciatura. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía 127p.
- ROMPER, K. W. and PATRICK, J. B. 1997. Expansión and osmotic adjustment of strawberry fruit during water stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122(2): 183-189.
- POWLES, S. B. and CRITCHLEY, C. 1980. Effect of light intensity during growth of photoinhibition of intact attached bean leaflets. *Plant Physiol.* 65: 1181-1187.
- _____. 1984. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 35: 15-44.
- RANNEY, T. G.; BASSUK, N. L and WHITLOW, T. H. 1991. Osmotic adjustment and solute constituents in leaves and roots of water-stressed cherry (*Prunus*) trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116(4): 684-688.
- _____, and PEET, M. 1994. Heat tolerance of five taxa of birch (*Betula*): Physiological responses to supraoptimal leaf temperatures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119(2): 243-248.
- RAZETO, B. 1996. Situación actual del palto en Chile. in: *Cultivo del palto y perspectivas de mercado*. Santiago, Universidad de Chile, pp 9-13.
- RODRIGO, J. 1992. *Riego localizado*. Madrid, Mundiprensa. 450p.
- SALISBURY, F. B., ROSS, C. W. 1994. *Fisiología vegetal*. México, Grupo Editorial Iberoamericana. 759 p.
- SIEFERMANN-HARMS, D. 1987. The light-harvesting and protective functions of carotenoids in photosynthetic membranes. *Physiol. Plantarum.* 69: 561-568.
- SCHOBERT, C.; KÖCKENBERGER, W. and KOMOR, E. 1988. Uptake of amino acids by plants from the soil: A comparative study with castor bean seedlings grown under natural and axenic soil conditions. *Plant and Soil* 109: 181-188.

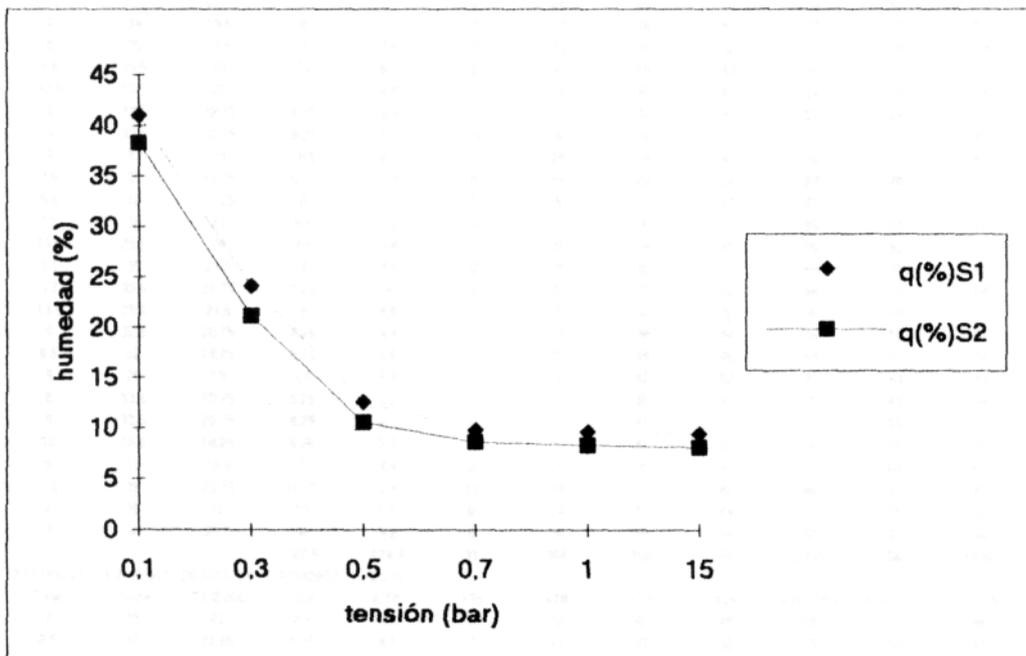
- SCHOLEFIELD, P. B.; WALCOTT, J. J.; KRIEDEMANN, P. E. and RAMADASAN, A. 1980. Some environmental effects on photosynthesis and water relations of avocado leaves. California Avocado Society Yearbook 64: 93-105.
- _____, SEDGLEY, M. and ALEXANDER, D. M. 1985. Carbohydrate cycling in relation to shoot growth, floral initiation and development and yield in the avocado. Scientia Horticulturae 25:99-110.
- SLOWIK, K., LABANAUSKAS, C. K., STOLZY, L.H. and ZENTMYER, G.A. 1979. Influence of rootstocks, soil oxygen, and soil moisture on the uptake and translocation of nutrients in young avocado plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104(2): 172-175.
- STEWART, C. 1978. Role of carbohydrate in proline accumulation in wilted barley leaves. Plant Physiol. 61: 775-778.
- SYVERTSEN, J. P. 1985. Integration of water stress in fruit trees. HortScience. 20(6): 1039-1042.
- TAIZ, L. and ZEIGER, E. 1991. Plant physiology. Redwood City, California, Benjamin/Cummings. 559 p.
- TORO, M. 1995. Efecto del método de riego en la distribución espacial del sistema radical de paltos (*Persea americana* Mill.) cv. Hass en dos tipos de suelo. Taller de Licenciatura. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 27p.
- VENEKAMP, J. H. and KOOT, J. T. 1988. The sources of tree proline and asparagine in field bean plants, *Vicia faba* L., during and after a short period of water withholding. Plant physiol. 132:102-109.
- _____, LAMPE, J.E., KOOT, J. T. 1989. Organic acid as sources for drought-induced proline synthesis in field bean plants, *Vicia faba* L. Plant physiol. 133: 654-659.
- VIERLING, E. 1991. The roles of heat shock proteins in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 42: 579-620.
- VILLABLANCA, I. 1994. Estudio comparativo de la distribución y densidad de raíces absorbentes en paltos cv. Hass en función de los patrones de distribución uso-consumo del agua en el suelo evaluados bajo dos sistemas de riego presurizados (goteo y microaspersión). Taller de Licenciatura. Quillota, U. Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 117p.

- WANG, Z.; QUEBEDEAUX, B. and STUTTE, G. W. 1995. Osmotic adjustment: effect of water stress on carbohydrates in leaves, stems and roots of apple. *Aust. J. Plant physiol.* 22: 747-754.
- WEIS, E. 1982. Influence of light on the heat sensitivity of the photosynthetic apparatus in isolated spinach chloroplasts. *Plant Physiol.* 70: 1530-1534.
- WHILEY, A. W.; PEGG, K. G.; SARANAH, J. B. and FORSBERG, L. I. 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.
- _____, PEGG, K. G.; SARANAH, J. B. and LANGDON, P. W. 1987. Influence of *Phytophthora* root rot on mineral nutrient concentrations in avocado leaves. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 27: 173-177.
- _____, WOSTENHOLME, B. N.; SARANAH, J. B. and ANDERSON, P. A. 1987. Effect of root temperatures on growth of two avocado rootstock cultivars. Australia, Maroochy Horticultural Research Station. (Report N°5)
- _____, CHAPMAN, K. R. and SARANAH, J. B. 1988. Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* cv. Fuerte) during flowering. *Australian Journal of Agricultural Research*. 39: 457-467.
- _____, and SCHAFFER, B. 1993. ¹⁴C-Photosynthate partitioning in avocado trees as influenced by shoot development. *HortScience*. 28(8): 850-852.
- _____, HARGREAVES, P. A.; PEGG, K. G.; DOOGAN, V. J.; RUDDLE, L. J.; SARANAH, J. B. and LANGDON, P. W. 1995. Changing sink strengths influence translocation of phosphonate in avocado (*Persea americana* Mill.) trees. *Aust. J. Agric. Res.* 46: 1079-1090.
- WOLSTENHOLME, B. N. 1987. Theoretical and applied aspects of avocado yield as affected by energy budgets and carbon partitioning. *S. Afr. Avocado Growers' Assoc. Yrb.* 10: 58-61.
- YUGARLEVITCH, C.; TENNY, L. and ULMER, D. 1995. Taking the pulse of irrigation. *Irrigation Journal* 45(2): 22-24.

ZUR, B. 1976. The pulsed irrigation principles for controlled soil wetting. Soil Science 122(5): 282-291.

ZUR, B. y SALVADI, D. 1976. Infiltration under pulsed water application. III: The nature of the flow system. Soil Science. 124(3): 127-134.

ANEXO 1. Curvas de humedad de suelo para el sector "uno" (q(%)S1) y para el sector "dos" (q(%)S2)



ANEXO 2. Variables ambientales. Temperaturas en grados Celsius, evaporación de bandeja (mm) y número de registros térmicos en cada intervalo

Datos registrados cada 15 min.												
Enero	T ¹ min	T ¹ max	T1/2 día	t ¹ día	ETb (mm)	>35	<10	<13	<15	>35 - 10 <	>35 - 13 <	>35 - 15 <
24	14.5	34	24.25	11.75	7.9	0	0	0	1	96	96	95
25	10.5	30.5	20.5	8	8.2	0	0	23	32	96	73	64
26	10.5	34.5	22.5	10	6.2	0	0	23	33	96	73	63
27	12	33	22.5	10	7.4	0	0	22	33	96	74	63
28	13	33.5	23.25	10.75	6.3	0	0	0	29	96	96	67
29	11	38.5	24.75	12.25	6.8	9	0	21	33	87	66	54
30	11	38.5	24.75	12.25	7.8	21	0	18	35	75	57	40
31	11	38	24.5	12	8.6	0	12	28	35	84	68	61
suma				87	59.2	30	12	135	231	726	603	507
media	11.6875	35.0625	23.375	10.875	7.4							
Febrero	Tmin	Tmax	T1/2 día	Grados días	ETb	>35	<10	<13	<15	>35 - 10 <	>35 - 13 <	>35 - 15 <
1	9	34	21.5	9	6.8	0	0	20	37	96	76	59
2	11.5	29	20.25	7.75	7.1	4	14	37	41	78	55	51
3	8.5	36	22.25	9.75	7.4	0	25	38	44	71	58	52
4	7.5	33.5	20.5	8	7.1	0	28	35	40	68	61	56
5	7	34	20.5	8	7.3	0	19	36	41	77	60	55
6	8	35	21.5	9	7.6	0	25	36	42	71	60	54
7	6.5	33.5	20	7.5	6.7	0	0	15	43	96	81	53
8	10.5	29.5	20	7.5	6.8	0	15	36	44	81	60	52
9	8	33.5	20.75	8.25	6.6	0	5	30	41	91	66	55
10	9	32.5	20.75	8.25	6.3	16	9	30	39	71	50	41
11	9	37	23	10.5	8.3	0	20	34	43	76	62	53
12	7.5	31	19.25	6.75	7.4	0	12	26	26	84	70	70
13	8.5	12	10.25	0	7.7	0	5	13	13	91	83	83
14	12	30	21	8.5	6.5	0	0	4	11	96	92	85
15	10.5	29.5	20	7.5	5.4	0	0	14	45	96	82	51
16	13	30	21.5	9	4.5	0	0	0	15	96	96	81
17	13	30.5	21.75	9.25	4	0	0	0	32	96	96	64
18	13.5	29.5	21.5	9	4.8	0	0	0	5	96	96	91
19	9	32.5	20.75	8.25	4.4	0	10	38	44	86	58	52
20	6.5	32	19.25	6.75	6.6	0	27	39	46	69	57	50
21	9	29	19	6.5	5.9	0	5	42	52	91	54	44
22	8	33.5	20.75	8.25	5.2	0	21	35	41	75	61	55
23	8	33.5	20.75	8.25	6.3	0	20	41	47	76	55	49
24	10	28.5	19.25	6.75	6.7	0	0	41	50	96	55	46
25	8	31	19.5	7	4.4	0	25	36	43	71	60	53
26	7.5	39	23.25	10.75	5.4	11	19	34	42	66	51	43
27	7	35	21	8.5	5.9	0	24	41	44	72	55	52
28	7	34	20.5	8	5.2	0	30	45	50	66	51	46
suma				222.5	174.3	31	358	796	1061	2299	1861	1596
media	9.01785714	31.7142857	20.3660714	7.94642857	6.225							
Marzo	Tmin	Tmax	T1/2 día	t ¹ día	ETb	>35	<10	<13	<15	>35 - 10 <	>35 - 13 <	>35 - 15 <
1	7	35	21	8.5	4.4	1	30	42	49	65	53	46
2	8.5	36	22.25	9.75	4.1	7	11	39	48	78	50	41
3	12.5	35.5	24	11.5	4.2	2	0	1	27	94	93	67
4	14	34.5	24.25	11.75	4.1	0	0	0	5	96	96	91
5	16	26.5	21.25	8.75	4.2	0	0	0	11	96	96	85
6	16	33.5	24.75	12.25	4.9	0	0	0	0	96	96	96
7	12	35.5	23.75	11.25	4.9	2	0	5	13	94	89	81
8	10	38.5	24.25	11.75	4.4	11	0	38	44	85	47	41
9	7.5	36	21.75	9.25	5.4	3	17	44	48	76	49	45
10	8	37.5	22.75	10.25	5	6	21	48	53	69	42	37
11	6.5	37.5	22	9.5	4.7	7	33	44	51	56	45	38
12	8.5	34.5	21.5	9	4.4	0	12	45	53	84	51	43
13	9.5	32.5	21	8.5	3.8	0	2	13	34	94	83	62
14	11.5	34	22.75	10.25	3.7	0	0	5	22	96	91	74
15	10	29	19.5	7	3.2	0	0	17	42	96	79	54
16	10	31	20.5	8	2.4	0	0	19	35	96	77	61
17	16	23	19.5	7	3.2	0	0	0	0	96	96	96
18	13.5	19	16.25	3.75	2.4	0	0	0	8	96	96	88
19	7	30	18.5	6	1.4	0	18	37	45	78	59	51
20	7	31.5	19.25	6.75	3	0	30	42	49	66	54	47
21	10.5	30.5	20.5	8	3	0	0	35	38	96	61	58
22	11	35	23	10.5	1	0	0	7	48	96	89	48
23	7.5	32	19.75	7.25	2.8	0	29	44	46	67	52	50
24	6.5	27	16.75	4.25	3.2	0	30	35	36	66	61	60
25	6.4	24.8	15.6	3.1	4.4	0	25	41	46	71	55	50
26	10.2	24	17.1	4.6	4.4	0	0	35	38	96	61	58
27	8	25	16.5	4	4.5	0	23	33	41	73	63	55
28	9	22.4	15.7	3.2	4	0	14	46	53	82	50	43
29	13.2	22.6	17.9	5.4	2.7	0	0	48	59	96	48	37
30	13	21.4	17.2	4.7	3.7	0	0	25	53	96	71	43
suma				235.75	111.5	39	295	788	1095	2546	2053	1746
media	10.21	30.5067	20.3583	7.85833	3.71667							

Abril	Tmin	Tmáx	T1/2 día	¶Día	ETb	>35	<10	<13	<15	>35 - 10 <	>35 - 13 <	>35 - 15 <
1	11.0	27.2	19.5	7	3.5	0	0	17	41	96	79	55
2	9.5	37.5	23.5	11	3.0	10	2	9	13	84	77	73
3	4.5	43	23.75	11.25	4.2	22	33	43	47	41	31	27
4	3.5	38	20.75	8.25	5.2	13	44	52	54	39	31	29
5	4	33.5	18.75	6.25	4.7	0	41	48	54	55	48	42
6	5.5	33.5	19.5	7	3.9	0	34	43	50	62	53	46
7	5.5	32.5	19	6.5	3.7	0	37	38	56	59	58	40
8	10.5	27.5	19	6.5	2.8	0	0	39	62	96	57	34
9	7.5	28.5	18	5.5	1.4	0	9	57	65	87	39	31
10	5.5	46	25.75	13.25	1.4	22	29	46	50	45	28	24
11	5.5	33.5	19.5	7	3.6	0	28	41	63	68	55	33
12	12	19.5	15.75	3.25	2.5	0	0	29	56	96	67	40
13	5.5	36.5	21	8.5	1.7	6	34	54	58	56	36	32
14	10.5	40	25.25	12.75	2.7	13	0	47	55	83	36	28
15	10	37.5	23.75	11.25	2.9	6	0	14	56	90	76	34
16	12	20	16	3.5	2.9	0	0	34	47	96	62	49
17	9.5	28.5	19	6.5	1.3	0	2	10	53	94	86	43
18	9	31.5	20.25	7.75	2.2	0	4	11	52	92	85	44
19	9	32	20.5	8	1.7	0	5	36	50	91	60	46
20	7.5	31	19.25	6.75	2.1	0	36	40	60	60	56	36
21	9	30	19.5	7	2.9	0	5	15	50	91	81	46
22	11	32	21.5	9	2.5	0	0	36	51	96	60	45
23	13.5	24	18.75	6.25	2.3	0	0	0	37	96	96	59
24	12	34	23	10.5	1.6	0	0	4	11	96	92	85
25	7	36	21.5	9	2.3	3	21	45	49	72	48	44
26	7.5	37.5	22.5	10	2.9	7	23	38	41	66	51	48
27	7	40	23.5	11	3.6	16	22	38	43	58	42	37
28	8.5	38.5	23.5	11	5.3	17	16	33	47	63	46	32
29	8.5	31.5	20	7.5	4.6	0	12	52	58	84	44	38
30	7.5	33	20.25	7.75	2.7	0	18	48	51	78	48	45
suma				246.75	88.9	135	455	1017	1480	2290	1728	1265
media	8.05806452	32.0548387	20.0564516	7.95967742	2.86774194							

Mayo	Tmin	Tmáx	T1/2 día	¶día	ETb	>35	<10	<13	<15	>35 - 10 <	>35 - 13 <	>35 - 15 <
1	7	37.5	22.25	9.75	2.8	0	32	47	51	64	49	45
2	7	33.5	20.25	7.75	3.3	6	25	42	49	65	48	41
3	5.5	23.5	14.5	2	3.8	0	35	45	57	61	51	39
4	7	28	17.5	5	3.2	0	42	60	67	54	36	29
5	4	38	21	8.5	1.2	0	11	36	62	85	60	34
6	8.5	27.5	18	5.5	2	4	44	53	58	48	39	34
7	6	22.5	14.25	1.75	2.2	0	29	41	54	67	55	42
8	7	26.5	16.75	4.25	1.1	0	27	46	57	69	50	39
9	6.5	27.5	17	4.5	2.2	0	31	51	56	65	45	40
10	8	28	18	5.5	1.3	0	23	58	62	73	38	34
11	9	23	16	3.5	1.3	0	6	41	67	90	55	29
12	9	30	19.5	7	1	0	5	15	63	91	81	33
13	6	27	16.5	4	1.7	0	39	61	67	57	35	29
14	7.5	30	18.75	6.25	1.1	0	5	43	59	91	53	37
15	6	28.5	17.25	4.75	2.1	0	37	41	65	59	55	31
16	12	26.5	19.25	6.75	1.4	0	0	19	48	96	77	48
17	10.5	21.5	16	3.5	1.3	0	0	13	17	96	83	79
18	9	15.5	12.25	0	0.5	0	3	41	84	93	55	12
19	5.5	28	16.75	4.25	0.5	0	53	59	62	43	37	34
20	6	19.5	12.75	0.25	1	0	45	64	74	51	32	22
21	5	29	17	4.5	0.7	0	44	60	63	52	36	33
22	2.5	37	19.75	7.25	1.5	0	54	61	63	42	35	33
23	5	31.5	18.25	5.75	1.4	0	49	60	63	47	36	33
24	4.5	32.5	18.5	6	1.3	0	41	58	63	55	38	33
25	8	16	12	0	1.2	0	19	42	44	77	54	52
26	11.4	17.4	14.4	1.9	0.5	0	0	43	54	96	53	42
27	10.4	21	15.7	3.2	0.5	0	0	58	63	96	38	33
28	10.4	21	15.7	3.2	1.2	0	0	10	11	96	86	85
29	12	14	13	0.5	0.8	0	0	73	96	96	23	0
30	13.6	20.8	17.2	4.7	0	0	0	58	72	96	38	24
31	11.8	22.3	17.05	4.55	0.2	0	27	62	69	69	34	27
suma				136.3	44.3	10	726	1461	1840	2240	1505	1126
media	7.79354839	25.9516129	16.8725806	4.39677419	1.42903226							

Junio	Tmin	Tmax	T1/2 día	*día	ETb	>35	<10	<13	<15	>35 - 10 <	>35 - 13 <	>35 - 15 <
1	7.3	26.3	16.8	4.3	0.7	0	52	61	62	44	35	34
2	5.8	21.3	13.55	1.05	1	0	35	63	70	61	33	26
3	10.8	15.3	13.05	0.55	0.8	0	0	67	96	96	29	0
4	8.8	20.8	14.8	2.3	0	0	8	58	67	88	38	29
5	4.3	22.8	13.55	1.05	0	0	56	62	65	40	34	31
6	2.3	26.3	14.3	1.8	0.9	0	52	60	64	44	36	32
7	2.3	25.8	14.05	1.55	0.9	0	51	62	65	45	34	31
8	7.3	21.3	14.3	1.8	1	0	39	66	68	57	30	28
9	11.3	20.3	15.8	3.3	1	0	0	57	75	96	39	21
10	11.3	26.3	18.8	6.3	1	0	0	44	64	96	52	32
11	10.3	19.3	14.8	2.3	0.3	0	0	65	68	96	31	28
12	8.3	12.8	10.55	0	0	0	40	96	96	56	0	0
13	4.8	22.8	13.8	1.3	0	0	43	63	68	53	33	28
14	9.8	18.8	14.3	1.8	0	0	44	69	69	52	27	27
15	7.3	16.3	11.8	0	0	0	32	69	84	64	27	12
16	7.8	26.3	17.05	4.55	0	0	38	55	62	58	41	34
17	7.8	22.8	15.3	2.8	0.6	0	22	44	65	74	52	31
18	9.8	25.8	17.8	5.3	0.8	0	5	66	77	91	30	19
19	8.3	15.3	11.8	0	0.2	0	16	66	90	80	30	6
20	10.8	14.3	12.55	0.05	0	0	0	52	96	96	44	0
21	10.3	15.3	12.8	0.3	0	0	0	76	92	96	20	4
22	9.8	15.3	12.55	0.05	0	0	0	64	78	96	32	18
23	8.8	21.5	15.15	2.65	0	0	12	82	86	84	14	10
24	3.8	32.5	18.15	5.65	0	0	56	62	64	40	34	32
25	3	31.5	17.25	4.75	1	0	58	62	64	38	34	32
26	1.8	29.5	15.65	3.15	1	0	60	64	64	36	32	32
27	0	31	15.5	3	1	0	62	64	64	34	32	32
28	-0.5	32.5	16	3.5	1.2	0	60	62	64	36	34	32
29	-2.2	34.5	16.15	3.65	1.2	0	60	62	66	36	34	30
30	-0.7	38	18.65	6.15	1.3	12	56	62	62	28	22	22
suma				74.95								
media	6.35333333	23.42	14.88666667	2.49833333	0.53							
Julio	Tmin	Tmáx	T1/2 día	*día	ETb	>35	<10	<13	<15	>35 - 10 <	>35 - 13 <	>35 - 15 <
1	-0.7	30.5	14.9	2.4	1.3	0	62	72	80	34	24	16
2	0.3	32.5	16.4	3.9	1.2	0	58	62	64	38	34	32
3	3.5	25.5	14.5	2	1.1	0	58	58	72	38	38	24
4	3	39	21	8.5	1.1	12	52	56	62	32	28	22
5	4	32	18	5.5	1.2	0	40	56	66	56	40	30
6	6	31.5	18.75	6.25	1	0	18	60	68	78	36	28
7	11	19	15	2.5	1	0	0	66	72	96	30	24
8	8	30.5	19.25	6.75	1	0	18	60	64	78	36	32
9	5	24.5	14.75	2.25	1.3	0	24	68	72	72	28	24
10	6.5	17	11.75	0	1	0	62	72	78	34	24	18
11	3.5	31.5	17.5	5	0.8	0	38	46	66	58	50	30
12	6.5	30.5	18.5	6	0.1	0	24	58	66	72	38	30
13	4	38	21	8.5	0.9	8	52	58	60	36	30	28
14	3	23.5	13.25	0.75	1.2	0	58	62	70	38	34	26
15	3	33.5	18.25	5.75	0.9	0	60	64	68	36	32	28
16	1	33.5	17.25	4.75	1.1	0	58	62	64	38	34	32
17	0.5	25	12.75	0.25	0.8	0	62	66	70	34	30	26
18	5	25.5	15.25	2.75	0.4	0	54	66	66	42	30	30
19	2.5	35.5	19	6.5	1.1	2	58	62	62	36	32	32
20	3	36	19.5	7	1	4	52	60	64	40	32	28
21	5.5	28	16.75	4.25	0.9	0	56	64	68	40	32	28
22	3	27	15	2.5	1.1	0	56	64	64	40	32	32
23	3	38	20.5	8	0.5	6	54	58	62	36	32	28
24	5	22.5	13.75	1.25	1	0	40	44	60	56	52	36
25	8	27.5	17.75	5.25	0.6	0	34	54	60	62	42	36
26	6.5	28.5	17.5	5	1	0	42	62	66	54	34	30
27	10.5	15.5	13	0.5	0.5	0	0	66	90	96	30	6
28	11	15.5	13.25	0.75	0.4	0	0	62	74	96	34	22
29	7.5	22.5	15	2.5	0.9	0	22	54	62	74	42	34
30	9.5	13.5	11.5	0	0.7	0	2	76	96	94	20	0
31	7	25	16	3.5	0	0	52	60	64	44	36	32
suma				120.8	27.1	32	1266	1898	2120	1678	1046	824
media	5.00322581	27.6774194	16.3403226	3.89677419	0.87419355							

Octubre	Tmin	Tmax	T1/2 día	Δ día	ETb	>35	<10	<13	<15	>35 - 10 <	>35 - 13 <	>35 - 15 <
1	7.5	34.5	21	8.5	3	0	30	30	50	66	66	46
2	7	20.5	13.75	1.25	2.6	0	0	0	42	96	96	54
3	7.5	29	18.25	5.75	0.9	0	10	24	28	86	72	68
4	5.5	23	14.25	1.75	0	0	56	72	84	40	24	12
5	2	29	15.5	3	0	0	46	52	54	50	44	42
6	2.5	31.5	17	4.5	2.6	0	40	50	54	56	46	42
7	7.5	32.5	20	7.5	3	0	40	50	54	56	46	42
8	6.5	16	11.25	-1.25	2.7	0	32	62	80	64	34	16
9	8.5	28.5	18.5	6	1.7	0	10	50	58	86	46	38
10	8	27	17.5	5	2.9	0	20	50	56	76	46	40
11	6.5	24	15.25	2.75	3.2	0	30	34	52	66	62	44
12	11	28.5	19.75	7.25	2.2	0	0	28	50	96	68	46
13	11	27.5	19.25	6.75	3.7	0	0	30	64	96	66	32
14	10.5	26	18.25	5.75	0	0	0	26	42	96	70	54
15	7	26.5	16.75	4.25	1.8	0	18	42	50	78	54	46
16	7	27.5	17.25	4.75	3	0	24	40	46	72	56	50
17	8	20	14	1.5	3	0	16	30	50	80	66	46
18	12	20	16	3.5	1	0	0	18	52	96	78	44
19	10	24	17	4.5	0.9	0	0	18	48	96	78	48
20	6	29	17.5	5	2.2	0	28	32	48	68	64	48
21	11.5	29	20.25	7.75	2.8	0	0	18	44	96	78	52
22	9	27.5	18.25	5.75	3	0	10	44	52	86	52	44
23	6.5	30.5	18.5	6	3.8	0	32	40	46	64	56	50
24	8	28.5	18.25	5.75	4	0	24	30	48	72	66	48
25	8	28	18	5.5	4	0	8	28	50	88	68	46
26	6.5	23.5	15	2.5	4.3	0	34	54	62	62	42	34
27	4.5	25	14.75	2.25	2.8	0	26	48	56	70	48	40
28	6	24.5	15.25	2.75	4.1	0	22	52	58	74	44	38
29	3	24.5	13.75	1.25	4.4	0	46	52	54	50	44	42
30	4	24	14	1.5	4.5	0	42	48	50	54	48	46
31	3.5	30.5	17	4.5	4.9	0	30	40	46	66	56	50
suma				133.5	83	0	674	1192	1628	2302	1784	1348
media	7.16129032	26.4516129	16.8064516	4.30645161	2.67741935							

Noviembre	Tmin	Tmáx	T1/2 día	Δ día	ETb	>35	<10	<13	<15	>35 - 10 <	>35 - 13 <	>35 - 15 <
1	7	24	15.5	3	5	0	24	28	54	72	68	42
2	10	25.5	17.75	5.25	3.7	0	0	14	46	96	82	50
3	9	23	16	3.5	4	0	20	26	46	76	70	50
4	8	24	16	3.5	3.8	0	8	18	48	88	78	48
5	12	28	20	7.5	3	0	0	22	42	96	74	54
6	12.5	27	19.75	7.25	2	0	0	10	24	96	86	72
7	11	29.5	20.25	7.75	2	0	0	5	14	96	91	82
8	10	27.5	18.75	6.25	4.5	0	0	38	48	96	58	48
9	6.5	27	16.75	4.25	4.2	0	24	30	34	72	66	62
10	12	27.5	19.75	7.25	4.2	0	0	1	17	96	95	79
11	8	25.5	16.75	4.25	4.9	0	16	40	46	80	56	50
12	7.5	24	15.75	3.25	4.5	0	34	44	50	62	52	46
13	6	29	17.5	5	3.9	0	0	38	44	96	58	52
14	8	28.5	18.25	5.75	4.7	0	20	38	46	76	58	50
15	7.5	28	17.75	5.25	5	0	22	36	42	74	60	54
16	8	25	16.5	4	5.3	0	22	30	32	74	66	64
17	9.5	28.5	19	6.5	5	0	2	38	52	94	58	44
18	9	26	17.5	5	5.3	0	10	28	34	86	68	62
19	14	19	16.5	4	4.8	0	0	0	22	96	96	74
20	10.5	28	19.25	6.75	2.6	0	0	8	34	96	88	62
21	7.5	30.5	19	6.5	3.7	0	24	32	40	72	64	56
22	9.5	33	21.25	8.75	5.4	0	6	28	38	90	68	58
23	10	32	21	8.5	6.8	0	0	28	36	96	68	60
24	11.5	26	18.75	6.25	6.2	0	0	24	30	96	72	66
25	12	20	16	3.5	3.8	0	0	18	40	96	78	56
26	9.5	28.5	19	6.5	2.2	0	30	12	44	66	84	52
27	6	30	18	5.5	4.8	0	0	36	44	96	60	52
28	8	29.5	18.75	6.25	6.3	0	40	6	42	56	90	54
29	8	25.5	16.75	4.25	6.7	0	0	34	46	96	62	50
30	10	32	21	8.5	5.8	0	0	34	42	96	62	54
suma				169.75	134.1	0	302	744	1177	2578	2136	1703
media	9.26666667	27.05	18.1583333	5.65833333	4.47							

Diciembre	Tmin	Tmáx	T1/2 día	¶ día	ETb	>35	<10	<13	<15	>35 - 10 <	>35 - 13 <	>35 - 15 <
1	8	32.5	20.25	7.75	6.5	0	18	38	42	78	58	54
2	7	29.5	18.25	5.75	6.2	0	26	36	42	70	60	54
3	8	33.5	20.75	8.25	6.8	0	16	34	40	80	62	56
4	7.5	31.5	19.5	7	7.3	0	22	36	42	74	60	54
5	7.5	31.5	19.5	7	7.3	0	20	30	40	76	66	56
6	9.5	34	21.75	9.25	6.9	0	6	28	32	90	68	64
7	10.5	31.5	21	8.5	7.8	0	0	20	32	96	76	64
8	11	27	19	6.5	6.4	0	0	22	34	96	74	62
9	14	26.5	20.25	7.75	4.8	0	0	0	16	96	96	80
10	16	29.5	22.75	10.25	3.9	0	0	0	0	96	96	96
11	13.5	25	19.25	6.75	4.5	0	0	0	6	96	96	90
12	11.5	26	18.75	6.25	3.8	0	0	6	12	96	90	84
13	9	33.5	21.25	8.75	3	0	14	30	32	82	66	64
14	11	32	21.5	9	6.2	0	0	18	28	96	78	68
15	13.8	22	17.9	5.4	6.9	0	0	0	32	96	96	64
16	15	18.4	16.7	4.2	6	0	0	0	0	96	96	96
17	16.2	22	19.1	6.6	4.8	0	0	0	0	96	96	96
18	16	22.6	19.3	6.8	4.2	0	0	0	0	96	96	96
19	12.5	27.5	20	7.5	4.8	0	0	2	12	96	94	80
20	9	28	18.5	6	5.2	0	16	68	78	80	28	18
21	11	23	17	4.5	5.8	0	0	18	56	96	78	40
22	9	33	21	8.5	4.7	0	22	46	70	74	50	26
23	10.5	31	20.75	8.25	7.4	0	0	46	66	96	50	30
24	9.5	34.5	22	9.5	7.6	0	6	56	66	90	40	30
25	11	27.5	19.25	6.75	6.8	0	0	44	62	96	52	34
26	13	31	22	9.5	5.9	0	0	0	10	96	96	86
27	9.5	31	20.25	7.75	6.8	0	4	66	82	92	30	14
28	8	31	19.5	7	5.1	0	32	68	78	64	28	18
29	8	31	19.5	7	6.2	0	44	68	74	52	28	22
30	11.5	27	19.25	6.75	7.8	0	0	34	58	96	62	38
31	12.5	30	21.25	8.75	3.4	0	0	2	4	96	94	92
suma				229.5	180.8	0	246	816	1150	2730	2160	1826
media	10.9677419	28.8387097	19.9032258	7.40322581	5.83225806							

ANEXO 3 Temperaturas de suelo.
medidas cada 30 min

Abril	Tmin	Tmáx	Tmedia	estres	
				< 13°C	> 13°C
7	17	19	18	0	48
8	17	17,5	17,25	0	48
9	16,5	17	16,75	0	48
10	15,5	17,5	16,5	0	48
11	16	17,5	16,75	0	48
12	16,5	17	16,75	0	48
13	15,5	16,5	16	0	48
14	16	17,5	16,75	0	48
15	16,5	17,5	17	0	48
16	17	17,5	17,25	0	48
17	16,5	17,5	17	0	48
18	16,5	17,5	17	0	48
19	16	17,5	16,75	0	48
20	16	17,5	16,75	0	48
21	16	17	16,5	0	48
22	16	17,5	16,75	0	48
23	17	17,5	17,25	0	48
24	17,5	18,5	18	0	48
25	17	18,5	17,75	0	48
26	16,5	18	17,25	0	48
27	16,5	18	17,25	0	48
28	16,5	18	17,25	0	48
29	16,5	18	17,25	0	48
30	16,5	18	17,25	0	48
media	13,15	14,1167	13,8333		
			suma	0	1152

Mayo	Tmin	Tmáx	Tmedia	estres	
				< 13°C	> 13°C
1	16	17,5	16,75	0	48
2	16,5	18	17,25	0	48
3	16	18	17	0	48
4	15,5	17	16,25	0	48
5	15,5	16,5	16	0	48
6	14,5	16,5	15,5	0	48
7	15,5	16,5	16	0	48
8	15,5	16	15,75	0	48
9	15	16	15,5	0	48
10	15,5	16	15,75	0	48
11	15,5	16	15,75	0	48
12	15,5	16	15,75	0	48
13	15	16	15,5	0	48
14	15	16	15,5	0	48
15	15	16	15,5	0	48
16	15,5	15,5	15,5	0	48
17	15,5	16	15,75	0	48
18	15,5	16	15,75	0	48
19	14,5	15,5	15	0	48
20	14	15	14,5	0	48
21	13,5	14,5	14	0	48
22	13	14,5	13,75	0	48
23	13	14	13,5	0	48
24	13	14	13,5	0	48
25	13,5	14	13,75	0	48
26	13,5	14	13,75	0	48
27	13,5	14,5	14	0	48
28	13,5	14,5	14	0	48
29	14	14,5	14,25	0	48
30	14	14,5	14,25	0	48
31	14	14,5	14,25	0	48
media	14,6774	15,5968	15,1371		
			suma	0	1488

Junio	Tmin	Tmáx	Tmedia	estres	
				< 13°C	> 13°C
1	14	14,5	14,25	0	48
2	13,5	14,5	14	0	48
3	13,5	14	13,75	0	48
4	13,5	14	13,75	0	48
5	13,5	14,5	14	0	48
6	12	13,5	12,75	25	23
7	12	13	12,5	30	18
8	12,5	13,5	13	13	35
9	13	13,5	13,25	0	48
10	13,5	14	13,75	0	48
11	14	14,5	14,25	0	48
12	13	15	14	0	48
13	13	13	13	0	48
14	13,5	14	13,75	0	48
15	14	14,5	14,25	0	48
16	13	15	14	0	48
17	13	13	13	0	48
18	13,5	14	13,75	0	48
19	13	13	13	0	48
20	13	13,5	13,25	0	48
21	13	13	13	0	48
22	12,5	13	12,75	20	28
23	12,5	13	12,75	43	5
24	12	12,5	12,25	48	0
25	11,5	13	12,25	47	1
26	11	12	11,5	48	0
27	10,5	11,5	11	48	0
28	10	11	10,5	48	0
29	9,5	10,5	10	48	0
30	9,5	10,5	10	48	0
media	12,5333	13,2833	12,9063		
			suma	466	974

Julio	Tmin	Tmáx	Tmedia	estres	
				< 13°C	> 13°C
1	10	10,5	10,25	48	0
2	9	10	9,5	48	0
3	10	10,5	10,25	48	0
4	10	11	10,5	48	0
5	10,5	11,5	11	48	0
6	11,5	12,5	12	48	0
7	12,5	13	12,75	45	3
8	12,5	13	12,75	29	19
9	12,5	13	12,75	14	34
10	12	13	12,5	37	11
11	11,5	12,5	12	48	0
12	12	12,5	12,25	48	0
13	11,5	12,5	12	48	0
14	11,5	12,5	12	48	0
15	11	12	11,5	48	0
16	10,5	11,5	11	48	0
17	10,5	11,5	11	48	0
18	11	11,5	11,25	48	0
19	11	11,5	11,25	48	0
20	11	12	11,5	48	0
21	11,5	12	11,75	48	0
22	11	12	11,5	48	0
23	11	12	11,5	48	0
24	11,5	12,5	12	48	0
25	11,5	13	12,25	40	8
26	12	13	12,5	33	15
27	12,5	13	12,75	23	25
28	12,5	13	12,75	24	24
29	12	13	12,5	29	19
30	13	13	13	0	48
31	12,5	13	12,75	26	22
media	11,3871	12,1774	11,7823		
			suma	1260	228

Agosto	Tmin	Tmáx	Tmedia	estres		no estres	
				< 13°C	> 13°C	< 13°C	> 13°C
1	11,5	13	12,25	44	4		
2	11	12,5	11,75	48	0		
3	10	11,5	10,75	48	0		
4	9	10,5	9,75	48	0		
5	9,5	11	10,25	48	0		
6	10	12	11	48	0		
7	10,5	12,5	11,5	48	0		
8	11,5	13	12,25	40	8		
9	11,5	13	12,25	32	16		
10	12,5	14	13,25	7	41		
11	13	14	13,5	0	48		
12	12	13,5	12,75	14	34		
13	13	14,5	13,75	0	48		
14	13,5	14,5	14	0	48		
15	14	14,5	14,25	0	48		
16	12,5	14	13,25	1	47		
17	12	12,5	12,25	48	0		
18	11,5	12,5	12	48	0		
19	10,5	12	11,25	48	0		
20	10	12	11	48	0		
21	10	12	11	48	0		
22	10,5	12	11,25	48	0		
23	11	13	12	37	11		
24	12	14,5	13,25	18	30		
25	13	16	14,5	0	48		
26	14,5	18,5	15,5	0	48		
27	15,5	16,5	16	0	48		
28	15,5	17,5	16,5	0	48		
29	15,5	16,5	16	0	48		
30	15	16	15,5	0	48		
31	15	15	15	0	48		
media	12,1452	13,629	12,8871				
			suma	769	719		

octubre	Tmin	Tmáx	Tmedia	estres		no estres	
				< 13°C	> 13°C	< 13°C	> 13°C
1	17	20,5	18,75	0	48		
2	17,5	18,5	18	0	48		
3	14	17	15,5	0	48		
4	13,5	15,5	14,5	0	48		
5	13,5	16	14,75	0	48		
6	13,5	16	14,75	0	48		
7	15	17,5	16,25	0	48		
8	15,5	17	16,25	0	48		
9	15	17	16	0	48		
10	15,5	17,5	16,5	0	48		
11	15,5	18	16,75	0	48		
12	16,5	18,5	17,5	0	48		
13	17	18,5	17,75	0	48		
14	15,5	17,5	16,5	0	48		
15	16	18,5	17,25	0	48		
16	16,5	19,5	18	0	48		
17	17,5	19,5	18,5	0	48		
18	16,5	18	17,25	0	48		
19	16,5	17,5	17	0	48		
20	15,5	18,5	17	0	48		
21	17	19	18	0	48		
22	17	19,5	18,25	0	48		
23	17	20,5	18,75	0	48		
24	17,5	20	18,75	0	48		
25	18,5	21	19,75	0	48		
26	17,5	20	18,75	0	48		
27	16	19	17,5	0	48		
28	17	19	18	0	48		
29	16,5	18	17,25	0	48		
30	16,5	19,5	18	0	48		
31	17	21	19	0	48		
media	16,1452	18,4839	17,3145				
			suma	0	1488		

Septiembre	Tmin	Tmáx	Tmedia	estres		no estres	
				< 13°C	> 13°C	< 13°C	> 13°C
1	15	15	15	0	48		
2	15	15	15	0	48		
3	14,5	15	14,75	0	48		
4	14,5	15	14,75	0	48		
5	14,5	15,5	15	0	48		
6	14,5	15,5	15	0	48		
7	14,5	15	14,75	0	48		
8	13	14,5	13,75	0	48		
9	13	14,5	13,75	0	48		
10	13	14,5	13,75	0	48		
11	13,5	14,5	14	0	48		
12	13,5	15	14,25	0	48		
13	13,5	15	14,25	0	48		
14	13,5	16	14,75	0	48		
15	14,5	16,5	15,5	0	48		
16	15	16,5	15,75	0	48		
17	15,5	17,5	16,5	0	48		
18	16,5	17,5	17	0	48		
19	15,5	16,5	16	0	48		
20	15	17	16	0	48		
21	16,5	18	17,25	0	48		
22	17	18,5	17,75	0	48		
23	17,5	18,5	18	0	48		
24	17	18	17,5	0	48		
25	16,5	18	17,25	0	48		
26	16	16,5	16,25	0	48		
27	15	17	16	0	48		
28	15,5	17	16,25	0	48		
29	16,5	18	17,25	0	48		
30	16,5	18	17,25	0	48		
media	12,11667	13,26667	12,69167				
			suma	0	1440		

Noviembre	Tmin	Tmáx	Tmedia	estres		no estres	
				< 13°C	> 13°C	< 13°C	> 13°C
1	17,5	20	18,75	0	48		
2	17,5	19,5	18,5	0	48		
3	17,5	19	18,25	0	48		
4	17	20	18,5	0	48		
5	18	25,5	21,75	0	48		
6	19,5	20,5	20	0	48		
7	18	19,5	18,75	0	48		
8	18,5	21	19,75	0	48		
9	17,5	20,5	19	0	48		
10	18,5	20	19,25	0	48		
11	18,5	21,5	20	0	48		
12	18	20,5	19,25	0	48		
13	19	24	21,5	0	48		
14	20	22,5	21,25	0	48		
15	20	21,5	20,75	0	48		
16	18,5	20,5	19,5	0	48		
17	18,5	21,5	20	0	48		
18	19	22,5	20,75	0	48		
19	20	22	21	0	48		
20	19,5	22	20,75	0	48		
21	19,5	22	20,75	0	48		
22	19,5	22,5	21	0	48		
23	19,5	22	20,75	0	48		
24	20	22	21	0	48		
25	19	19	19	0	48		
26	18,5	22	20,25	0	48		
27	18	22	20	0	48		
28	18,5	21,5	20	0	48		
29	18,5	21,5	20	0	48		
30	19,5	23	21,25	0	48		
media	18,7	21,3833	20,0417				
			suma	0	1440		

Diciembre	Tmin	Tmáx	Tmedia	estres	
				< 13°C	> 13°C
1	18	22	20	0	48
2	18	22	20	0	48
3	19	22,5	20,75	0	48
4	18,5	22	20,25	0	48
5	18	22	20	0	48
6	18,5	23	20,75	0	48
7	19,5	22,5	21	0	48
8	19,5	22,5	21	0	48
9	19,5	22,5	21	0	48
10	20	22	21	0	48
11	20	22	21	0	48
12	19,5	22	20,75	0	48
13	19,5	22,5	21	0	48
14	20	22,5	21,25	0	48
15	19,5	21,5	20,5	0	48
16	19,5	20	19,75	0	48
17	20	20	20	0	48
18	19,5	21,5	20,5	0	48
19	20,5	21,5	21	0	48
20	20,5	22	21,25	0	48
21	19,5	20	19,75	0	48
22	19,5	20	19,75	0	48
23	20	22	21	0	48
24	19,5	21,5	20,5	0	48
25	21,5	23	22,25	0	48
26	21	22,5	21,75	0	48
27	20	21	20,5	0	48
28	19,5	21	20,25	0	48
29	19,5	21	20,25	0	48
30	19,5	21	20,25	0	48
31	19,5	21	20,25	0	48
media	19.54839	21.69355	20.62097		
			suma	0	1488

ANEXO 3 Temperaturas de suelo
medidas cada 30 min

Abril	Tmin	Tmáx	Tmedia	estres < 13°C	no estres > 13°C
7	17	19	18	0	48
8	17	17.5	17.25	0	48
9	16.5	17	16.75	0	48
10	15.5	17.5	16.5	0	48
11	16	17.5	16.75	0	48
12	16.5	17	16.75	0	48
13	15.5	16.5	16	0	48
14	16	17.5	16.75	0	48
15	16.5	17.5	17	0	48
16	17	17.5	17.25	0	48
17	16.5	17.5	17	0	48
18	16.5	17.5	17	0	48
19	16	17.5	16.75	0	48
20	16	17.5	16.75	0	48
21	16	17	16.5	0	48
22	16	17.5	16.75	0	48
23	17	17.5	17.25	0	48
24	17.5	18.5	18	0	48
25	17	18.5	17.75	0	48
26	16.5	18	17.25	0	48
27	16.5	18	17.25	0	48
28	16.5	18	17.25	0	48
29	16.5	18	17.25	0	48
30	16.5	18	17.25	0	48
media	13,15	14,1167	13,6333	0	1152
			suma		

Mayo	Tmin	Tmáx	Tmedia	estres < 13°C	no estres > 13°C
1	16	17.5	16.75	0	48
2	16.5	18	17.25	0	48
3	16	18	17	0	48
4	15.5	17	16.25	0	48
5	15.5	16.5	16	0	48
6	14.5	16.5	15.5	0	48
7	15.5	16.5	16	0	48
8	15.5	16	15.75	0	48
9	15	16	15.5	0	48
10	15.5	16	15.75	0	48
11	15.5	16	15.75	0	48
12	15.5	16	15.75	0	48
13	15	16	15.5	0	48
14	15	16	15.5	0	48
15	15	16	15.5	0	48
16	15.5	15.5	15.5	0	48
17	15.5	16	15.75	0	48
18	15.5	16	15.75	0	48
19	14.5	15.5	15	0	48
20	14	15	14.5	0	48
21	13.5	14.5	14	0	48
22	13	14.5	13.75	0	48
23	13	14	13.5	0	48
24	13	14	13.5	0	48
25	13.5	14	13.75	0	48
26	13.5	14	13.75	0	48
27	13.5	14.5	14	0	48
28	13.5	14.5	14	0	48
29	14	14.5	14.25	0	48
30	14	14.5	14.25	0	48
31	14	14.5	14.25	0	48
media	14,6774	15,5968	15,1371	0	1488
			suma		

Junio	Tmin	Tmáx	Tmedia	estres < 13°C	no estres > 13°C
1	14	14.5	14.25	0	48
2	13.5	14.5	14	0	48
3	13.5	14	13.75	0	48
4	13.5	14	13.75	0	48
5	13.5	14.5	14	0	48
6	12	13.5	12.75	25	23
7	12	13	12.5	48	18
8	12.5	13.5	13	13	35
9	13	13.5	13.25	0	48
10	13.5	14	13.75	0	48
11	14	14.5	14.25	0	48
12	13	15	14	0	48
13	13	13	13	0	48
14	13.5	14	13.75	0	48
15	14	14.5	14.25	0	48
16	13	15	14	0	48
17	13	13	13	0	48
18	13.5	14	13.75	0	48
19	13	13	13	0	48
20	13	13.5	13.25	0	48
21	13	13	13	0	48
22	12.5	13	12.75	20	28
23	12.5	13	12.75	43	5
24	12	12.5	12.25	48	0
25	11.5	13	12.25	47	1
26	11	12	11.5	48	0
27	10.5	11.5	11	48	0
28	10	11	10.5	48	0
29	9.5	10.5	10	48	0
30	9.5	10.5	10	48	0
media	12,5333	13,2833	12,9083	466	974
			suma		

Julio	Tmin	Tmáx	Tmedia	estres < 13°C	no estres > 13°C
1	10	10.5	10.25	48	0
2	9	10	9.5	48	0
3	10	10.5	10.25	48	0
4	10	11	10.5	48	0
5	10.5	11.5	11	48	0
6	11.5	12.5	12	48	0
7	12.5	13	12.75	45	3
8	12.5	13	12.75	29	19
9	12.5	13	12.75	14	34
10	12	13	12.5	37	11
11	11.5	12.5	12	48	0
12	12	12.5	12.25	48	0
13	11.5	12.5	12	48	0
14	11.5	12.5	12	48	0
15	11	12	11.5	48	0
16	10.5	11.5	11	48	0
17	10.5	11.5	11	48	0
18	11	11.5	11.25	48	0
19	11	11.5	11.25	48	0
20	11	12	11.5	48	0
21	11.5	12	11.75	48	0
22	11	12	11.5	48	0
23	11	12	11.5	48	0
24	11.5	12.5	12	48	0
25	11.5	13	12.25	40	8
26	12	13	12.5	33	15
27	12.5	13	12.75	23	25
28	12.5	13	12.75	24	24
29	12	13	12.5	29	19
30	13	13	13	0	48
31	12.5	13	12.75	26	22
media	11,3871	12,1774	11,7823	1260	228
			suma		

Agosto	Tmin	Tmáx	Tmedia	estres	
				< 13°C	> 13°C
1	11,5	13	12,25	44	4
2	11	12,5	11,75	48	0
3	10	11,5	10,75	48	0
4	9	10,5	9,75	48	0
5	9,5	11	10,25	48	0
6	10	12	11	48	0
7	10,5	12,5	11,5	48	0
8	11,5	13	12,25	40	8
9	11,5	13	12,25	32	16
10	12,5	14	13,25	7	41
11	13	14	13,5	0	48
12	12	13,5	12,75	14	34
13	13	14,5	13,75	0	48
14	13,5	14,5	14	0	48
15	14	14,5	14,25	0	48
16	12,5	14	13,25	1	47
17	12	12,5	12,25	48	0
18	11,5	12,5	12	48	0
19	10,5	12	11,25	48	0
20	10	12	11	48	0
21	10	12	11	48	0
22	10,5	12	11,25	48	0
23	11	13	12	37	11
24	12	14,5	13,25	18	30
25	13	16	14,5	0	48
26	14,5	16,5	15,5	0	48
27	15,5	16,5	16	0	48
28	15,5	17,5	16,5	0	48
29	15,5	16,5	16	0	48
30	15	16	15,5	0	48
31	15	15	15	0	48
media	12,1452	13,629	12,8871	789	719
			suma		

octubre	Tmin	Tmáx	Tmedia	estres	
				< 13°C	> 13°C
1	17	20,5	18,75	0	48
2	17,5	18,5	18	0	48
3	14	17	15,5	0	48
4	13,5	15,5	14,5	0	48
5	13,5	16	14,75	0	48
6	13,5	16	14,75	0	48
7	15	17,5	16,25	0	48
8	15,5	17	16,25	0	48
9	15	17	16	0	48
10	15,5	17,5	16,5	0	48
11	15,5	18	16,75	0	48
12	16,5	18,5	17,5	0	48
13	17	18,5	17,75	0	48
14	15,5	17,5	16,5	0	48
15	16	18,5	17,25	0	48
16	16,5	19,5	18	0	48
17	17,5	19,5	18,5	0	48
18	16,5	18	17,25	0	48
19	16,5	17,5	17	0	48
20	15,5	18,5	17	0	48
21	17	19	18	0	48
22	17	19,5	18,25	0	48
23	17	20,5	18,75	0	48
24	17,5	20	18,75	0	48
25	16,5	21	19,75	0	48
26	17,5	20	18,75	0	48
27	16	19	17,5	0	48
28	17	19	18	0	48
29	16,5	18	17,25	0	48
30	16,5	19,5	18	0	48
31	17	21	19	0	48
media	16,1452	16,4839	17,3145	0	1488
			suma		

Septiembre	Tmin	Tmáx	Tmedia	estres	
				< 13°C	> 13°C
1	15	15	15	0	48
2	15	15	15	0	48
3	14,5	15	14,75	0	48
4	14,5	15	14,75	0	48
5	14,5	15,5	15	0	48
6	14,5	15,5	15	0	48
7	14,5	15	14,75	0	48
8	13	14,5	13,75	0	48
9	13	14,5	13,75	0	48
10	13	14,5	13,75	0	48
11	13,5	14,5	14	0	48
12	13,5	15	14,25	0	48
13	13,5	15	14,25	0	48
14	13,5	16	14,75	0	48
15	14,5	16,5	15,5	0	48
16	15	16,5	15,75	0	48
17	15,5	17,5	16,5	0	48
18	16,5	17,5	17	0	48
19	15,5	16,5	16	0	48
20	15	17	16	0	48
21	16,5	18	17,25	0	48
22	17	19,5	17,75	0	48
23	17,5	18,5	18	0	48
24	17	18	17,5	0	48
25	16,5	18	17,25	0	48
26	18	16,5	16,25	0	48
27	15	17	16	0	48
28	15,5	17	16,25	0	48
29	16,5	18	17,25	0	48
30	16,5	18	17,25	0	48
media	12,11687	13,26887	12,89187	0	1440
			suma		

Noviembre	Tmin	Tmáx	Tmedia	estres	
				< 13°C	> 13°C
1	17,5	20	18,75	0	48
2	17,5	19,5	18,5	0	48
3	17,5	19	18,25	0	48
4	17	20	18,5	0	48
5	18	25,5	21,75	0	48
6	19,5	20,5	20	0	48
7	18	19,5	18,75	0	48
8	18,5	21	19,75	0	48
9	17,5	20,5	19	0	48
10	16,5	20	19,25	0	48
11	16,5	21,5	20	0	48
12	18	20,5	19,25	0	48
13	19	24	21,5	0	48
14	20	22,5	21,25	0	48
15	20	21,5	20,75	0	48
16	18,5	20,5	19,5	0	48
17	18,5	21,5	20	0	48
18	19	22,5	20,75	0	48
19	20	22	21	0	48
20	19,5	22	20,75	0	48
21	19,5	22	20,75	0	48
22	19,5	22,5	21	0	48
23	19,5	22	20,75	0	48
24	20	22	21	0	48
25	19	19	19	0	48
26	18,5	22	20,25	0	48
27	18	22	20	0	48
28	16,5	21,5	20	0	48
29	16,5	21,5	20	0	48
30	19,5	23	21,25	0	48
media	18,7	21,3833	20,0417	0	1440
			suma		

Diciembre	Tmin	Tmáx	T1/2 día	h día	ETb	>35	<10	<13	<15	>35 - 10 <	>35 - 13 <	>35 - 15 <
1	8	32.5	20.25	7.75	6.5	0	18	38	42	78	58	54
2	7	29.5	18.25	5.75	6.2	0	26	36	42	70	60	54
3	8	33.5	20.75	8.25	6.8	0	16	34	40	80	62	56
4	7.5	31.5	19.5	7	7.3	0	22	36	42	74	60	54
5	7.5	31.5	19.5	7	7.3	0	20	30	40	76	66	56
6	9.5	34	21.75	9.25	6.9	0	6	28	32	90	68	64
7	10.5	31.5	21	8.5	7.8	0	0	20	32	96	76	64
8	11	27	19	6.5	6.4	0	0	22	34	96	74	62
9	14	26.5	20.25	7.75	4.8	0	0	0	16	96	96	80
10	16	29.5	22.75	10.25	3.9	0	0	0	0	96	96	96
11	13.5	25	19.25	6.75	4.5	0	0	0	6	96	96	90
12	11.5	26	18.75	6.25	3.8	0	0	6	12	96	90	84
13	9	33.5	21.25	8.75	3	0	14	30	32	82	66	64
14	11	32	21.5	9	6.2	0	0	18	28	96	78	68
15	13.8	22	17.9	5.4	6.9	0	0	0	32	96	96	64
16	15	18.4	16.7	4.2	6	0	0	0	0	96	96	96
17	16.2	22	19.1	6.6	4.8	0	0	0	0	96	96	96
18	16	22.6	19.3	6.8	4.2	0	0	0	0	96	96	96
19	12.5	27.5	20	7.5	4.8	0	0	2	16	96	94	80
20	9	28	18.5	6	5.2	0	16	68	78	80	28	18
21	11	23	17	4.5	5.8	0	0	18	56	96	78	40
22	9	33	21	8.5	4.7	0	22	46	70	74	50	26
23	10.5	31	20.75	8.25	7.4	0	0	46	66	96	50	30
24	9.5	34.5	22	9.5	7.6	0	6	56	66	90	40	30
25	11	27.5	19.25	6.75	6.8	0	0	44	62	96	52	34
26	13	31	22	9.5	5.9	0	0	10	96	96	96	86
27	9.5	31	20.25	7.75	6.8	0	4	66	82	92	30	14
28	8	31	19.5	7	5.1	0	12	68	78	64	28	18
29	8	31	19.5	7	6.2	0	44	68	74	52	28	22
30	11.5	27	19.25	6.75	7.8	0	0	34	58	96	62	38
31	12.5	30	21.25	8.75	3.4	0	0	2	4	96	94	92
suma				229.5	180.8	0	246	816	1150	2730	2160	1826
media	10.9677419	28.8387097	19.9032258	7.40322581	5.83225806							