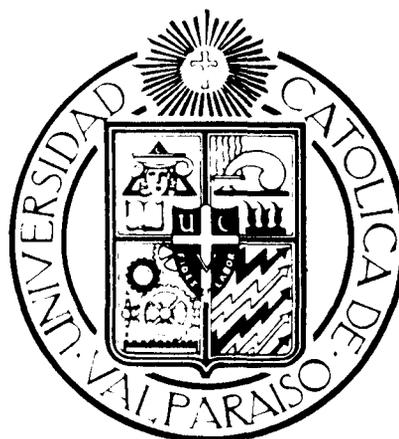


**UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**

AREA DE HORTICULTURA



**APROXIMACION AL CICLO FENOLOGICO DEL PALTO**  
*(Persea americana Mill.)*, CULTIVAR FUERTE,  
QUILLOTA, V REGION, CHILE. 1990 - 1991

**ALEJANDRO RODRIGO PALMA PEREZ**

**QUILLOTA CHILE**  
**1991**

## INDICE DE MATERIAS

	Pag
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1. Introducción	3
2.2. Distribución y mercado internacional	4
2.3. Exportaciones chilenas	4
2.4. Mercado interno	6
2.5. Fisiología del árbol	7
2.5.1. Sistema radicular	8
2.5.2. Sistema vegetativo	11
2.5.3. Sistema reproductivo	13
2.6. Ciclo fenológico	23
2.7. Requerimientos hídricos	28
2.8. Fertilización	29
2.9. Control de enfermedades	30
3. MATERIAL Y METODO	33
3.1. Ubicación	33
3.2. Definición del área de proyecto	33
3.2.1. Clima	33
3.2.2. Suelo	35
3.2.3. Agua	36
3.3. Material vegetal	37
3.4. Eventos abióticos	37
3.5. Desarrollo vegetativo	38
3.6. Desarrollo reproductivo	39
3.7. Desarrollo radicular	40
3.8. Variables del ensayo	41
3.8.1. Crecimiento vegetativo	41
3.8.2. Crecimiento radicular	41
3.8.3. Comportamiento floral	41
3.8.4. Crecimiento del Fruto	42
3.8.5. Variables abióticas	42

3.9. Análisis estadístico	42
3.9.1. Aproximación al ciclo fenológico	42
3.9.2. Factores asociados que afectan el patrón fenológico	44
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	46
4.1. Aproximación al ciclo fenológico	46
4.1.1. Desarrollo vegetativo	46
4.1.2. Desarrollo radicular	59
4.1.2.1. Caracterización de raíces en profundidad	60
4.1.2.2. Fenología del Rizotrófon	62
4.1.2.3. Caracterización de raíces superficiales	71
4.1.2.4. Fenología del crecimiento superficial de raíces	72
4.1.3. Desarrollo reproductivo floral	78
4.1.3.1. Comportamiento sexual	78
4.1.3.2. Aproximación Fenológica floral	87
4.1.4. Desarrollo de frutos	89
4.1.4.1. Fenología de frutos	91
4.2. Efectos del modelo fenológico	103
4.2.1. Requerimientos hídricos	103
4.2.2. Requerimientos nutricionales	108
4.2.3. Control de Phitophthora	111
5. CONCLUSIONES	113
6. RESUMEN	117
7. LITERATURA CITADA	120
8. (ANEXOS)	

## INDICE DE CUADROS

CUADRO 1.	Correlación entre crecimiento vegetativo y temperaturas máximas y mínimas promedio	52
CUADRO 2.	Correlación entre crecimiento vegetativo y condición ambiental en grados día.	52
CUADRO 3.	Correlación raíces superficiales y rizotrófn con temperatura de suelo a distinta profundidad.	67
CUADRO 4.	Correlación entre número de flores abiertas y temperatura máxima y mínima.	80

## INDICE DE FIGURAS

		Pag
FIGURA 1.	Ciclo de crecimiento vegetativo del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile.1990-1991.	48
FIGURA 2.	Temperatura máxima y mínima promedio mensual del ciclo fenológico del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile. 1990-1991.	54
FIGURA 3.	Ciclo de crecimiento de raíces en profundidad del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile.1990-1991.	64
FIGURA 4.	Ciclo de crecimiento vegetativo y radicular en profundidad del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile. 1990-1991.	65
FIGURA 5.	Temperatura superficial de suelo. Ensayo ciclo fenológico del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile. 1990-1991.	69
FIGURA 6.	Temperatura de suelo en profundidad del ensayo del ciclo fenológico del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile.1990-1991.	70
FIGURA 7.	Ciclo de crecimiento de raíces superficiales del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile. 1990-1991.	73
FIGURA 8.	Ciclo de crecimiento vegetativo y radicular (superficial) del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región Chile, 1990-1991.	75
FIGURA 9.	Número de flores masculinas y femeninas abiertas en la tarde del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile. 1990-1991	83

FIGURA 10.	Temperaturas máximas y mínimas durante el período de evaluación floral, para palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), Quillota, V región, Chile. 1990-1991.	84
FIGURA 11.	Número de flores masculinas y femeninas abiertas en la mañana del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile. 1990-1991.	86
FIGURA 12.	Total de flores abiertas del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), cultivar Fuerte en la provincia de Quillota, V región Chile. 1990-1991.	88
FIGURA 13.	Ciclo de desarrollo floral, vegetativo y radicular del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile. 1990-1991.	90
FIGURA 14.	Curva de crecimiento polar de frutos del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.) cultivar Fuerte, Quillota, Chile. 1990-1991.	92
FIGURA 15.	Ciclo de crecimiento ecuatorial de frutos del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región. Chile. 1990-1991.	93
FIGURA 16.	Caída de frutos de ramillas individuales del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, Chile. 1990-1991	96
FIGURA 17.	Caída (general) de frutos en contenedores del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, Chile. 1990-1991	97
FIGURA 18.	Aproximación al ciclo fenológico del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile. 1990-1991.	102
FIGURA 19.	Gasto mensual hídrico del palto ( <u>Persea americana</u> Mill.), cultivar Fuerte, V región Chile. 1990-1991.	104

## 1. INTRODUCCION

A nivel mundial, el palto (Persea americana Mill.) representa a una de las especies con mayor auge y perspectivas dentro de los cultivos frutales, dado principalmente por aspectos demográficos mundiales, que claman cada día más por productos con un alto nivel nutritivo, apareciendo la palta, como una excelente alternativa en lo que a alimentación respecta.

El cultivar Fuerte, pese a que en estos últimos años ha perdido el privilegio de ser el más plantado en Chile, aún comparte lugares de importancia en los huertos de nuestro país. Su comportamiento productivo ha sido heterogeneo, presentando una marcada tendencia a las producciones bianuales, que han obligado a los investigadores a buscar nuevas alternativas de manejo que hagan rentable su producción.

La base productiva del palto radica principalmente en el acabado conocimiento de la fisiología y morfología en función de las condiciones meso y microclimáticas reinantes, estableciendose así, los cimientos para el desarrollo de estrategias de manejo que llevarán al éxito productivo.

La aproximación a la investigación de patrones de desarrollo, da una línea u orientación a la investigación y una base para el manejo de factores fisiológicos que contribuyen a la productividad.

El ciclo fenológico describe bien el patrón de desarrollo morfológico visual, el que integrado a los procesos netamente fisiológicos, conforman la principal herramienta de manejo. Por otra parte la fenología exhibe los patrones cíclicos de crecimiento que se dan en los árboles anualmente, permitiendo también reconocer interacciones competitivas entre los variados componentes del mismo.

El objetivo de esta investigación es obtener una aproximación al ciclo fenológico del palto cultivar Fuerte, bajo las condiciones de la Estación Experimental La Palma, Quillota, V región, Chile, con el fin de estimular y desarrollar variadas líneas de investigación, a través de nuevos conceptos en el manejo de huertos.

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1. Introducción:

El palto, Persea americana Mill. pertenece a la familia de las Lauráceas, suborden Magnolíneas, Orden Ranales, clase dicotiledonea (ENGLER'S, 1964).

El palto es originario de la altiplanicie volcánica del centro-sur de México. En su ambiente ancestral gozaba de suelos volcánicos muy friables y recientes, por lo tanto ricos en potasio y elementos menores como el hierro. Durante su evolución, el clima parece haber sido muy abrigado y más húmedo que el actual. Por eso, la mayoría de las formas rústicas e incluso paltos mexicanos, son susceptibles a temperaturas bajo los cero grados celcius que duren varias horas. Así mismo, sufren decaimientos con temperaturas superiores a 40°C y humedad relativa bajo el 30 por ciento (MALO, 1986).

El desarrollo evolutivo del palto como un árbol tropical ha predispuesto a la especie hacia una tendencia vegetativa. Este rasgo se ha mantenido en los diferentes cultivares durante la domesticación comparativamente reciente como un árbol de huerto (WOLSTENHOLME, 1987).

## 2.2. Distribución y mercado internacional:

El 83.2 % de la producción mundial de paltas está concentrada entre Norte y Sur América, dado su origen. Así mismo, los países en desarrollo son responsables del 81.4 % de la producción mundial (ESPINOZA, 1991).

Según FAO los principales productores de paltas a nivel mundial son México y Estados Unidos, con el 20,5 % y 19,5 % de participación total, respectivamente. Sudamérica participa con el 20% del total, destacándose la producción de Brasil (8,4%). Chile participa tan sólo con el 1,8 % del total. En Europa, la totalidad de la producción proviene de España (1,8 %). En Asia (9,7 %), los mayores productores de palta son Israel e Indonesia y en Africa (9,7 %) lo son Sudáfrica, Camerún y Zaire (ESPINOZA, 1991).

## 2.3. Exportaciones chilenas:

Los mayores importadores son Europa (Francia, Inglaterra y Alemania), los que se abastecen normalmente de Israel. Estados Unidos junto con ser un gran productor, constituye otro gran mercado (ESPINOZA, 1991).

Las exportaciones de Chile presentan gran variabilidad tanto en los volúmenes comercializados como en los precios obtenidos, lo que se debe a cambios en los precios internacionales y a variaciones en la producción nacional.

Los precios internacionales se han mantenido en altos niveles en las últimas temporadas como resultado de malas cosechas en los principales países productores del hemisferio norte, provocando un aumento sustancial en las exportaciones nacionales, y a su vez una menor oferta interna en la que influyeron también algunas heladas registradas en el período. Esto provocó alzas en el precio interno que ocasionó, en definitiva, una merma en los volúmenes importados. El único competidor relevante a futuro para Chile puede ser México, cuya época de cosecha de la variedad Hass coincide con la producida en Chile y por su cercanía al mercado norteamericano.

Hasta ahora esta ventaja ha sido anulada por la alta demanda interna existente en ese país, la baja calidad del producto y prohibiciones a las exportaciones mexicanas de paltas por razones de índole fitosanitario. A futuro, el mercado internacional se muestra altamente inestable, debido a que en ello inciden las condiciones de producción de las regiones productoras tradicionales

como California e Israel, y la eventual apertura del mercado de Estados Unidos para las exportaciones mexicanas.

La variedad Hass representa el 80 % del volumen de exportaciones, le sigue la variedad Fuerte con el 16 %. Estas exportaciones se realizan entre septiembre y diciembre.

Por otra parte, Chile concentra sus exportaciones al mercado de Estados Unidos (80 % del total) seguido de España (14,7 %) y Argentina (1,3 %).

En la temporada 1990/91 las exportaciones chilenas alcanzaron un record de 824 mil cajas con un 173,6 % de aumento respecto de la temporada anterior.

El principal problema para la exportación de paltas continúa siendo el transporte, debido a que esta especie requiere contenedores a diferente temperatura que otras frutas, y en una época de bajo flujo de barcos. A Europa se requiere principalmente flete aéreo, lo cual conlleva fuertes alzas en los costos (ESPINOZA, 1991).

#### 2.4. Mercado interno:

La superficie plantada en el país alcanza a 8.118 ha en la actualidad. La V región concentra el 52 % del total

seguido por la Región Metropolitana. La mayor parte de los huertos están siendo plantados con la variedad Hass. La variedad Fuerte, fue la más plantada y con mayor superficie en el país. En estos momentos no existe mayor interés por ella, debido a las bajas productividades obtenidas.

En los últimos años se ha mantenido el aumento de la producción y la superficie plantada de paltos, especialmente en lo que se refiere a la variedad Hass. El mercado interno continúa siendo el principal destino de la producción nacional, sobrepasando el 85 % del total. El fuerte aumento en las exportaciones ha ocasionado una menor disponibilidad de paltas en el mercado interno, con la consiguiente alza en los precios mayoristas (ESPINOZA, 1991).

#### 2.5. Fisiología del árbol:

El cultivar Fuerte fué introducido a California en 1911 por Carl Schmidt, quien seleccionó material de un jardín de West Indian en Atlixco, México. Tiene características intermedias entre los de raza mexicanas y guatemalteca, por lo que se le considera un híbrido natural entre estas dos razas. El árbol es muy vigoroso y tiene tendencia a

formar ramas horizontales pegadas al suelo, por lo que su copa se extiende principalmente hacia los lados. Su resistencia al frío es  $-2.7^{\circ}\text{C}$ . Los frutos se cosechan desde agosto a octubre, nueve a trece meses después de floración. El comportamiento de esta variedad en Chile ha sido errático. Incluso en las zonas donde produce bien, como Quillota y La Ligua, tienen a veces una marcada tendencia al añerismo, el cual es irregular dentro del huerto (GARDIAZABAL Y ROSENBERG, 1991).

#### 2.5.1. Sistema radicular:

POSSINGHAM y KRIEDEMANN (1986) esbozaron las consecuencias ecofisiológicas originadas por la selva tropical que WOLSTENHOLME (1987) resumió en relación a los paltos. Estas incluyen un sistema de raíces superficial, extensamente suberizado, relativamente ineficiente, con una baja conductividad hidráulica y baja frecuencia de pelos radicales. Esto puede producir una variación diurna excesiva en el contenido de agua del árbol (ESTERN, KAUFMAN y ZENTMYER, 1977).

El sistema radicular de palto está en un estrecho balance con el crecimiento vegetativo del árbol. El mayor volumen de raíces está distribuido en los 450 mm de la parte superior del suelo, donde las raíces son vulnerables a los rápidos cambios del medio ambiente. Las raíces no suberizadas son susceptibles a la infección de Phytophthora cinnamomi, lo cual rápidamente influye en la dinámica de crecimiento del árbol (WHILEY et al , 1987a). SALAZAR y CORTES (1986), estudiaron la distribución de raíces de árboles frutales en condiciones de campo, encontrando que el sistema radicular de árboles de palto adultos cultivar Fuerte establecidos en un suelo arenoso, está mejor distribuido ya sea horizontal o verticalmente comparado con los que están en suelo arcilloso. En ambos suelos la mayoría de las raíces finas están localizadas entre los 0 y 60 cm de profundidad.

Los factores genéticos, tanto del portainjerto como del injerto parecen estar envueltos en la distribución de las raíces del palto y algunos componentes del tamaño radicular (BORYS, BARRERA y LUNA, 1985).

Un amplio rango de tamaño de raíces de patrones de 8 meses de edad fueron reportados por BARRERA, BORYS y MARTINEZ, (1981), entre los que se encontraban palto francos de raza mejicana. Estos resultados, junto a los

de BORYS, BARRERA y LUNA, (1985), justifican la opinión de JONES, EMBLETON y CREE (1957), en la posible relación entre la variación en la productividad entre el árbol de palto y las características del patrón. Los resultados de BORYS, BARRERA y LUNA, (1985) sugieren que, en parte, esta variación puede resultar de la heterogeneidad del tamaño de las raíces así como, de los componentes morfológicos de las raíces (largo de raíces principales y secundarias, diámetro y número). La profundidad de enraizamiento y el número de raíces son algunos de los componentes que determinan la productividad en otros frutales (BEN-YA'ACOV, 1973).

Los portainjertos West Indian son recomendados (sin evidencia experimental) por SOLARES (1976) para suelos muy profundos, las razas guatemaltecas para suelos intermedios y los mexicanos para suelos poco profundos. La respuesta de los portainjertos a temperaturas de suelo frías puede afectar el potencial productivo. Reducciones en el crecimiento de brotes y raíces, así como en la materia seca total, fue observada cuando el sistema radicular de patrones Duke 7 y Velvick fueron mantenidos a 13 °C, en comparación a sistemas radiculares a 18, 23 y 28 °C. (WHILEY et al. 1987b).

WHILEY et. al (1987b) confirmaron que en condiciones de campo el crecimiento de raíces en árboles de palto es reducido durante el invierno, cuando la temperatura de la zona de raíces cae bajo los 18 °C. Esto también involucra el desarrollo de estrategias para el control de Phytophthora cinnamomi, con aplicaciones de fungicidas para proteger la mayor producción de raíces durante el verano, cuando las temperaturas de suelo es de 20 °C.

#### 2.5.2. Sistema vegetativo:

El árbol de palto es de tamaño medio, de hojas alternas persistentes, coriáceas, de color verde, con forma elíptica o elíptico-lanceoladas, glabras de diez a cuarenta centímetros de largo y glancescentes en la cara inferior.

Las hojas tienen una gran densidad de estomas (40.000-73.000 por cm<sup>2</sup>) (WHILEY, CHAPMAN y SARANAH, 1988) aunque una limitada red vascular (SCHOLEFIELD et al , 1980). El crecimiento de brotes esporádicos se produce en una canopia compuesta de hojas de edades y eficiencia variable (WHILEY, 1990). Las hojas pueden almacenar grandes cantidades de carbohidratos y minerales que se

reciclan durante los períodos de demanda (WHILEY, 1990)\* . De manera similar los componentes estructurales del árbol tienen la capacidad de almacenar el exceso de carbohidratos en forma de almidón.

Las producciones alternadas en palto parecen estar estrechamente relacionados con los niveles de carbohidratos en el árbol. Altas productividades seguidas de una acumulación de carbohidratos durante el invierno resulta en bajos niveles de carbohidratos durante el año siguiente. Los máximos niveles de carbohidratos ocurren a principios de primavera, declinando durante la floración, crecimiento de brotes y desarrollo de frutos, para llegar a un mínimo en otoño. La acumulación comienza aproximadamente en el momento en que cesa la actividad vegetativa y continúa durante el invierno hasta que los niveles máximos sean alcanzados en primavera (SCHOLEFIELD, WALCOTT y KRIEDEMANN, 1985).

SCHOLEFIELD, WALCOTT y KRIEDEMANN (1985) encontraron que los niveles de carbohidratos aumentaron al mismo tiempo

(\* ) WHILEY, A.W. 1990. Senior horticulturist, 1990. Maroochy Horticultural Research Station, Nambour. Queensland, Australia. Comunicación personal.

que los azúcares. Además, a través del año, los azúcares variaron menos que los carbohidratos, indicando que los azúcares no son el mayor almacenador de carbohidratos, pero, constituye un pool para el uso inmediato por el árbol.

SCHOLEFIELD, WALCOTT y KRIEDEMANN (1985) determinaron que la iniciación floral ocurrió al momento de mínimo contenido de carbohidratos de las ramas principales. Por lo tanto parece improbable que el nivel de carbohidratos sea el responsable de la iniciación floral. Los bajos niveles de carbohidratos pueden provocar un cese de la actividad vegetativa y este factor estaría más relacionado con la iniciación floral.

### 2.5.3 Sistema reproductivo:

La flor del género *Persea* es actinomorfa, hermafrodita. El cáliz está compuesto de seis sépalos tomentosos, unidos en la base. Posee nueve estambres fértiles, los externos con anteras introrsas, están desprovistos de glándulas; los internos de anteras extrorsas glandulosas. Posee además tres estaminodios adyacentes al gineceo. El

óvario es sésil, con estilo alargado y estigma capitado. La fórmula floral del palto corresponde a  $P_{3+3} A_{6+3} \underline{G}_1$ . Las flores se agrupan en panículas. Las panículas corresponden a una inflorescencia de tipo compuesta, es decir, que alguno o la mayoría de los pedúnculos se ramifican, formando un racimo de racimos (PARODI, 1959).

Según SCHROEDER (1944), la inflorescencia del palto es comunmente indeterminada, lo cual implica que los crecimientos florales laterales están precedidos por una yema vegetativa en la punta del eje del crecimiento. El crecimiento de una yema vegetativa terminal del brote floral lateral eventualmente origina crecimientos florales laterales. Señala además que existen inflorescencias determinadas. En éstas los nuevos crecimientos vegetativos ocurren sólo por el desarrollo de una yema lateral, ya que la yema apical del eje central corresponde a una yema floral simple. La inflorescencia determinada es similar a la indeterminada, es decir, está compuesta de un eje central con crecimientos laterales florales.

Donde las condiciones climáticas no son favorables para la cuaja y todas las flores de una inflorescencia han caído, ahí frecuentemente se desarrollan nuevas flores.

Esta segunda serie de yemas florales, aparentemente, se inicia y desarrolla dentro de un período de unas pocas semanas antes de la floración. El intervalo relativamente corto entre la inducción y plena flor parece ser característica de las plantas de hoja persistente subtropicales, las cuales están en activo crecimiento durante gran parte del año (SCHROEDER, 1951).

El período de floración es diferente para los distintos cultivares. Algunos cultivares se mantienen en floración por siete a ocho meses, mientras que otros uno o dos, pero para la mayoría de los cultivares la duración es de tres meses (MINAS, 1976).

Todos los cultivares de palto presentan flores hermafroditas, no existiendo mayores diferencias en la estructura y apariencia de ellas. Existen dos períodos separados de apertura en cada flor individual. El primero y segundo período de apertura ocurre en diferentes días, las flores abren para su primer período y entonces se cierran, y reabren al día siguiente para el segundo período, después del cual se cierran para no volver a abrir (MINAS, 1976).

Durante el primer período de apertura, las flores tienen los estambres dispuestos en forma paralela al perianto y el pistilo en forma erecta y separada de las demás estructuras. En esta etapa el estigma se observa blanco y brillante, presto a recibir polen. Durante el segundo período de apertura, los estambres se encuentran erectos y prominentes. Los tres estambres interiores permanecen paralelos al pistilo y los seis externos en un ángulo aproximado de 40 - 50 grados. En este período los estambres liberan el polen, pero el estigma por lo general, ya no se encuentra receptivo (MINAS, 1976).

En el primer período de apertura, el estigma se presenta siempre receptivo. Sin embargo, en el segundo período también es posible apreciar algunas flores cuyos estigmas se encuentran blancos y frescos. El estambre madura y libera su polen durante el segundo período de apertura de flores. Durante el primer período no existe liberación de polen. Dado que solo el pistilo está maduro durante el primer período y que los estambres maduran y liberan el polen en el segundo período, la flor del palto exhibe dicogamia de tipo protogínea (MINAS, 1976).

Según STOUT (1932), las flores de palto abren y cierran en su primer y segundo período en sets y pueden ser

clasificados en dos grupos según el hábito de floración. En el grupo de los cultivares tipo "A", las flores de un set, abren femeninas en la mañana y cierran al medio día, se mantienen cerradas hasta la tarde del día siguiente cuando abren como masculinas. Con la sucesión de aperturas el comportamiento completo es de femenina en la mañana y de masculina en la tarde. En el grupo de los cultivares tipo "B" las flores de un set, abren primero femeninas en la tarde y masculinas la mañana del día siguiente, o si el clima es frío en la mañana del día subsiguiente. Con este ciclo las funciones completas del árbol se agrupan como masculinas en la mañana y femeninas en la tarde. Así, cada árbol individual tiene una sucesión de sets de flores que dan una continua floración por muchas semanas y meses, donde dos sets diferentes de flores abren y cierran en cada árbol en cada día.

BRINGHURST (1952) relacionó el comportamiento floral del cultivar Hass respecto de la temperatura. Bajo condiciones cálidas encontró que el primer estado floral (femenino) aparece al mediodía y que bajo condiciones relativamente frías aparece hacia el atardecer, cuando la actividad de los polinizadores es menor, lo que genera un traslape de flores de distinto sexo en el árbol. Además

encontró que en días muy fríos, el primer estado floral no ocurre en muchas de las flores. Variaciones del período de traslape en relación con la temperatura también fueron encontradas en el cultivar Fuerte (BRINGHURST, 1952).

Estos antecedentes estarían indicando que el ciclo natural de doble apertura no es absoluto.

SEDGLEY (1977), SEDGLEY y GRANT (1983) definen la temperatura diurna ideal para la floración, polinización y cuaja en cultivares tipo "B" (Fuerte), como 25°C durante el día y 20°C en la noche. Bajo estas condiciones hay un traslape de los estados femeninos y masculinos, alcanzando los granos de polen los estigmas receptivos. Más recientemente WHILEY y WINSTON (1987) determinaron que la autopolinización en Fuerte puede ocurrir cuando las temperaturas son de 25°C en el día y hasta 10°C en la noche.

SEDGLEY y GRANT (1983) demostraron que la dicogamia en los cultivares "A" (Hass), son menos sensibles con temperaturas que varían entre 33-28°C día a 17-12°C noche. Sin embargo, se observó que el polen disponible en la etapa femenina era restringida, y que éste aumentaba

cuando las temperaturas varían día a día (un día temperaturas de 20°C día / 10°C noche, seguidos de otro con 30°C / 15°C).

WHILEY et al, (1988) han demostrado que el ciclo floral es sensible a la temperatura, siendo los cultivares del tipo B, más sensibles que los del tipo A. Cuando la temperatura máxima del día cae a 20°C y la mínima de la noche bajo 15°C, entonces los ciclos florales de las cultivares B se interrumpen y muchas flores pueden solo abrir como masculinas funcionales. Esto trae consecuencias desastrosas en la cuaja y en localidades con baja temperatura durante la floración, los cultivares de este tipo nunca podrán alcanzar su potencial productivo. Las temperaturas óptimas para los cultivares tipo B durante la floración son de 25°C máxima en el día y mayores a 10°C como mínimo en la noche. El proceso de fertilización de la flor, en los cultivares Fuerte y Hass es similar al descrito en las demás especies vegetales. En Hass se ha observado la penetración de un óvulo simple por más de un tubo polínico (SEDSLEY, 1979).

La penetración del óvulo por dos tubos polínicos es frecuente en los cultivares Jalna Y Hass, pero no en Reed

o Fuerte. Ocasionalmente, tres tubos polínicos pueden penetrar un óvulo simple en el cultivar Edranol. (SEDGLEY, 1979). Es posible en algunos casos, que las múltiples penetraciones del óvulo sean el resultado de una ramificación de un tubo polínico simple.

Luego de la primera semana de terminada la floración, el 90 % de los frutitos que caen no han sido fertilizados, y de ellos el 18 % es anormal. Cuatro semanas después de finalizada la floración todos los frutitos caídos fueron fertilizados y ninguno resulta anormal (las anomalías incluyen ovarios con más de un saco embrionario u óvulo, saco embrionario inmaduro, óvulo en posición anormal y deficiencia en la estructura del óvulo) (SEDGLEY, 1980).

Se ha visto que el cultivar Hass es más productivo que Fuerte (BERGH y WHILTSELL, 1974). Esto se debe en parte a que la penetración del saco embrionario por parte del tubo polínico, es más eficiente en Hass que en Fuerte (SEDGLEY, 1979).

La explicación de lo anterior está dado por la mayor tolerancia, en el ciclo de producción de Hass, a un más amplio rango de temperaturas. Es posible que exista una

diferencia fisiológica de temperatura versus respuesta, entre los cultivares tipo A y tipo B (SEDGLEY, 1980). Mientras la interacción cultivar/ambiente tiene un efecto dominante en el éxito de la floración del huerto, también el manejo puede tener un impacto en esta relación. El stress en los palto puede tener un efecto significativo en la floración. Este puede estar relacionado con el agua, los nutrientes, la carga o la pudrición de la raíz por Phytophthora cinnamomi que tiene un efecto complejo en la fisiología del árbol (WHILEY et al, 1986 ; WHILEY et al, 1987a). El stress por agua, nutrientes y Phytophthora cinnamomi hacen avanzar la floración en más o menos 6 - 8 semanas. Esto puede reducir sustancialmente las oportunidades de formación de frutos, debido a temperaturas desfavorables para el mecanismo de dicogamia. El stress asociado con grandes cargas generalmente retarda y reduce la intensidad de la floración, en especial si se deja el fruto en el árbol después de alcanzar los estándares mínimos de maduración (WHILEY, 1990).

SCHOLEFIELD et al, (1980) y WHILEY et al, (1986) describen cambios diurnos en el potencial hídrico de las hojas de palto. Ellos muestran que un déficit

significativo de agua ocurre en las hojas durante el día, aunque el agua del suelo no sea limitante.

Los paltos tienen un ineficiente sistema de transporte de agua, con un potencial de agua en las hojas que cae marcadamente a medida que la tasa de transpiración aumenta (CAMACHO, HALL y FAUFFMANN, 1974).

Entre los factores que contribuyen a aumentar las tasas de pérdida de agua desde los tejidos se incluyen diferencias en la composición cuticular, estructuras anatómicas y actividad estomática (WHILEY, CHAPMAN y SARANAH, (1988). Estos mismos autores estudiaron mediante microscopía electrónica de barrido hojas maduras y estructuras florales de palto. Confirmaron la presencia de estomas en el envés de la hoja, sépalos y pétalos y no en el haz de estas estructuras. Tampoco encontraron depósitos de cera epidermal en pétalos y sépalos, por el contrario estos son altamente pubescentes. Si bien estos órganos muestran algunas barreras anatómicas que limitan la pérdida de agua, no obstante, las flores tienen al parecer déficit de agua durante períodos de moderada demanda transpiratoria (WHILEY, CHAPMAN y SARANAH, 1988). El crecimiento floral en palto es el mayor evento fenológico (WHILEY, CHAPMAN y SARANAH, 1988), las flores contribuyen aproximadamente con el 8% de materia seca

anual (CAMERON, 1952) , y tienen el potencial de aumentar sustancialmente la demanda de agua durante el período crítico de cuaja (WHILEY, CHAPMAN y SARANAH, 1988).

#### 2.6. Ciclo fenológico:

Según DE FINA y RAVELO (1985), la fenología es la rama de la ecología que estudia los fenómenos periódicos de los seres vivos y sus relaciones con las condiciones ambientales tales como la temperatura, luz y humedad entre otras.

La fenología describe los patrones cíclicos de crecimiento que se da en los árboles anualmente. También permite reconocer interacciones competitivas entre los variados componentes del mismo. Al igual que ocurre en la mayoría de los arboles de hoja persistente, incluyendo el palto, un fuerte estímulo ambiental sincroniza el crecimiento y la floración, pero, no existe un período fisiológico de inactividad (VRHEIJ, 1986).

WHILEY et al (1988) han descrito los ciclos típicos de crecimiento anual de los órganos vegetativos y reproductivos del palto. Estos están representados por dos flash vegetativos de importancia (período de

extensión del brote), en una temporada de crecimiento completo, cada uno de ellos seguido por un período de intensificación del crecimiento de la raíz. El primer brote vegetativo comienza en la primavera hacia el final de la floración, mientras que el segundo, ocurre en los meses de verano.

Luego de un semireceso invernal, el crecimiento reproductivo comienza con la floración, seguido por la cuaja, desarrollo y maduración del fruto. Todos estos estados tienen una alta demanda de las reservas del árbol, esto es en agua, nutrientes minerales y carbohidratos, pero contribuye muy poco en su propio desarrollo y no retornan reservas al árbol. El desarrollo del fruto es fuertemente competitivo con la raíz y con los brotes nuevos, demandando la mayor cantidad de recursos disponibles. Por lo tanto, en etapas críticas del ciclo de crecimiento los requerimientos para el desarrollo de la fruta y el crecimiento de los brotes, bajan las reservas de los árboles. La estimulación de un crecimiento vegetativo vigoroso durante este período crítico, trae usualmente como resultados una caída excesiva de frutitos.

Se ha acumulado considerable evidencia en la literatura respecto de los sinks competitivos vegetativos y

reproductivos durante el crecimiento primaveral (BIRON, 1979; BLUMEFELD, GAZIT Y ARGAMAN , 1983; KÖNHE Y KREMER-KÖNHE, 1987; WOLSTENHOLME et al, 1990; WHILEY, 1990; WHILEY et al , 1991). El éxito de la formación de frutos durante los primeros 60 días posteriores a la floración depende de la disponibilidad de los fotosintatos almacenados y la fotosíntesis del momento (brotes de hojas maduras en verano) y del tiempo de transición de sink a fuente de los brotes que se renuevan en primavera (WHILEY, 1990). Sin embargo, mientras sea inicialmente competitiva la renovación del crecimiento de brotes durante la primavera, es necesaria para el desarrollo secundario de las paltas.

El brote de verano es sin duda alguna, importante para el tamaño final del fruto, como también lo es para la fuente de fotosintatos y nutrientes de las producciones de los años venideros (WHILEY, 1990).

La interdependencia entre raíces y brotación produce un patrón cíclico en las brotaciones de los paltos. Cuando la relación entre los nuevos brotes y raíz aumenta a favor de los brotes, el crecimiento vegetativo declina y el crecimiento de la raíz aumenta recuperándose el balance. El ciclo, entonces se repite (WHILEY et al, 1988).

El crecimiento de la raíz de los paltos es determinado primordialmente por la temperatura del suelo, teniendo crecimientos significativos cuando la temperatura excede los 18°C. En gran parte de los centros de producción, se registran temperaturas menores en la zona de las raíces, bajo el límite crítico, para la mayoría de los periodos invernales (WHILEY et al., 1988).

Si bien los dos periodos de crecimiento vegetativo, el de primavera y el de verano, son competitivos con la retención y el crecimiento de los frutos, son esenciales a largo plazo para la productividad de los árboles. Sin embargo, controlando el vigor de los brotes, es mayor la oportunidad de tener mayor rendimiento, además de controlar el tamaño de los árboles. Tanto el control del crecimiento vegetativo, como la mantención de la fruta en los árboles, se logra haciendo un buen manejo de la fertilización, del riego y manteniendo las raíces sanas (WHILEY et al., 1988).

Según WHILEY et al., (1988), el ciclo fenológico en árboles adultos del cultivar Fuerte en Palmwoods, Queensland, Australia (latitud 27 °S), describe tres tipos de eventos: Crecimiento vegetativo, radicular y

reproductivo. El crecimiento vegetativo muestra dos flash. El primero se extiende entre finales de julio y los últimos días de noviembre, observando un peak a inicios del mes de septiembre. El segundo, ocurre desde diciembre hasta abril, con un peak a fines de febrero. Durante los meses de mayo y junio no se observa actividad vegetativa. Ambos flash, presentan una intensidad similar. El crecimiento radicular también presenta dos flash, el primero se inicia a mediados de septiembre, al mismo tiempo que el crecimiento vegetativo del primer flash descende. El peak ocurre a fines de noviembre, momento en que la actividad vegetativa es baja y finaliza en los últimos días de diciembre, cuando se inicia el segundo flash vegetativo. El segundo flash radicular se extiende desde febrero hasta abril con un peak a fines de marzo. El crecimiento reproductivo involucra a la floración, cuaja, caída, crecimiento y madurez del fruto. La floración y cuaja ocurren entre mediados de junio y octubre, observándose la mayor intensidad en el mes de septiembre. La floración, cuaja y brotación son eventos que se desarrollan en forma simultánea. Existen dos fechas de caída de frutos, la primera, de menor intensidad, ocurre entre septiembre y octubre y la segunda, entre diciembre y enero.

## 2.8. Requerimientos hídricos:

Los requerimientos de agua del palto son bajos durante el periodo de frío de semidormancia, pues en el invierno las funciones de crecimiento son mínimas. Cuando los árboles comienzan a florecer, los requerimientos de agua aumentan sustancialmente. Esto es el reflejo del aumento de superficie y una menor disponibilidad de agua en los árboles por el stress de primavera. Cuando el agua es limitante, las flores de las panículas son las primeras en estresarse y pueden sufrir daños permanentes. Igualmente los frutos jóvenes, débilmente sujetos al árbol, pueden abortar bajo estas condiciones. Durante la última parte de la primavera, el manejo del agua no es tan crítico, debido a que los frutos ya están mejor sujetos y dependen de la fuente de recursos del árbol. Sin embargo, los árboles no deberán estar demasiado estresados para no afectar la calidad final de los frutos. La segunda época de caída de frutos del ciclo de crecimiento, es el período más crítico para el control del agua. Durante el período final del crecimiento rápido de la fruta y de la maduración, un efectivo control del

riego reduce la caída de frutos y aumenta el tamaño final de éstos (WHILEY et al, 1988).

### 2.9. Fertilización:

Según WHILEY et al (1988), con excepción del nitrógeno, los nutrientes esenciales que estén deficientes para el crecimiento, pueden aplicarse en cualquier época del año, sin temor a forzar un crecimiento vegetativo competitivo. Cuando todos los nutrientes minerales y el agua son suministrados, y la temperatura es adecuada (durante la primavera y verano), el crecimiento vegetativo se verá estimulado por la aplicación de nitrógeno. Es por ello que el escoger el momento oportuno para la fertilización nitrogenada, es crítica para balancear el crecimiento y la producción. La primera caída de frutos coincide con el primer flash de crecimiento vegetativo, es lógico entonces, no aplicar fertilizantes nitrogenados durante este periodo dado que ello conduciría a estimular la brotación, compitiendo fuertemente con el crecimiento reproductivo por las reservas del árbol. Los meses de verano-otoño, después de la primera caída de frutos es la época apropiada para esta fertilización. De esta manera, además se está nutriendo el brote del flash de verano, lo

cual tiene un impacto positivo, tanto para la cosecha actual, como para la continua productividad de los árboles, ya que es responsable de proveer carbohidratos para el crecimiento y maduración de la cosecha existente, así como para la producción de flores y la cuaja de frutos de la próxima primavera.

#### 2.10. Control de enfermedades:

Comprendiendo la interacción entre el árbol, el patógeno y el medio ambiente, se llega a un programa de control más efectivo de Phytophthora cinnamomi, usando como medio el ciclo de crecimiento. Phytophthora cinnamomi crece activamente entre temperaturas de 15° y 28°C, y el óptimo de infección ocurre cuando el suelo esta saturado de agua. En invierno el hongo se encuentra inactivo debido a que las temperaturas están fuera del rango de actividad. El patógeno causa el mayor daño en los meses de verano, cuando encuentra las condiciones de crecimiento y hay abundante disponibilidad de raicillas. Por lo tanto, todas las estrategias de control de pudrición de las raíces deben estar orientadas a protegerlas durante este período (WHILEY et al, 1988).

El mejor control de Phytophthora cinnamomi es impedir su introducción en el huerto, adquiriendo plantas en viveros confiables, plantar en suelos bien drenados, evitar todo movimiento de suelo, agua y equipos que hayan estado en contacto con suelo infectado. No regar con aguas provenientes de zonas infectadas. Reducir el número y volumen de los riegos para evitar el exceso de humedad en el suelo. Se debe aislar los árboles enfermos con una barrera seca, es decir, dejar una zona intermedia que nunca se riega. Usar patrones resistentes, como las selecciones de Duke y G6 (GARDIAZABAL y ROSEMBERG, 1991).

Es conocido el control que ejercen las inyecciones de fosfonatos sobre Phytophthora cinnamomi. Este producto está registrado en Sudáfrica donde se desarrolló y aplicó. Para obtener la máxima eficiencia de las inyecciones al tronco, se debe también conocer la fisiología y fenología del árbol de modo de lograr el máximo de eficacia en su acción (WHILEY et al, 1988b).

El efecto del ácido fosforoso y otros componentes inorgánicos en la auto defensa del vegetal, radica en la estimulación de estos productos en la síntesis de fitoalexinas (BAILEY y MANSFIELD, 1982). Por otra parte

se cree que inyecciones de componentes potencialmente fitotóxicos, como el ácido bórico, puede inducir la síntesis de fitoalexinas. También postula que la producción de soluciones fungistáticas están estimuladas por las inyecciones de ácido fosforoso.

Existe un efecto directo de componentes químicos, como es el caso del ácido bórico, que al igual que el ácido fosforoso, son conocidos como fungistáticos clásicos de amplio espectro de acción (BEZUIDENHOUT, DARVAS Y TOERIEN, 1987).

### 3. MATERIAL Y METODO

#### 3.1. Ubicación:

La investigación 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 La Palma, provincia de Quillota, V región, Chile ( $32^{\circ}50'$  latitud sur,  $71^{\circ}13'$  longitud oeste), y se desarrolló durante el período comprendido entre septiembre de 1990 y junio de 1991.

#### 3.2. Definición del área de proyecto:

##### 3.2.1. Clima:

El clima de Quillota, corresponde al tipo mediterráneo y se ubica en la región de los valles transversales que se caracterizan por tener veranos secos y cálidos bien definidos, influenciados por vientos alisios o por vientos subtropicales variables. Los inviernos se presentan lluviosos debido a la acción del frente polar.

De acuerdo a la clasificación climática de Koeppen (MARTINEZ, 1981), Quillota está dentro de la notación Csb1, que corresponde a clima templado cálido con estación seca prolongada (7 a 8 meses), con temperatura media mensual superior a 10°C por más de cuatro meses.

El régimen térmico de esta zona, se caracteriza por una temperatura media anual de 15.3 °C, con una máxima media del mes más cálido (enero) de 27 °C y una mínima media del mes más frío (julio) de 5.5 °C. El período libre de heladas aprovechable es de 9 meses, de septiembre a mayo. La suma anual de temperaturas, base 5 °C, es de 3700 grados días y 10 °C, 1900 grados días (NOVOA et al, 1989).

La hoya del río Aconcagua tiene precipitaciones de tipo ciclónico y orográfico. Las de origen ciclónico frontal se generan por desplazamientos de masas de aire hacia zonas de baja presión atmosférica (ciclones). El aire tiende a elevarse, condensándose y generándose así la lluvia. Las segundas se producen por ascenso y condensación de masas de aire debido a barreras orográficas.

En la zona de Quillota se registran temperaturas inferiores a 0°C durante los meses de invierno. Estos

sucesos son de corta duración lo que posibilita el cultivo de especies frutales y horticolas susceptibles a bajas temperaturas (MARTINEZ, 1981).

En la zona correspondiente a la cuenca del río Aconcagua, se observa gran número de oscilaciones diarias de temperatura. Esta amplitud, que se traduce en la inexistencia de períodos prolongados de calor o frío, debe explicarse por la influencia de la Cordillera de los Andes (ALMEIDA Y SAENZ, 1958).

La humedad relativa en la zona es mas bien alta, siendo uniforme a lo largo del año y presentándose en forma mensual más alta en los meses de invierno y durante las primeras horas de la mañana (MARTINEZ, 1981).

### 3.2.2. Suelo:

El suelo de la Estación Experimental de La Palma, pertenece a la Serie La Palma, cuyo signo cartográfico es M, según estudio agrológico realizado por el Departamento de Conservación de Suelos y Aguas del Ministerio de Agricultura en 1966.

El suelo es sedimentario, profundo, de origen coluvial, formado a partir de sedimentos graníticos de la formación granítica de los cerros ubicados al este del predio. De textura superficial franca arcillosa, de color pardo y de textura arcillosa de color pardo rojizo oscuro en profundidad. Substratum constituido por gravas y piedras con material intersticial del suelo. Suelo de permeabilidad moderada y buen drenaje. Topografía plana, en posición de plano inclinado y microrrelieve ligeramente acentuado (MARTINEZ, 1981)

### 3.2.3. Agua:

La Estación Experimental posee derechos sobre el canal Ovalle, el cual es abastecido por el río Aconcagua. Este, de régimen típicamente nival, durante el invierno recibe en la primera zona (Los Andes-San Felipe), las precipitaciones fundamentalmente en forma de nieve, las cuales escurren principalmente en la primavera, cuando aumenta la temperatura (MARTINEZ, 1981)

El agua de riego de la Estación Experimental La Palma no presenta peligro de sodificación, salinización ni cloruros que puedan significar una limitación en su uso.

### 3.3. Material vegetal:

Los estudios fueron realizados en 10 árboles de palto cultivar Fuerte injertados sobre patrón Duke, plantados en 1976 a 12 x 12 m como distancia definitiva.

En ellos se observaron y midieron los diferentes eventos fenológicos. Con el objeto de lograr una muestra homogénea, la totalidad de los árboles del cuartel fueron previamente evaluados según vigor, estado sanitario, productividad, tamaño y luego sorteados.

### 3.4. Eventos abióticos:

El sistema de riego con que cuenta el cuartel en ensayo es presurizado, con microaspersores de 120 l/h, dispuestos cada 6 m. Una estación de tensiómetros fue ubicada dentro del área de ensayo. Las tensiones a 30, 60 y 90 cm de profundidad fueron leídas y registradas diariamente a las 8:00 h, y a partir de éstas se determinó la frecuencia y tiempo de riego. Las tensiones recomendadas, fueron de 15-20 cb durante primavera-verano y 25-30 cb en otoño-invierno, medidos a 30 cm de profundidad.

Una estación metereológica fue instalada en el cuartel en ensayo. En ella se registró la temperatura máxima y mínima, humedad relativa medida a las 8:00 y 15:00 h, temperatura de suelo bajo la canopia a 15 y 30 cm de profundidad medida a las 8:00 y 15:00 h. Además, a partir de la estación agrometeorológica de la Facultad de Agronomía se obtubieron las temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa y pluviometría.

### 3.5. Desarrollo vegetativo:

En los árboles seleccionados, en septiembre de 1990, se escogió una ramilla de similar vigor de cada punto cardinal (4 ramillas), las cuales fueron identificadas con cintas plásticas ubicadas en la base de cada una de ellas. De cada ramilla se eligió el brote apical, el cual fué medido en longitud con pie de metro a intervalos semanales. En forma paralela se realizaron observaciones de la brotación general del huerto, para tener una visión globalizada de los eventos. Al momento de iniciar las mediciones, los árboles se hallaban en brotación lo cual fue comprobado visualmente, por el gran número de crecimientos color pardo-violeta.

### 3.6. Desarrollo reproductivo:

Las mediciones y observaciones del hábito de floración y cuaja, se realizaron sobre los mismos brotes elegidos para el estudio del desarrollo vegetativo. Se seleccionó una panícula apical y una lateral por brote y se determinó el número de flores totales, abiertas y cerradas, por panícula a intervalos semanales. Además, se determinó el estado sexual de las flores abiertas a las 8:00 y 16:00 h, en forma continua, cuatro días a la semana. Al momento de comenzar las mediciones los árboles habían iniciado la floración, sin embargo, los brotes elegidos aún no la presentaban. En forma paralela se observó la floración general del huerto, para así tener una panorámica de los eventos.

En las mismas panículas elegidas para el estudio de flores se determinó semanalmente el número de frutitos cuajados (flor adherida al desprender sus pétalos y de ovario mayor a 2mm), para posteriormente continuar midiendo el diámetro polar y ecuatorial de los frutos, con la misma frecuencia.

Para cuantificar la magnitud de la caída de frutos, se instaló bajo la canopia de cada árbol en ensayo un contenedor (caja de 60 x 40 cm). El número de frutos en

su interior, fué contabilizado semanalmente. Paralelamente se evaluó el número de frutos caídos de las ramillas monitoreadas en el comportamiento floral y crecimiento vegetativo.

### 3.7. Desarrollo radicular:

Aprovechando que las características del sistema radicular de esta especie es superficial, se apilaron 6 láminas de periódicos bajo el mulch, en una zona de activo crecimiento de raicillas a fin de delimitar y facilitar el área de medición. Quincenalmente se evaluó el número de raicillas activas que se encontraban en el área limitada por el diario.

Para evaluar el comportamiento del sistema radicular en profundidad, se construyó en la zona donde se concentra el crecimiento de raíces (1,5 m del tronco aproximadamente), una estación de medición de raíces (Rizotrón). El Rizotrón consiste en una calicata de 1 m<sup>3</sup>, cuyo costado más próximo al tronco se cubrió con un vidrio triple, a través del cual es posible visualizar las raíces. Con el fin de evitar la incidencia de la luz en el crecimiento y la pérdida de humedad del suelo, se cubrió el cristal con una cortina de polietileno negro,

asi como el resto de las paredes de la calicata y la parte superior, de modo de lograr una bóveda oscura. Al igual que el sistema superficial, las mediciones se efectuaron cada quince días.

### 3.8. Variables del ensayo:

Las mediciones de las variables se efectuaron a intervalos regulares, en un periodo de 10 meses a partir de septiembre de 1990. Para el estudio de las variables, se consideró el promedio respecto a cada árbol y fecha de medición. Por otro lado, la tasa de crecimiento resulta de la diferencia entre la medición del día y la medición anterior.

#### 3.8.1. Variables de crecimiento vegetativo:

- Longitud de brotes por árbol

#### 3.8.2. Variables de crecimiento radicular:

- Número de raíces en periódicos.
- Longitud de raíces en Rizotrón.

#### 3.8.3. Variables de comportamiento floral:

- Número de flores abiertas femeninas AM.
- Número de flores abiertas masculinas AM.
- Número de flores abiertas femeninas PM.
- Número de flores abiertas masculinas PM.

- Total de flores abiertas.
- Total de flores en brotes.

#### 3.8.4. Variables de crecimiento del fruto:

- Número de frutos caídos en contenedor bajo el árbol.
- Número de frutos caídos de ramillas medidas.
- Diámetro polar del fruto.
- Diámetro ecuatorial del fruto.

#### 3.8.5. Variables abióticas:

- Temperatura ambiental (Máxima y Mínima).
- Humedad relativa (Máxima y Mínima).
- Temperatura de suelo a 15 cm. (08:00 y 18:00 hr).
- Temperatura de suelo a 30 cm. (08:00 y 18:00 hr).

### 3.9. Análisis estadístico:

#### 3.9.1. Aproximación al ciclo fenológico:

Para determinar la tendencia de las variables en estudio, se aplicó un análisis de promedios móviles consistente en una serie de medias aritméticas calculadas sobre el tiempo, de forma que cada media se calcula para una sucesión de valores observados.

El efecto de utilizar un promedio móvil es suavizar (suprimir) las variaciones estacionales, cíclicas, irregulares y aleatorias, obteniendo así la tendencia del comportamiento de los eventos para el período evaluado. La tendencia forma parte de los patrones clásicos del estudio de "Series cronológicas", el que pretende a su vez, analizar y determinar la presencia de ciertos patrones o pautas no aleatorias, que permitan esperar un comportamiento a futuro. De esta manera y luego de varios años de evaluación, se podrá modelar la tendencia que mejor represente el fenómeno evaluado.

El problema principal, es que es casi imposible suprimir por completo las variaciones irregulares y cíclicas. En términos ideales, al seleccionar un período lo suficientemente prolongado, se pueden destacar las variaciones cíclicas y algunas variaciones irregulares. Sin embargo, cuanto más información se incluya en el promedio móvil, menos sensible será este a las observaciones recientes.

La imposibilidad de obtener un gran número de datos, junto con las irregularidades que los disponibles presentan, hacen imposible aplicar algún modelo de tipo lineal o polinomial, principalmente porque éstos ofrecen un mayor grado de discrepancias entre lo observado y lo estimado.

Cabe señalar que la descripción estadística de este ensayo no es absoluta, dado el alto grado de significancia que tienen las observaciones de las variables en terreno, lo que a veces obliga a corregir ciertos comportamientos que en los datos evaluados no siempre se cumplen.

### 3.9.2. Factores asociados que afectan el patrón fenológico:

Para determinar el grado de asociación entre las variables abióticas temperatura y humedad, y el comportamiento del ciclo fenológico, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. A su vez, para medir la significancia de la correlación entre las variables bióticas y abióticas se utilizó la prueba T-Student.

A nivel reproductivo se correlacionó el número de flores masculinas y femeninas abiertas, tanto en la mañana (AM), como en la tarde (PM), con la temperatura máxima y mínima de la noche y día anterior, al igual que el crecimiento vegetativo (Tasa de crecimiento del brote) por períodos, con la temperatura máximas y mínimas promedio. Una tercera correlación expresa el grado de

asociación entre el crecimiento vegetativo por periodos y los grados días acumulados, medidos en base a 5°C y 10°C. Respecto al desarrollo radicular, se correlacionó la temperatura a 15 cm de profundidad con el crecimiento superficial de raíces por periodos, así como también la temperatura a 30 cm de profundidad con el crecimiento de raíces en profundidad (Rizotrón).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Aproximación al ciclo fenológico:

El desarrollo del crecimiento y los eventos incluidos en él, son más fáciles de comprender si se expresan en un diagrama. Es así como se ha interpretado gráficamente cada una de las tendencias de crecimiento, para luego interrelacionarlas en un solo esquema.

#### 4.1.1. Desarrollo vegetativo:

Al comenzar las mediciones en septiembre de 1990, la descripción global del huerto ya mostraba un inicio en el desarrollo de brotes, es por esta razón que la aproximación del ciclo vegetativo expresa valores altos en un principio.

A partir del mes de septiembre el crecimiento vegetativo mostró un explosivo desarrollo, el cual mantuvo el mismo régimen durante el mes de octubre, alcanzando su máximo valor en el mes de noviembre. A partir de esta fecha, el cese del crecimiento fue tan intenso como su inicio, llegando casi a un valor cero a fines de diciembre, en un lapso muy corto.

El cese de la actividad vegetativa fue breve, extendiéndose por 28 días (Anexo 1), para luego iniciar un segundo golpe de crecimiento, esta vez en forma mucho más escalonada y sin el vigor ni el comportamiento explosivo del primer flash.

Se aprecian claramente tres etapas dentro del segundo flash. La primera se extiende desde mediados a fines de enero, donde se estabiliza hasta el 15 de febrero, que es cuando se inicia la segunda etapa, que también se estabiliza pero a mediados de marzo, para luego alcanzar el pick máximo a fines de marzo, el que cae bruscamente a partir de los primeros días de mayo hasta mediados de junio. (Figura 1.)

WHILEY et al, (1988) han descrito los ciclos típicos de crecimiento anual en palto. (Anexo 2). Estos muestran dos flash de importancia, en una temporada de crecimiento completo. Si bien no hay datos claros en lo descrito por WHILEY et al, (1988), respecto a la intensidad de la tasa de desarrollo de crecimiento, sí se puede apreciar que las curvas diseñadas en Queensland, Australia, muestran dos golpes de crecimiento vegetativos de similar intensidad. Al parecer, en Chile el crecimiento

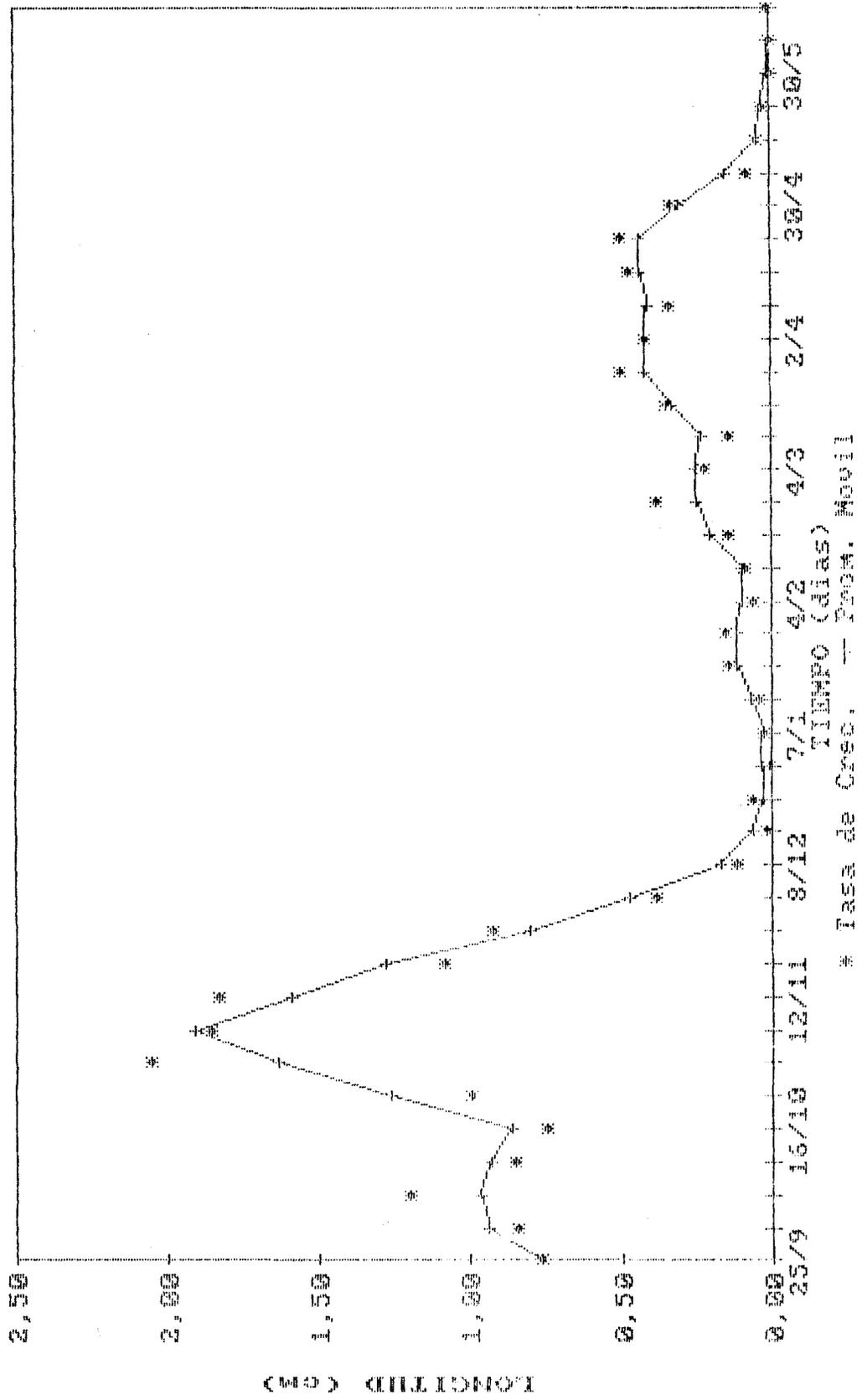


FIGURA 1. Ciclo de crecimiento vegetativo del palto (Persea americana Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile. 1990-1991.

vegetativo de verano en el cultivar Fuerte se muestra con menos desarrollo en relación al de primavera, observándose en las tendencias descritas, que el segundo flash aparece más desmembrado en el tiempo y poco activo. Por otra parte HERNANDEZ (1991), describe para Hass que el flash de primavera experimenta una mayor actividad en la tasa de crecimiento, respecto al flash de verano.

Según SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER (1985), los flash de crecimiento vegetativos variaron significativamente en el tiempo de ocurrencia e intensidad entre árboles. Aún así, visualmente se pudo apreciar que el crecimiento de brotes presenta alta homogeneidad entre ellos en el primer flash de crecimiento, no así en el segundo, el que mostró gran heterogeneidad en su desarrollo.

El promedio de la tasa de crecimiento obtenida a partir del Anexo 1., expresa que el flash de crecimiento vegetativo promedio de primavera desde el 20 de septiembre hasta el 8 de diciembre, es de 1,05 cm semanales; así como el crecimiento de verano desde el 22 de enero al 30 de abril es de 0,26 cm a la semana.

Lo descrito por SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER (1985), respecto a que un alto porcentaje de todos los brotes observados, crecieron más en primavera en relación al verano, es aplicable siempre que se tenga una visión globalizada del huerto, lo que se refleja al observar el primer flash respecto del segundo, apreciándose una tasa de desarrollo mucho menor en el segundo flash que en el primero. Esto es explicable, debido a que no todos los brotes que experimentaron el primer flash, tuvieron un segundo crecimiento, observándose incluso brotes con una gran actividad, muy limitada actividad y simplemente inactivos, durante el flash de verano.

La aparente diferencia entre las tasas de crecimiento de los flash de primavera y verano, puede deberse a varios factores involucrados.

La influencia que ejerce la temperatura, dentro de los factores abióticos es uno de los principales puntos a tratar.

WESTWOOD (1982), señala que las temperaturas óptimas de crecimiento para un vegetal, varían para cada evento y tejido, dado que los procesos son muy variados y

complejos. Por otra parte, la respiración celular, que provee la energía biológica para procesos vitales, se incrementa con la temperatura (LEHNINGER, 1975).

SEDGLEY (1987), por su parte señala que altas temperaturas parecen estimular el crecimiento vegetativo. De lo anterior se desprende, que a mayores temperaturas se podría esperar una mayor actividad y por lo tanto, un mayor crecimiento de brotes.

El Cuadro 1 muestra la correlación establecida entre el crecimiento vegetativo (tasa de crecimiento del brote) por periodos y la temperatura promedio máximas, mínimas, así como también los grados días expresados en base a 10°C y 5°C. (Cuadro 2.)

El fin de llevar a cabo la correlación por periodos de crecimiento es poder establecer a ciencia cierta, si es la temperatura la responsable del aumento de la tasa de crecimiento obtenida en primavera y verano.

Se obtuvo una asociación estadísticamente válida, entre la temperatura máxima y mínima, y la tasa de crecimiento de la primera mitad del flash vegetativo de primavera,

CUADRO 1. Correlación entre crecimiento vegetativo y temperaturas máximas y mínimas promedio

CREC. BROTE PERIODO	TEMP. MAX	TEMP. MIN.
20/9 al 18/11	0,9612 * (0,0388)	* -0,9020 (0,0480)
24/11 al 17/12	-0,2587 (0,7413)	0,3817 (0,6183)
24/12 al 7/1	0,8435 (0,3610)	-0,7107 (0,5033)
15/1 al 23/4	-0,4523 (0,0995)	-0,2942 (0,2871)
30/4 al 12/6	-0,4764 (0,2798)	-0,3224 (0,4807)

( ) Nivel de significancia según prueba t-Student  
 \* Significancia menor al 0,05, indica asociación estadísticamente significativa.

CUADRO 2. Correlación entre crecimiento vegetativo y condición ambiental en grados día

CREC. BROTE PERIODO	GRADOS DIA	
	base 5	base 10
20/9 al 18/11	-0,5344 (0,4656)	-0,5344 (0,4556)
24/11 al 17/12	-0,8125 (0,1875)	0,813 (0,188)
24/12 al 7/1	-0,7035 (0,5033)	-0,7035 (0,5033)
15/1 al 23/4	-0,4599 (0,846)	-0,4599 (0,995)
30/4 al 12/6	0,7212 (0,0674)	0,7212 (0,0674)

( ) Nivel de significancia según prueba t-Student  
 \* Significancia menor al 0,05, indica asociación estadísticamente significativa.

por lo que se puede asegurar, que es la temperatura la que regula la actividad de crecimiento en esta etapa, actuando probablemente, como "gatilladora" del ciclo de crecimiento.

En el resto de los períodos evaluados no se obtuvo correlaciones estadísticamente válidas. Contrario a lo esperado para la primera mitad del segundo flash vegetativo, el que según la Figura 2 contempla el período de mayor temperatura promedio, debiendo expresar una respuesta similar al crecimiento de primavera. Por otra parte, los períodos en que la tasa vegetativa disminuye (segunda mitad de ambos flash vegetativos), no muestran asociación con la temperatura.

Los grados día acumulados por períodos, tampoco mostraron estar asociados estadísticamente con la tasa de crecimiento vegetativo.

A partir de los resultados obtenidos, se puede asegurar que el inicio de la actividad vegetativa, junto con el gran golpe de crecimiento inicial de primavera, están regulados en forma directa por las temperaturas máximas. Así como también, se puede señalar que no existe

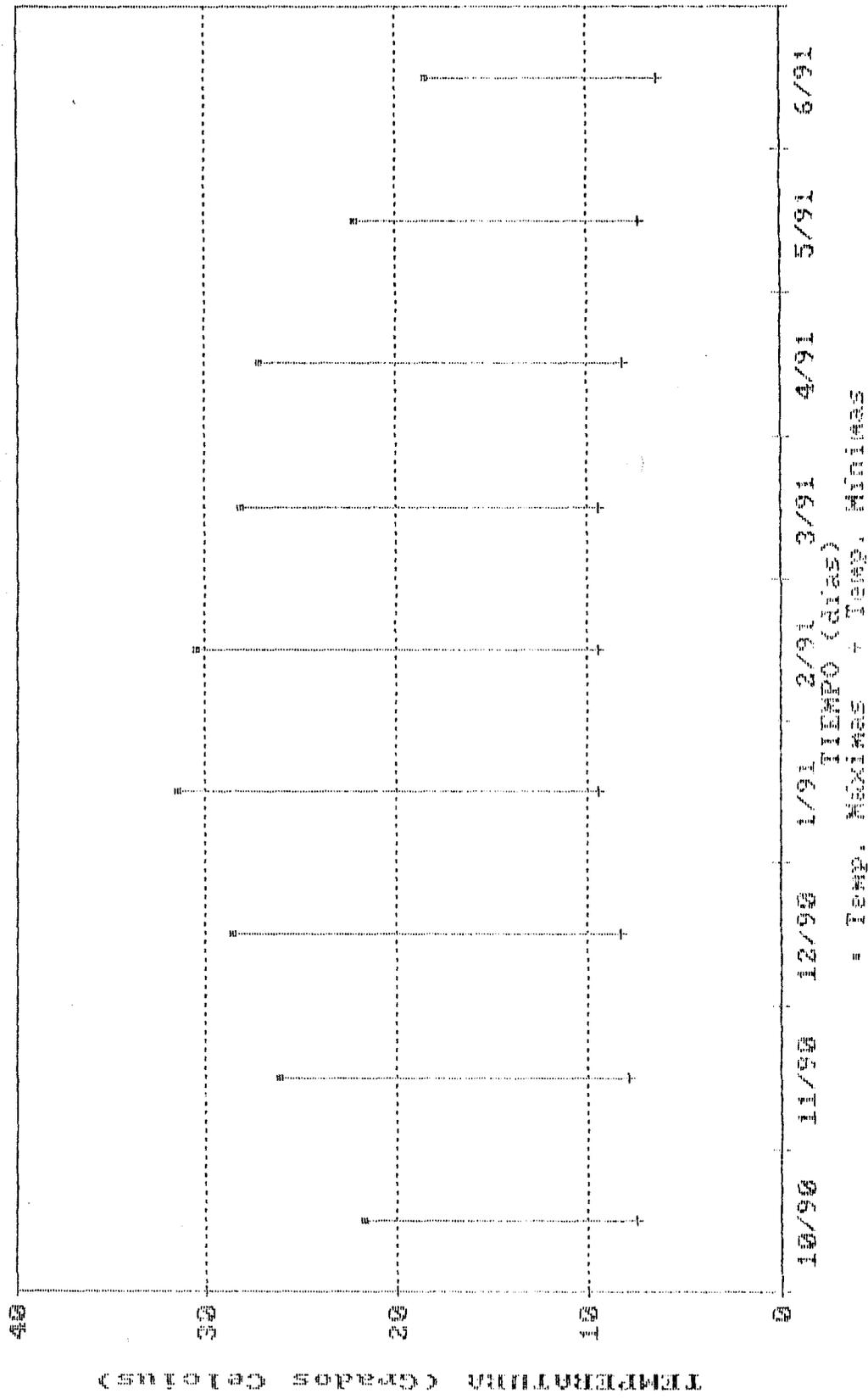


FIGURA 2. Temperatura máxima y mínima promedio mensual del ciclo fenológico del palto (Persea americana Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile. 1990-1991.

influencia de la temperatura en el inicio del segundo crecimiento de verano.

Las diferencias evaluadas entre las intensidades de ambos flash vegetativos, pueden deberse a que el nivel de carbohidratos presentes en las diferentes estructuras del árbol, sean distintos para ambos periodos de crecimiento de brotes, lo que es confirmado por CAMERON, MUELLE y WALLACE (1952), que señalan la existencia de variaciones de los niveles de azúcar y almidón en las ramillas jóvenes, bajo las condiciones de California.

Por otra parte, SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER (1985), describieron que los niveles de carbohidratos más bajos se alcanzaban después del segundo flash vegetativo, justo antes de la iniciación floral en otoño, para luego aumentar los niveles durante el invierno, alcanzando el máximo pick justo antes de la floración (Anexo 3).

Agregan que, una vez alcanzado el máximo nivel en invierno, comienza un paulatino descenso de carbohidratos, especialmente almidón, durante la floración, primer flash, desarrollo de fruto y segundo flash vegetativo.

WHILEY et al, (1988), recalca más tarde, que las mayores reservas de carbohidratos se registran en invierno cuando el crecimiento es mínimo, y son menores en verano cuando hay un exceso de consumo el cual no alcanza a ser suplido en ese momento por las hojas.

Por lo tanto, el nivel de carbohidratos almacenados disponible por el árbol, va disminuyendo a medida que los distintos eventos aparecen. El primer gran impacto en los niveles de reserva del árbol está dado por la floración, seguido más tarde por la cuaja y desarrollo de fruto, el que según WOLSTENHOLME y WHILEY (1989), demanda el mayor nivel de carbohidratos a través del desarrollo de la semilla. En verano e inicios de otoño, cuando se ha desarrollado gran parte de estos eventos y se encuentra en activa demanda el fruto, el nivel de reservas dispuestas a nutrir el desarrollo vegetativo es el más bajo. Esta gran demanda ejercida por los eventos del árbol, es ineficientemente compensada por la actividad fotosintética.

WOLSTENHOLME y WHILEY (1989), señalan que :

$$\text{Acumulación carbohidratos} = (\text{Fotosíntesis}) - (\text{Crecimiento} + \text{respiración})$$

De la relación anterior se puede deducir que el resultado del bajo nivel de carbohidratos presente en verano, responde a una poca efectividad fotosintética del árbol, suficiente como para respaldar la gran demanda de los diferentes eventos, originando un déficit importante en el período del crecimiento de verano.

WHILEY (1990), señala que el palto posee una eficiencia fotosintética limitada, la que asciende a 5-9  $\mu\text{moles (CO}_2\text{ / m}^2\text{ / s)}$ , lo que permite explicar el bajo nivel de reservas alcanzado en el período del segundo flash.

SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER (1985), aseguran que los bajos niveles de carbohidratos pueden provocar un cese de la actividad vegetativa, justificando de esta manera el alto número de estructuras vegetativas que no presentaron el segundo flash de crecimiento.

Por otra parte, CULL (1986) señala que la acumulación de carbohidratos está principalmente influenciada por la fase vegetativa; también señala que las hojas jóvenes fotosintéticamente activas, proveen de reservas para el período de acumulación de carbohidratos, reservas que según WHILEY (1990), alcanzan su máximo nivel de exportación a los 65 días después de brotación. Si bien

el brote de primavera se ve influenciado por la temperatura, su acción va en directo beneficio con la generación y acumulación de carbohidratos.

El nivel nutricional de los árboles obtenido a través del muestreo de hojas maduras del primer flash de crecimiento (abril), arroja niveles adecuados de nitrógeno, fósforo y potasio (Anexo 4), según los niveles sugeridos por la Universidad de California.

Al parecer, la baja tasa de crecimiento experimentado por el segundo flash estaría regulada por el nivel de carbohidratos disponibles para el árbol, el cual, al igual que la productividad, según WOLSTENHOLME (1989), ya estaría definida por el índice de carbohidratos, logrados en el peak de invierno.

Los puntos relacionados con el nivel de carbohidratos y su evolución en el ciclo fenológico, serán analizados en el capítulo de requerimientos nutricionales.

El modelo de aproximación al crecimiento vegetativo, se ajusta al diseñado por WHILEY (1990), en cuanto al número de golpes vegetativos, no así en la intensidad, ni en la fecha de ocurrencia de éstos. La curva de crecimiento

vegetativo se encuentra desplazada un mes respecto a la descrita en Queensland Australia, lo que probablemente se deba a que la temperatura de primavera de esa zona sea lo suficientemente alta como para iniciar el proceso de crecimiento antes que en Chile.

#### 4.1.2. Desarrollo radicular:

Tanto el crecimiento radicular en profundidad (medido en el Rizotrón), como el superficial mostraron marcados cambios a lo largo de la temporada. Sin embargo, la aproximación gráfica fue realizada en base a crecimientos superficiales de raíces.

Dada la época de inicio del ensayo en el Rizotrón, la medición real de raíces no se realizó sino hasta 4 meses después, cuando las raíces se hicieron visibles en el cristal, por tal motivo fue imposible evaluar el ciclo completo de crecimiento en profundidad, observándose parte de un solo flash de crecimiento.

#### 4.1.2.1. Caracterización de raíces en profundidad:

La distribución de las raíces, hasta los 90 cm de profundidad observadas en el Rizotrón fue abundante, cubriendo casi la totalidad del cristal.

Los primeros crecimientos se mostraron muy vigorosos, apreciándose raíces de hasta incluso 0,8 mm de espesor; más tarde en la temporada se vió aumentada la ramificación, predominando crecimientos menores a 4mm, para finalizar con raicillas muy delgadas en la zona distal. No se observaron raíces muertas a lo largo de su desarrollo, contrario a lo visualizado por HERNANDEZ (1991), en que además de mostrar un muy pobre desarrollo radicular, tanto en número como en vigor, mostró un alto índice de raíces muertas.

BORYS, BARRERA y LUNA (1985), señalan que tanto el vigor como la capacidad para generar nuevos crecimientos son características atribuibles al portainjerto y variedad, los que por bases genéticas desarrollan cualidades como las ya descritas.

La distribución de las raíces en el perfil del rizotrófon muestra que el 80% de las raíces se desarrollan en los primeros 50 cm y el 20% restante va de los 40 a los 60 cm de profundidad. De los 60 a los 85 cm, no se observó desarrollo radicular.

SALAZAR (1986), señala que la distribución de las raíces en un suelo de tipo arcilloso, entre los 20-40 cm es del 34%, aumentando a 42 este porcentaje en suelos arenosos. También señala que el grosor predominante en suelos arcillosos era menor a 2mm, siendo las raíces mayores a 8mm las más escasas. Por otra parte DONNELLY (1941), observó que en suelos pesados había una reducción en el número total de raíces aumentando el grosor de las mismas y en suelos livianos, por el contrario se incrementa el número total de raíces favoreciéndose ampliamente el desarrollo de las más finas. En otra investigación, AVILAN et al, (1984), observaron que la mayor concentración de raíces se situó en los primeros 20 cm de profundidad de suelo, independientemente del cultivar estudiado, así como también constataron la no existencia de raíces a más de 80 cm.

Si bien el suelo del huerto en ensayo es de tipo franco-arcilloso, su comportamiento respecto a la distribución radicular superficial, fue mayor que el descrito por SALAZAR (1986) para suelos arenosos, a pesar de ser un suelo con una textura de componentes arcillosos, posiblemente debido a las características de desarrollo impuestas por el portainjerto. Duke se caracteriza por su gran capacidad para generar nuevos crecimientos cuando estos han sido dañados, por lo tanto, en condiciones de suelo más adversas (suelos menos aireados y arcillosos), se verá rápidamente compensada la merma de raíces a través de nuevos crecimientos, lo que no ocurre en portainjertos tradicionales como el Mexícola.

#### 4.1.2.2. Fenología del Rizotrófon :

La aproximación al ciclo de desarrollo radicular en profundidad muestra solamente un flash de crecimiento, dado al corto tiempo de monitoreo atribuibles al método de estudio.

A mediados del mes de febrero se pudo apreciar las primeras raicillas en crecimiento. Su desarrollo en el primer mes de medición fue muy explosivo, alcanzando la máxima tasa en los primeros días de marzo. Luego la tasa

de crecimiento se estabilizó hasta el mes de abril, bajando muy suavemente durante el mes de mayo, hasta llegar a una tasa mínima la segunda quincena de junio (Figura 3).

Al observar la interacción de crecimiento vegetativo con crecimiento radicular en profundidad, se puede apreciar que el crecimiento radicular evaluado muestra el primer flash de los dos descritos por WHILEY et al, (1988). Sin embargo el crecimiento radicular parece muy desplazado hacia el segundo flash vegetativo, coincidiendo incluso con gran parte de este evento (Figura 4).

WHILEY et al, (1988), muestran en su aproximación fenológica una clara alternancia entre el crecimiento vegetativo y el radicular, donde los peak de crecimiento se delimitan claramente.

Una explicación a esta superposición del crecimiento radicular con el vegetativo, puede estar dado por el nivel de temperatura registrado en profundidad.

Para evaluar su incidencia en el crecimiento radicular, se correlacionó la temperatura en profundidad, con la

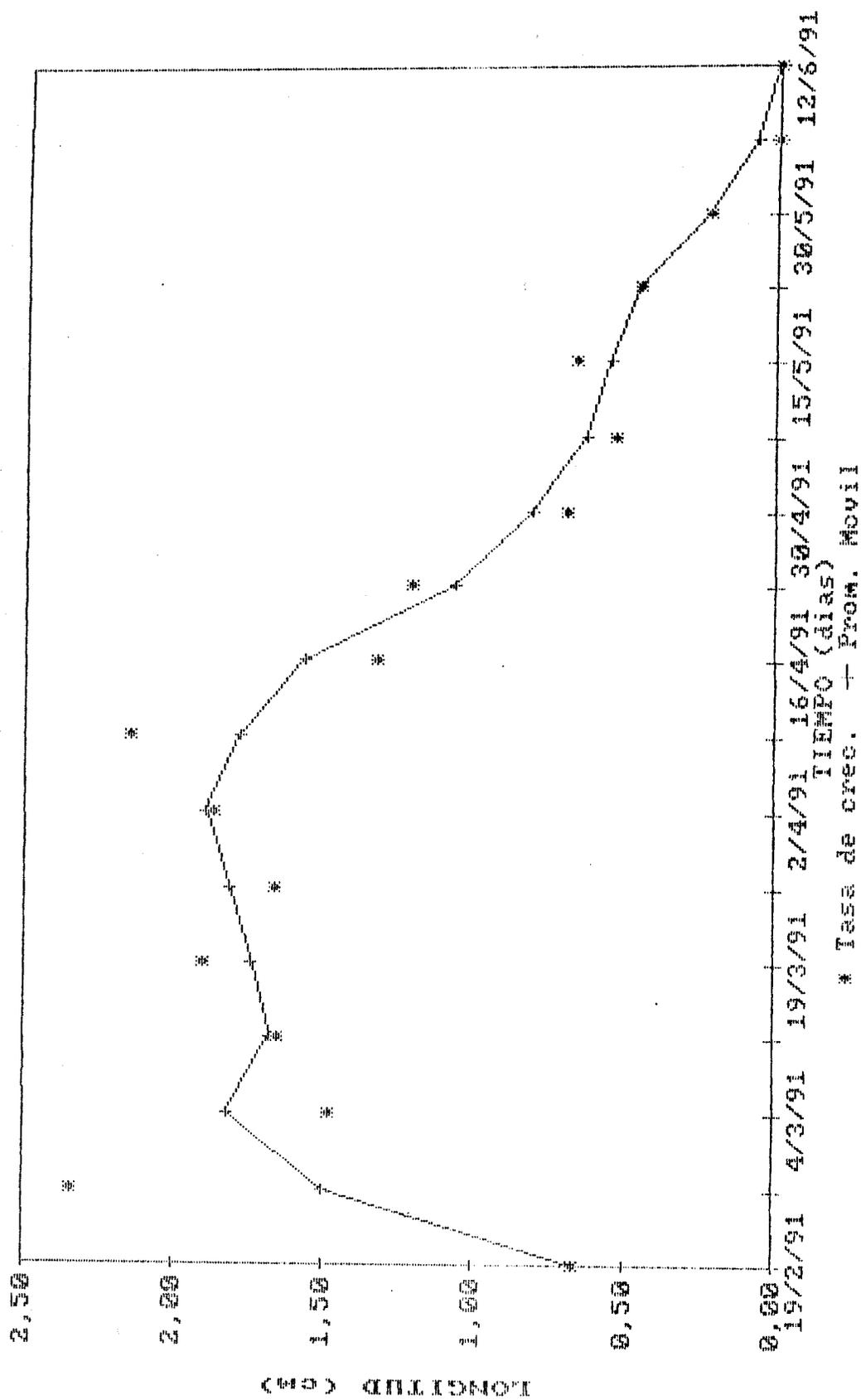
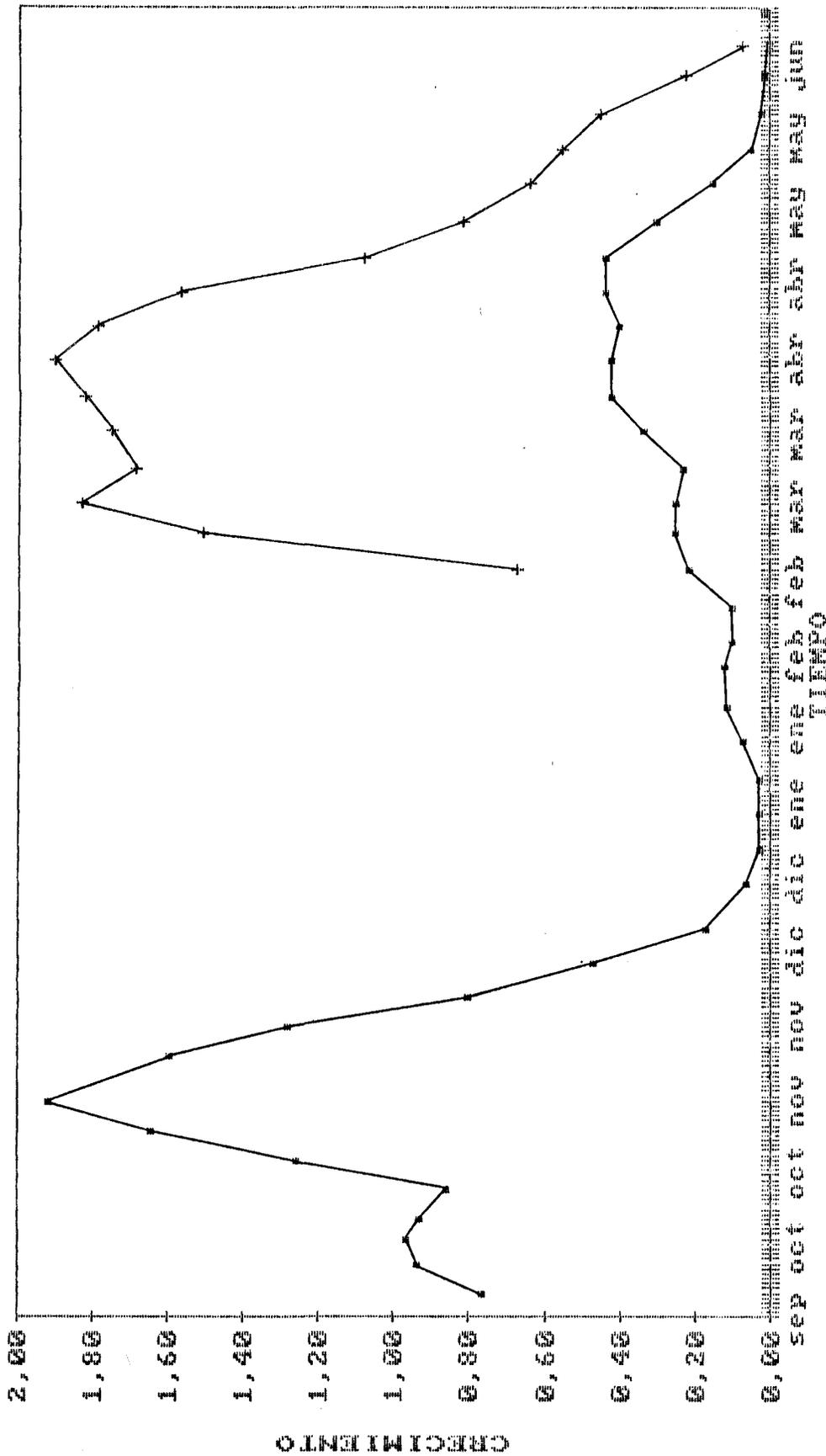


FIGURA 3. Ciclo de crecimiento de raíces en profundidad del palto (Persea americana Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile. 1990-1991.



— Crec. Vegetativo — Rizotivon

FIGURA 4. Ciclo de crecimiento vegetativo y radicular en profundidad del palto (*Persea americana* Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile. 1990-1991.

tasa de crecimiento del rizotrófon, por tramos o períodos (Cuadro 3).

Una asociación estadísticamente significativa fue hallada entre la temperatura y el crecimiento radicular de la primera mitad del flash de raíces, es decir, cuando la actividad radicular se presenta en aumento. No se encontró correlación válida entre la disminución del crecimiento y la temperatura (segunda mitad del flash).

Se puede esperar entonces, que a una mayor temperatura en profundidad, mayor será la actividad radicular de la primera mitad del peak de crecimiento. Ante esto se puede agregar que la temperatura es la responsable de activar las funciones radiculares. Sin embargo, una vez que alcanza su máximo desarrollo, la tasa de crecimiento se independiza del efecto de la temperatura, entrando probablemente a ser regulada nutricionalmente a través del equilibrio con el sistema vegetativo, respecto a la relación entre el nivel de fotosintatos gastados y los incorporados.

Lo más probable es entonces, que el traslape de curvas esté dado por un escaso nivel de temperaturas mínimas y máximas en profundidad, alcanzando los valores óptimos para el desarrollo, más tarde en la temporada, cuando la

CUADRO 3. Correlaciones rizotróf y raíces superficiales, con temperatura de suelo a distinta profundidad de suelo

PERIODICO	(8:00) TEMP. 15cm	(15:00) TEMP. 15cm
20/9 al 15/1	0,7542 (0,0832)	* 0,9713 (0,0012)
30/1 al 11/3	0,7482 (0,1458)	0,6113 (0,2733)
26/3 al 22/5	0,9559 * (0,0441)	0,8867 (0,1133)
5/6 al 12/6	0,9723 (0,1501)	0,7253 (0,4834)
RIZOTRON	TEMP. 30	TEMP. 30
19/2 al 2/3	0,7755 * (0,0084)	* 0,8205 (0,0036)
9/3 al 12/6	-0,2868 (0,5329)	-0,2846 (0,5362)

( ) Nivel de significancia según prueba t-Student

\* Significancia menor al 0,05, indica asociación estadísticamente significativa

temperatura del suelo haya alcanzado estratas más profundas.

Las Figuras 5 y 6 permiten evaluar el comportamiento de la temperatura superficial respecto a la de mayor profundidad. Los niveles más profundos de suelo, poseen

temperaturas más bajas que las superficiales, demorándose más tiempo en alcanzar las temperaturas mínimas para el desarrollo radicular. Es así, por ejemplo, que en profundidad para el mes de enero, se obtiene un promedio de 14°C (Temperatura a las 8:00 y 15:00), y a nivel superficial, las mismas temperaturas se alcanzan mucho antes, en el mes de noviembre. WHILEY et al, (1987b), señalan que el crecimiento radicular fue significativamente menor a temperaturas bajas (13°C), obteniendo el mayor desarrollo con 23°C y 18°C. Sin embargo, la actividad de las raíces en profundidad no comenzó sino hasta llegar a una temperatura aproximada de 16°C.

Hay que tener en cuenta además, que el comportamiento radicular en profundidad no necesariamente debe reflejar el modelo ideal de crecimiento, ya que no son éstas las raíces más sensibles respecto a la actividad aérea. No es de extrañar entonces, que el comportamiento de los tejidos radiculares más profundos expresen una relación diferente con el resto de los eventos fenológicos.

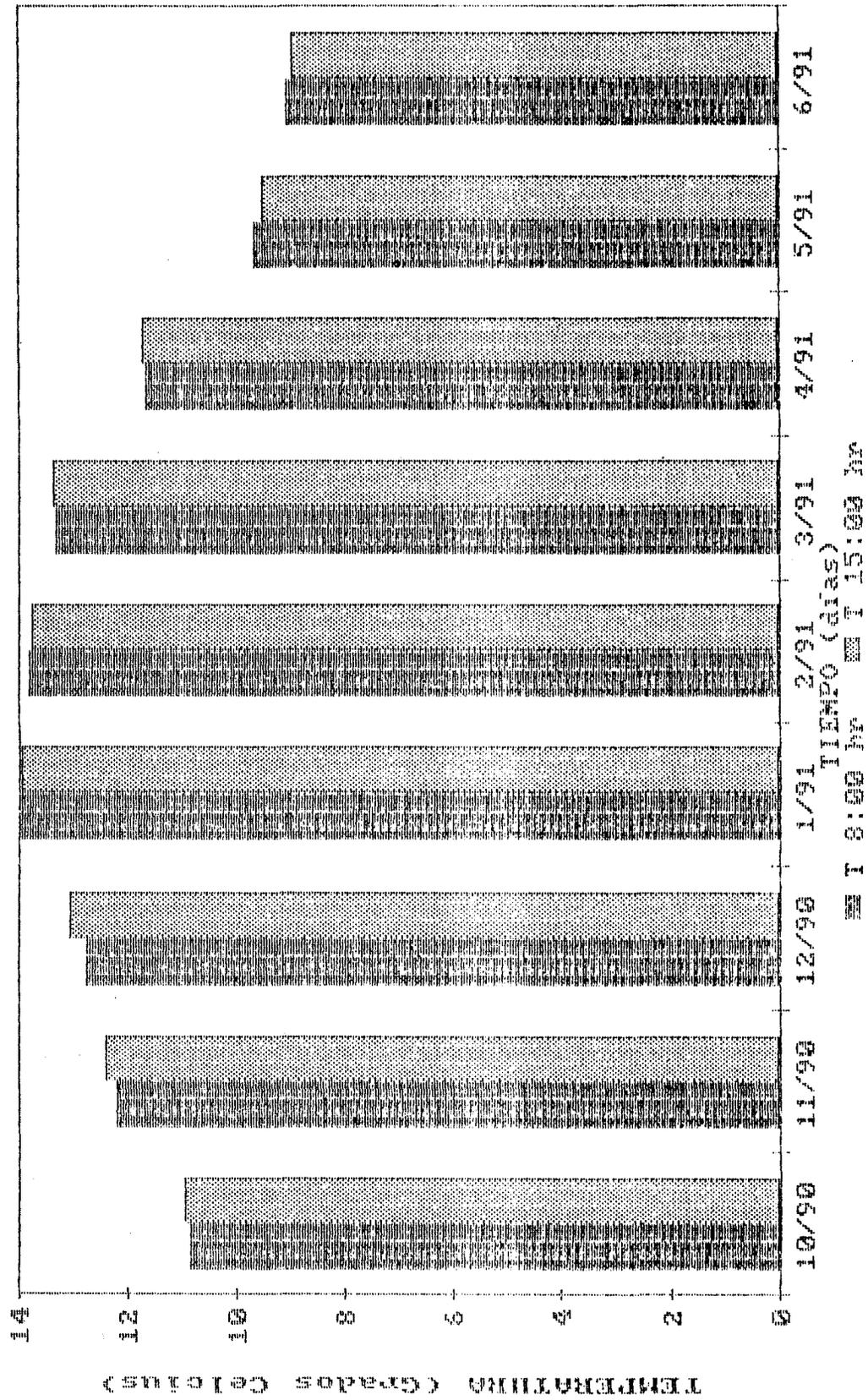


FIGURA 5. Temperatura de suelo en profundidad del ensayo del ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile. 1990-1991.

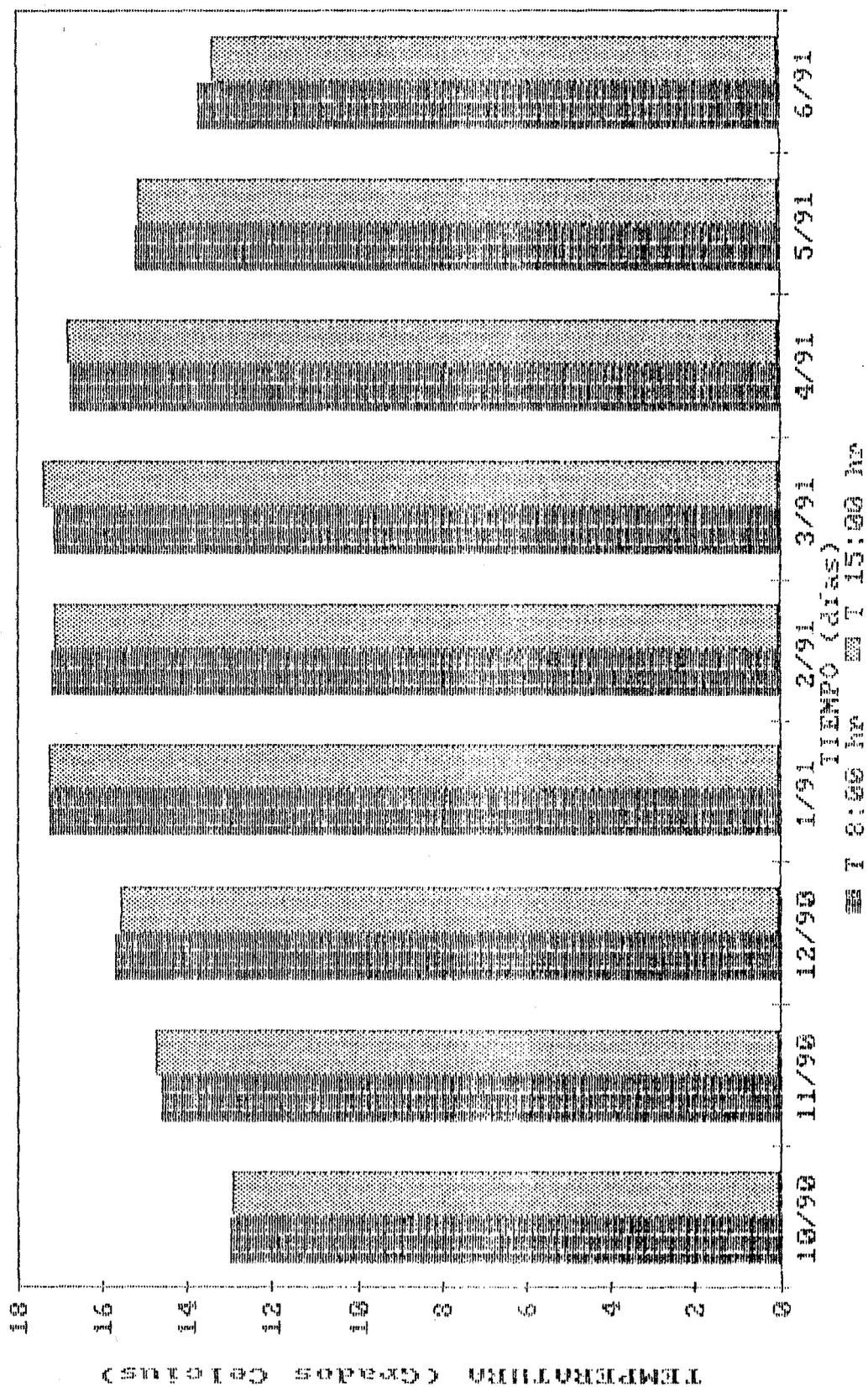


FIGURA 6. Temperatura superficial de suelo.  
 Ensayo del ciclo fenológico del palto  
 (*Persea americana* Mill.), cultivar Fuerte,  
 Quillota, V región, Chile. 1990-1991.

#### 4.1.2.3. Caracterización de raíces superficiales:

Con los antecedentes ya aportados, se puede asegurar que el palto posee un desarrollo radicular activo marcadamente superficial, lo que fue reafirmado tanto con el rizotrófon como con el método de medición superficial.

La evaluación superficial sólo pudo ser medida en cantidad de raíces aparecidas, siendo prácticamente imposible hacer una secuencia de desarrollo en longitud, dada la alta tasa de muerte de raíces. La causa de la muerte de raíces no pudo ser evaluada siendo una de la más probable, la que señala una baja eficiencia del método de diarios apilados. Al parecer, los diarios apilados propician condiciones de sobresaturación, originando asfixia radicular.

Es interesante a futuro, evaluar nuevas técnicas para la medición de raíces superficiales, las que deben estar orientadas a evitar la sobresaturación de la zona de medición. Ensayar el uso de mayas metálicas, cartones corrugados y otros implementos, pueden ayudar a lograr mediciones que reflejen no solamente número, sino además longitud de raíces.

Aún así, fue claramente posible analizar el comportamiento de las raíces superficiales. Grandes masas compactas de raíces y raicillas color blanco a pardo muy claro fueron observadas en todas las mediciones; lo que reafirma lo descrito por SALAZAR (1986), que señala que los paltos poseen un sistema radicular superficial en que es posible apreciar una densa proliferación de raíces finas en los primeros centímetros de la superficie.

#### 4.1.2.4. Fenología del crecimiento superficial de raíces:

La aproximación fenológica del crecimiento radicular en superficie se asemeja a la descrita por WHILEY *et al*, (1988), ya que presenta dos flash bien definidos (Figura 7).

Ya en el mes de noviembre se aprecia un aumento en el número de raíces, el cual se hace más evidente a partir los primeros días de diciembre, alcanzando un valor máximo a fines de enero. El cese de la actividad radicular se hace evidente con un brusco descenso en el número de raíces activas, llegando a valores muy bajos en la primera quincena de marzo.

El período en el cual las raíces no mostraron signos de actividad, se extiende por una semana, para luego, a

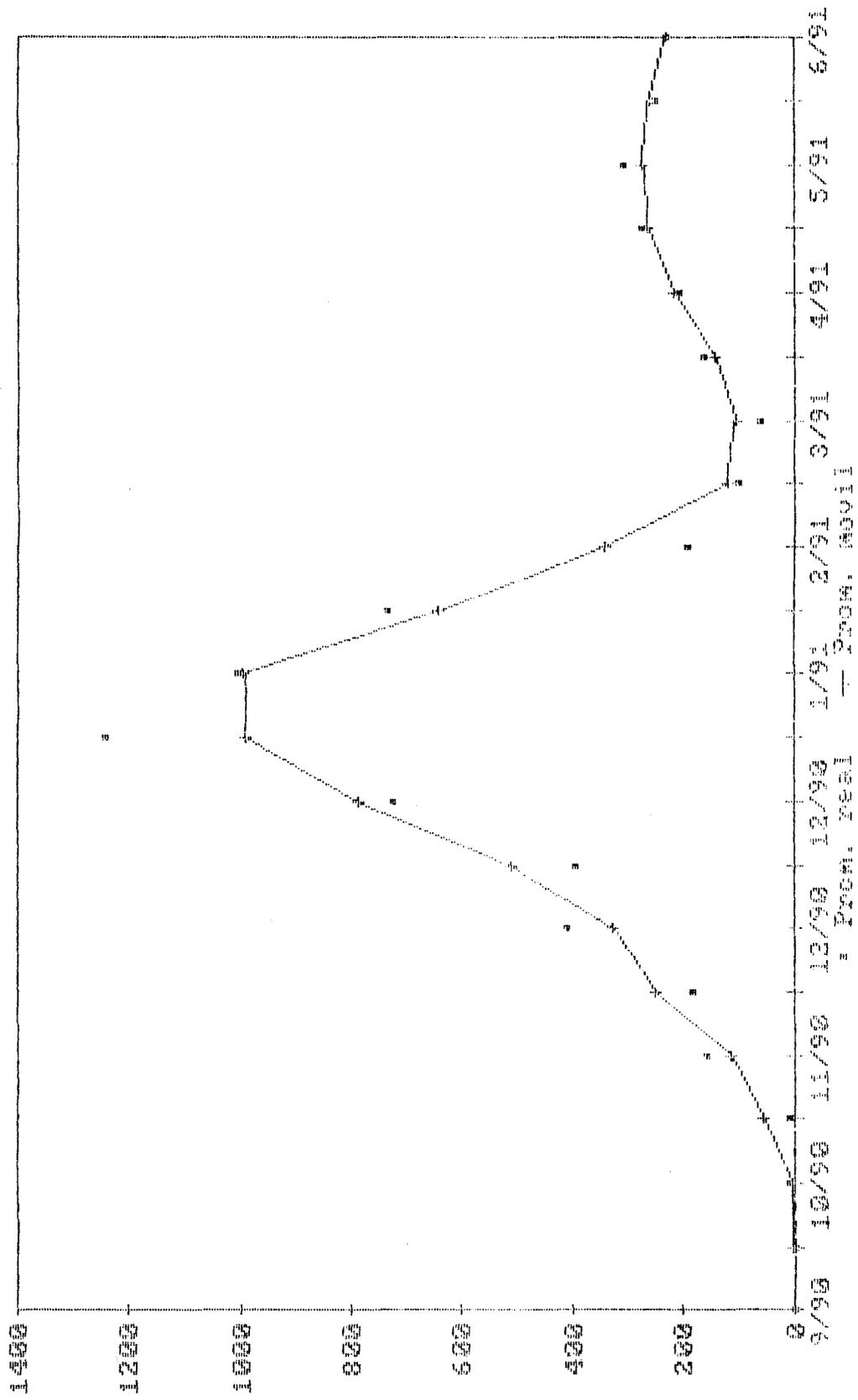


FIGURA 7. Ciclo de crecimiento de raíces superficiales del palto (Persea americana Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile. 1990-1991.

partir de los primeros días de abril, comenzar una segunda etapa de crecimiento, esta vez, al igual que la tasa vegetativa, mucho menos intensa que el primer flash.

En la secuencia general del gráfico se aprecia un desplazamiento de a lo menos dos meses en el crecimiento radicular respecto a la curva modelada en Queensland, Australia, por WHILEY et al, (1988) (Anexo 5).

El desarrollo radicular aumenta una vez que la curva de desarrollo vegetativo decae, a su vez, cuando el desarrollo de raíces se ve deprimido, nuevamente aumenta la actividad vegetativa.

WHILEY et al, (1988), aseguran que la interdependencia entre raíces y brotación produce un patrón cíclico en las brotaciones de los tallos y cuando la relación entre los nuevos brotes y raíz aumenta a favor de los brotes, el crecimiento vegetativo declina y el crecimiento de la raíz aumenta recuperándose el balance (Figura 8)

Existe por lo tanto, una interacción directa entre el crecimiento vegetativo y el radicular, existiendo una

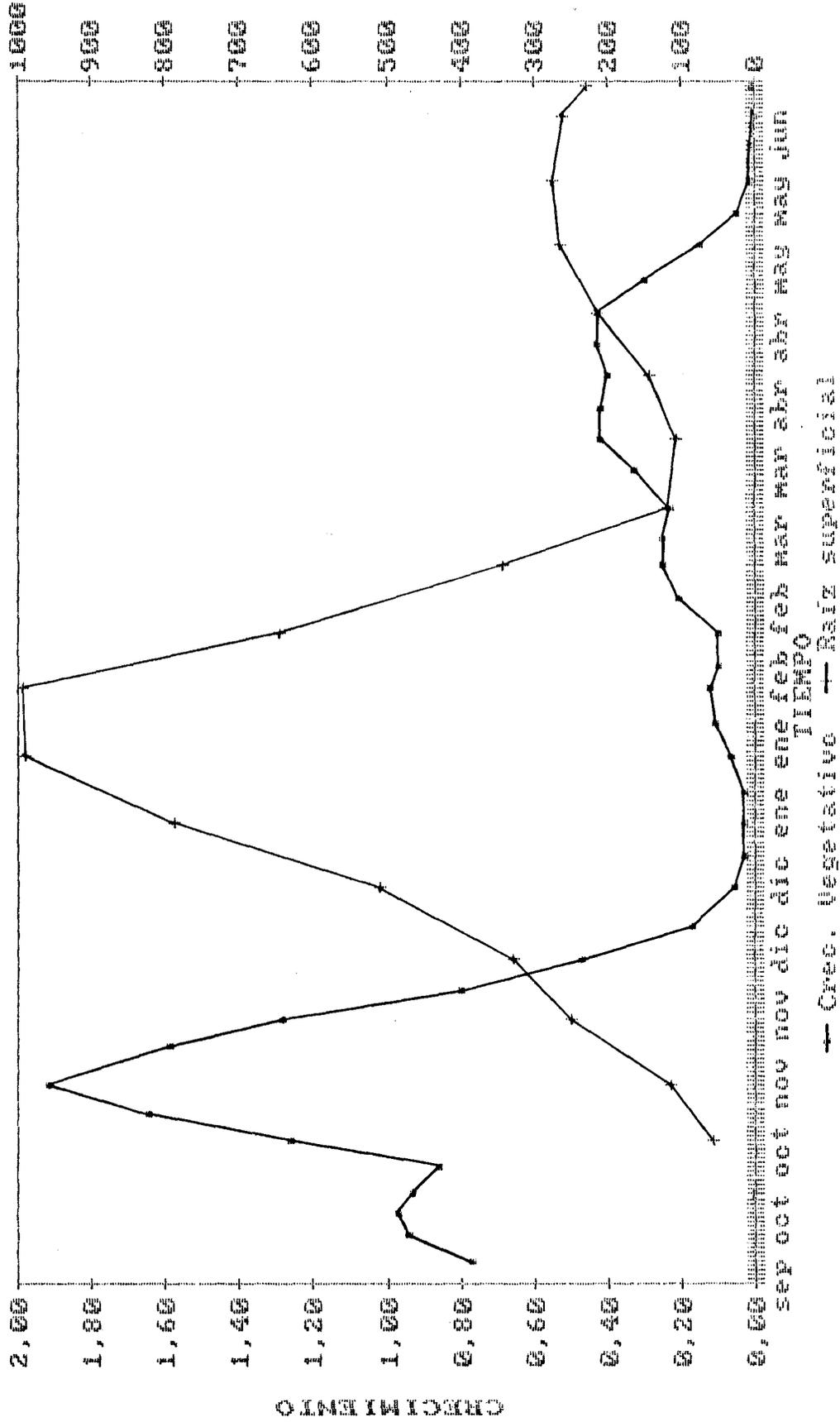


FIGURA B. Ciclo de crecimiento vegetativo y radicular (superficial) del palto (*Persea americana* Mill.). cultivar Fuerte, Quillota, Chile, 1990-1991.

compensación de ambos crecimientos. La aproximación fenológica de raíces superficiales, refleja de buena manera el comportamiento radicular activo del árbol, dado a la gran influencia ejercida por las raíces superficiales en la nutrición general de éste.

La correlación establecida entre el crecimiento radicular superficial por rangos y la temperatura (Cuadro 3), expresa un alto grado de asociación entre la etapa de activo crecimiento del primer flash (primera mitad del primer peak) y la temperatura máxima o de la tarde.

Similar situación se da en el período comprendido entre el fin del receso radicular y el peak del segundo flash (primera mitad del segundo crecimiento), sin embargo, este último resultó ser estadísticamente válido respecto a la temperatura de la mañana o mínima. Cabe destacar, que las diferencias entre la temperatura tomada a las 8:00 hr (mínima) y la tomada a las 15:00 hr (máxima), expresan una muy pequeña variación, la que se acentúa más en los períodos más fríos. A pesar de esto, la diferencia entre la mínima y la máxima en la mayor parte de las mediciones, no superó los 3oC.

No hubo correlación estadísticamente válida entre los crecimientos de la segunda mitad de ambos flash y la temperatura, por lo que se puede afirmar que la desminución de la tasa de crecimiento no está relacionado con la temperatura. Por el contrario, ambos períodos de mayor actividad radicular se relacionan positivamente con la temperatura, lo que permite establecer que el activador o regulador de la tasa de crecimiento radicular en los períodos de mayor crecimiento es la temperatura.

La Figura 8 describe la alternancia de crecimientos, entre el ciclo vegetativo y el radicular.

Cuando el nivel de carbohidratos es máximo, poco antes de la primavera, el flash de crecimiento vegetativo depende solamente del nivel térmico para "gatillar" el ciclo. Una vez que se dan las condiciones de temperatura, el crecimiento vegetativo se desarrolla explosivamente importando carbohidratos los primeros 42 días (WHILEY, 1990). Una vez generadas las primeras estructuras fotosintéticas comienza la etapa de exportación neta (a partir del día 65). Una vez alcanzado el primer peak, momento en el cual el nivel nutricional no es suficiente para sustentar el volumen vegetativo, disminuye bruscamente la tasa de crecimiento, al mismo tiempo en

que las raíces han alcanzado su nivel térmico de activación. El crecimiento radicular se hace evidente a medida que la temperatura va aumentando hasta el punto en que haya equilibrado el volúmen vegetativo. Similar situación acontecería en el segundo flash vegetativo, a pesar que no se encontró una asociación de valor entre el crecimiento del segundo flash y la temperatura.

#### 4.1.3. Desarrollo reproductivo floral:

El desarrollo floral está representado gráficamente en el tiempo a través de una aproximación realizada en base al número de flores abiertas. Por otra parte, son descritos una serie de fenómenos relacionados con el comportamiento floral y su influencia en la fenología.

##### 4.1.3.1. Comportamiento sexual:

Con el fin de establecer la influencia de la temperatura en el comportamiento sexual de la mañana y la tarde, se realizó una correlación entre el estado sexual y la temperatura máxima y mínima previa a su apertura.

El Cuadro 4 muestra que existe correlación estadísticamente significativa entre el número de flores hembras abiertas en la tarde y la temperatura máxima del día anterior, es decir, que mientras mayor sea la temperatura del día anterior (en la tarde), mayor número de flores hembras se puede esperar en la tarde del día siguiente. Situación similar se visualiza en el caso de las flores masculinas, en que a una temperatura mayor en la tarde previa, menor es el número de flores masculinas que abren.

Las aperturas de la mañana para ambos sexos en función de la temperatura máxima o de la tarde anterior, no muestran asociaciones estadísticamente válidas, al igual que todo el comportamiento floral respecto a las temperaturas nocturnas o mínimas.

Al analizar las correlaciones válidas obtenidas, se deduce que las altas temperaturas de la tarde (máxima diurna), favorecen la condición femenina en la tarde del día siguiente y reprimen la masculina, favoreciendo así la condición del patrón tipo B descrita por NIRODY (1922) y STOUT (1932), en que las flores de palto se muestran femeninas en la tarde y masculinas en la mañana

CUADRO 4. Correlación entre numero de flores abiertas y Temperatura máxima y mínima

Condicion Apertura	TEMP. MAXIMA	TEMP. MINIMA
FEMENINO A. M.	0,2534 (0,3437)	0,1393 (0,6070)
MASCULINO A. M.	-0,4586 (0,0740)	0,0345 (0,8991)
FEMENINO P. M.	0,5126 (0,0500)*	0,241 (0,3686)
MASCULINO P. M.	-0,5001 (0,0499)*	0,3571 (0,1745)

( ) Nivel de significancia según prueba t-Student  
 \* significancia menor al 0,05, indica asociación estadísticamente significativa

siguiente. De la correlación se deduce también que a medida que la temperatura de la tarde (máxima diurna) disminuye, el estado masculino predominará sobre el femenino en la tarde siguiente, rompiendo por completo el esquema tipo B estructurado. La situación ahora, es saber cuán alta debe ser la temperatura para lograr una marcada tendencia al patrón B en la tarde.

LESLEY Y BRINGHURST (1951), observaron que cultivares Fuerte no tuvieron flores femeninas cuando el rango de temperaturas registradas estaba entre 11,5°C la mínima 21,5 la máxima.

SEDGLEY (1977) y SEDGLEY y GRONT (1983), definieron que el óptimo de temperaturas diurnas para la floración, polinización y cuaja en los cultivares tipo B (Fuerte y Sharwil) es de 25°C en el día y de 20°C en la noche. Bajo estas condiciones el traslape se llevaría a cabo en condiciones normales con el estigma receptivo y polen suficiente.

Más tarde WHILEY (1987), demostró que la autopolinización puede darse en el cultivar Fuerte, cuando las temperaturas se perfilan desde los 25°C en el día y 10°C en la noche.

Cabe hacer notar, que el estudio de WHILEY (1987), refleja un rango óptimo para autopolinización, descartando de esta manera el patrón tipo B rígido ya descrito.

La Figura 9 refleja que en la tarde de todos los días evaluados, el número de flores masculinas alcanza al 89,8%, superando largamente a las femeninas representadas por un 10,2%, del total abiertas en la tarde.

SEDGLEY (1987), señala que con bajas temperaturas, (fuera del rango óptimo de 25°C en el día y 10°C en la noche), menos del 10% de las flores abre en estado femenino.

Los resultados expuestos, junto a los antecedentes bibliográficos, hacen pensar que lo más probable es que la temperatura alcanzada en la tarde (máxima diurna), no haya llegado a los niveles mínimos descritos por SEDGLEY y GRANT (1983) para la dicogamia, y los de WHILEY (1987) para una óptima autopolinización. Dado lo anterior, se puede esperar un bajo nivel de flores femeninas, así como también un patrón de desarrollo floral indefinido.

La Figura 10 refleja la distribución de las temperaturas máximas y mínimas en el lapso de evaluación floral. Se aprecia que ninguna temperatura máxima superó los 25°C, justificando plenamente los niveles de apertura floral femenino obtenidos.

Respecto a la incidencia de las temperaturas mínimas o nocturnas en la floración de la tarde, estadísticamente

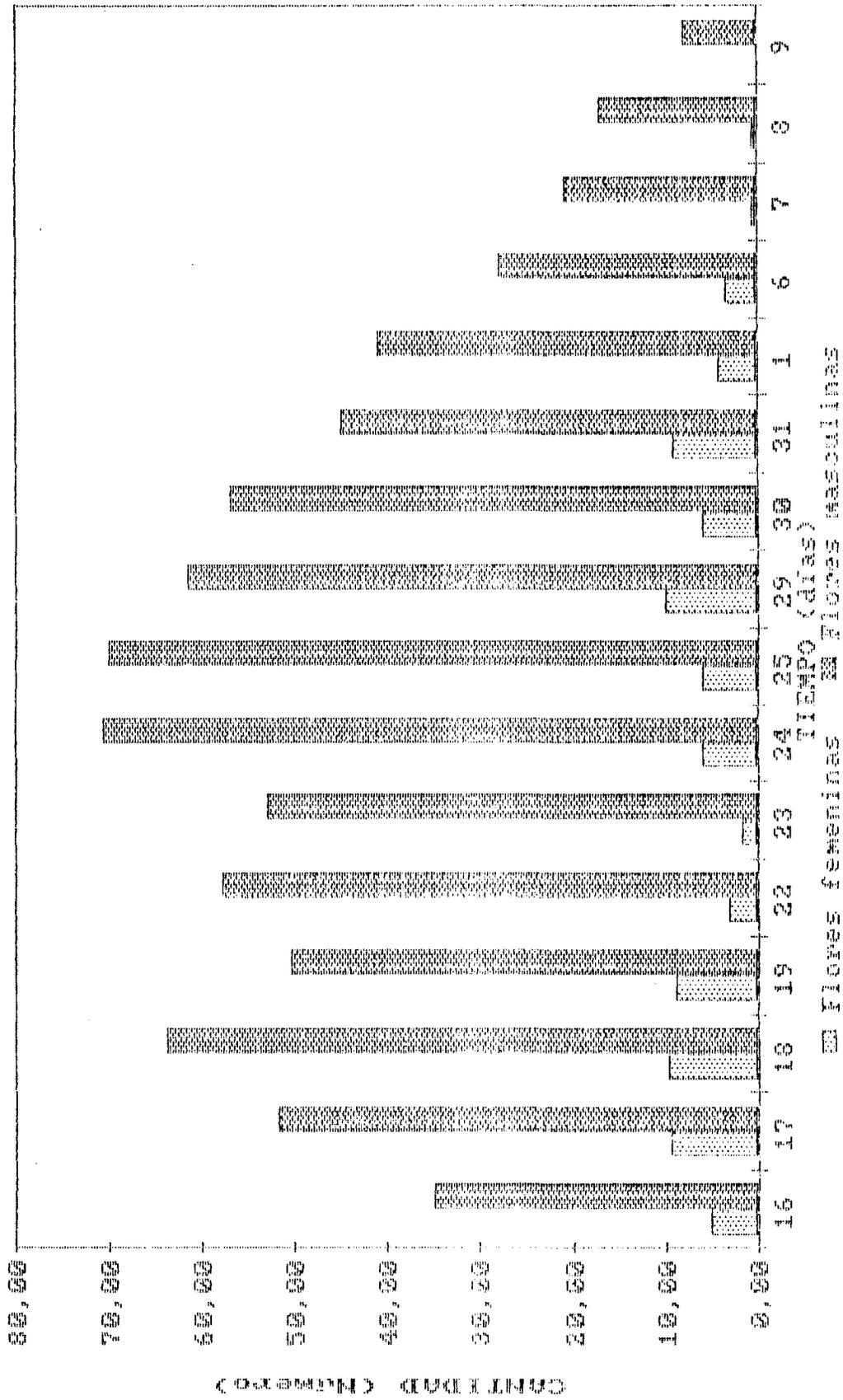


FIGURA 9. Número de flores masculinas y femeninas abiertas en la tarde del palto (*Persea americana* Mill.), cultivar Fuerte en la provincia de Quillota, V región, Chile. Octubre-Noviembre, 1990-1991.

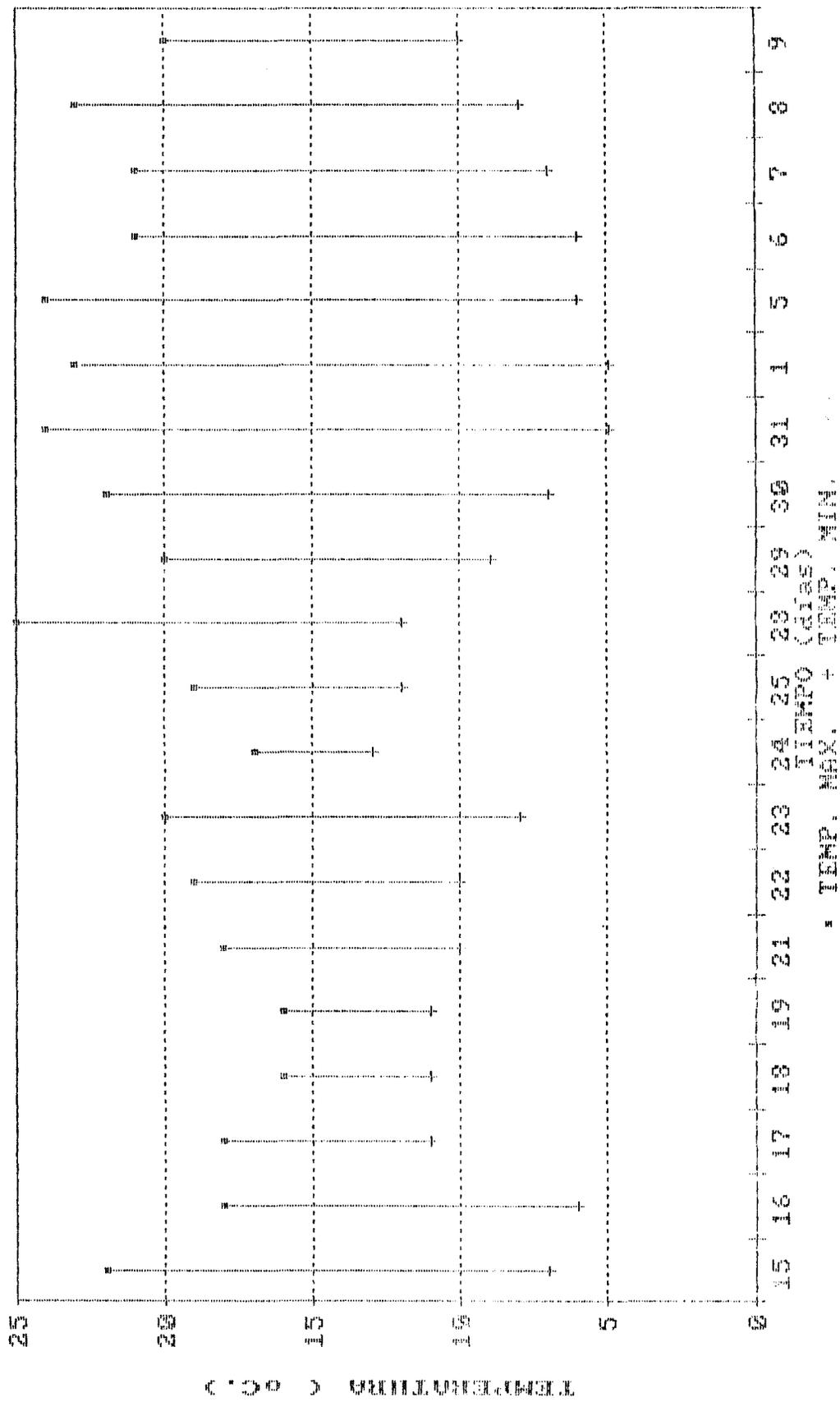


FIGURA 10. Temperaturas máximas y mínimas durante el período de evaluación floral, para palto (*Persea americana* Mill.), Quillota, V región, Chile. 1990-1991.

no hay bases, sin embargo, al observar nuevamente la Figura 10, aproximadamente el 55% de los datos de temperatura nocturna no superaron los 10°C señalados como para una óptima autopolinización. Por otra parte, ninguna temperatura alcanzó los 15°C necesarios para obtener un patrón tipo E. La influencia de las temperaturas máximas diurnas y nocturnas en el comportamiento floral de la mañana, no tiene base estadística cierta, sin embargo, en todas las evaluaciones efectuadas, solamente un día predominaron las flores femeninas respecto a las masculinas, alcanzando estas últimas al 80,8% del total medido en la mañana (FIGURA 11).

Basado en los resultados obtenidos, se puede asegurar que el patrón tipo B, no se cumple para la apertura en la tarde, obteniéndose un bajo número de flores femeninas debido a las bajas temperaturas máximas alcanzadas en este período.

Descriptivamente, tampoco se observó dicogamia protogínea en la mañana, alcanzando al 85% el número de machos en la mañana y tarde del total abierto, y solamente un 14% como femenino (Anexo 6).

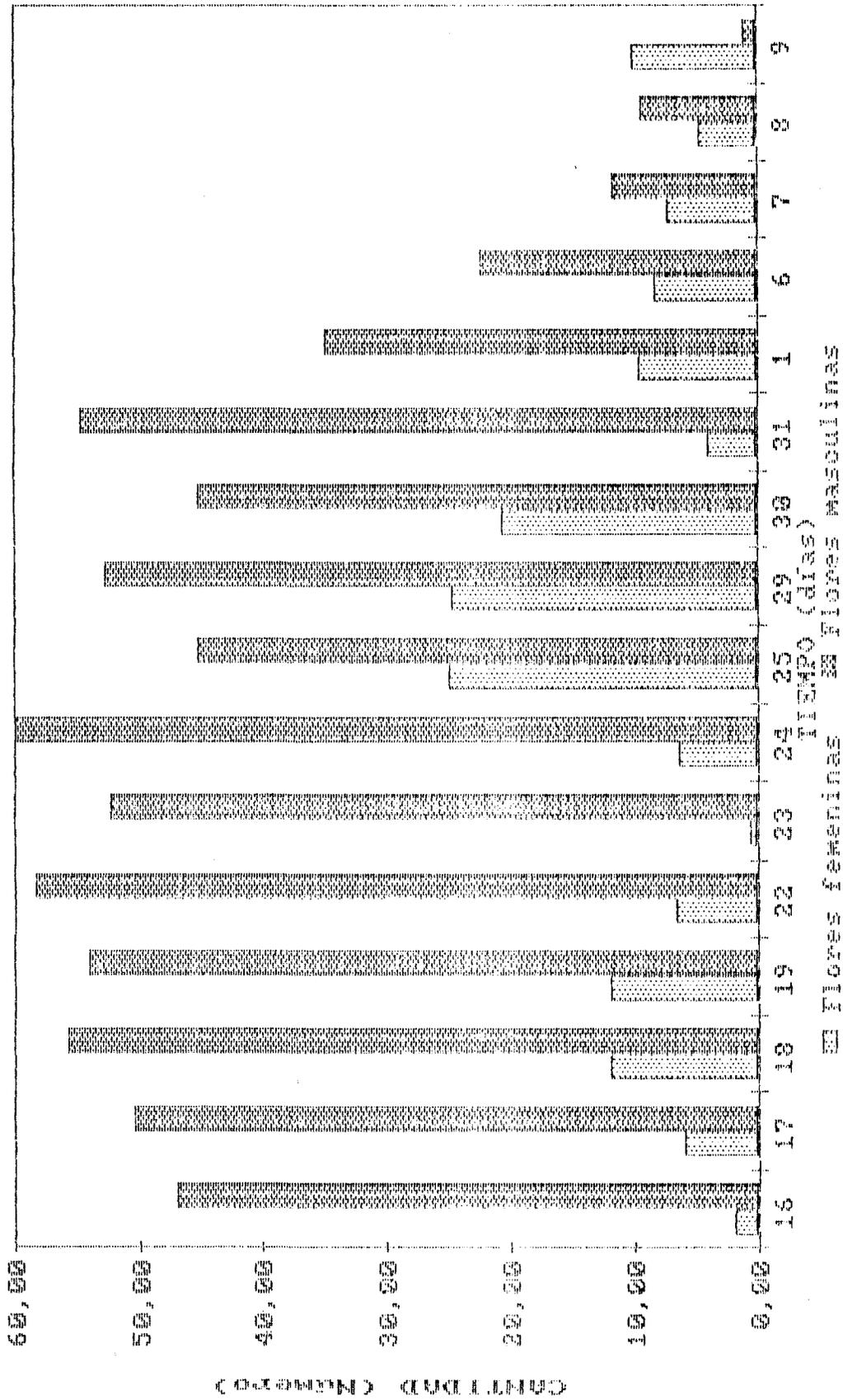


FIGURA 11. Número de flores masculinas y femeninas abiertas en la mañana del palto (*Persea americana* Mill.), cultivar Fuerte en la provincia de Quillota, V región, Chile. Octubre-Noviembre, 1990-1991.

SEDGLEY (1977) demostró que temperaturas menores a 10°C provocan un retardo en la floración y cuaja. Probablemente las bajas temperaturas no hagan mas que dispersar las flores femeninas en el tiempo, bajando los porcentajes de apertura por período (A.M. y P.M), pero traslapándose sin patrón de comportamiento. Este desplazamiento en el tiempo ve mermada la posibilidad de fertilización, tanto por el desequilibrado número de machos, como por la actividad de los polinizadoras

#### 4.1.3.2. Aproximación fenológica floral:

La curva de desarrollo floral no muestra una fecha definida de inicio dado el avanzado estado de floración en que se encontraba el huerto, sin embargo se describe claramente un gran peak, con una depresión intermedia delineando dos niveles máximos de número de flores abiertas (Figura 12).

El peak de apertura floral se desarrolla entre mediados de octubre y comienzos de noviembre, para decaer bruscamente durante el mes de noviembre hasta un valor mínimo de flores abiertas a fines de este mes y comienzos del siguiente (Figura 13).

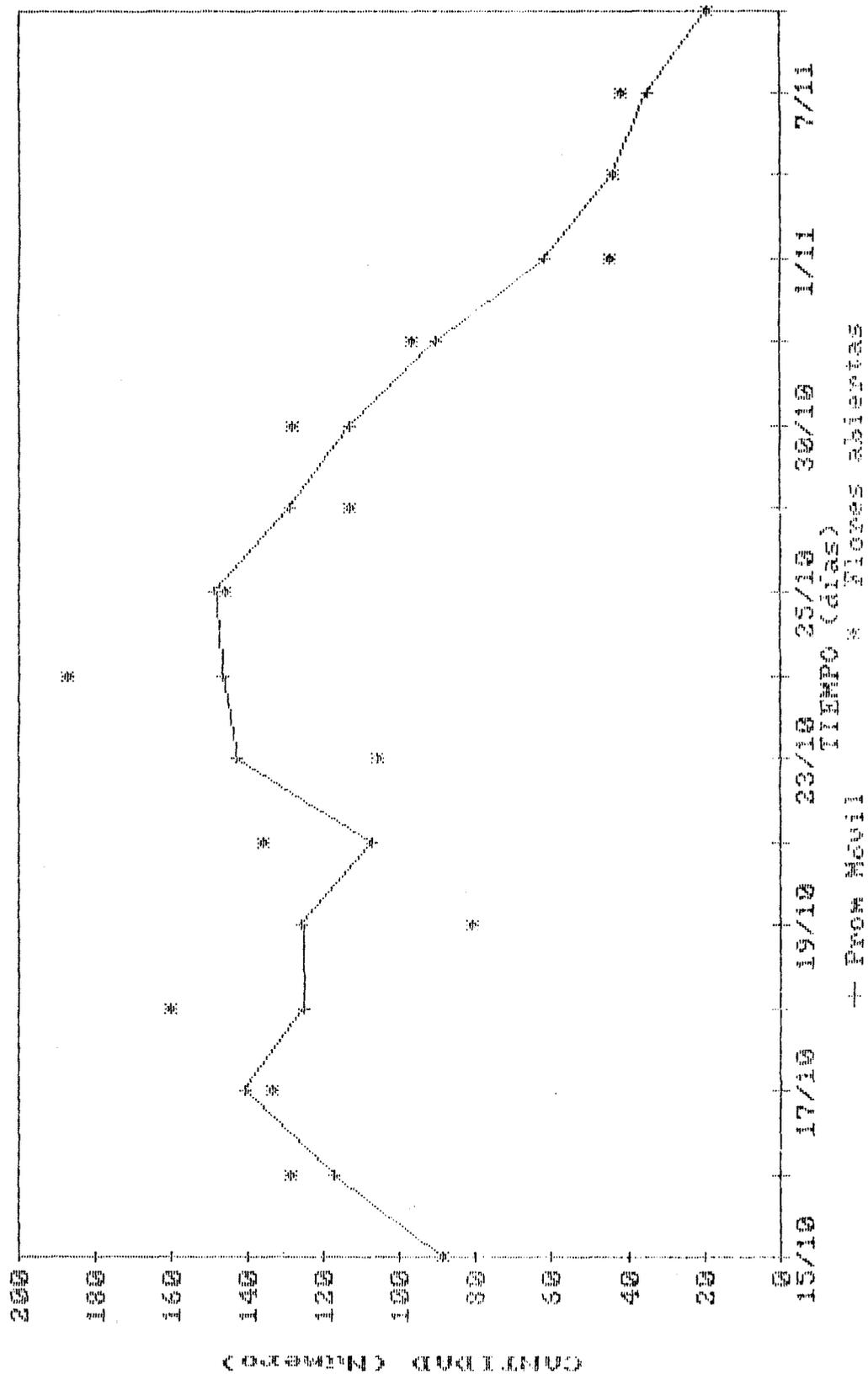


FIGURA 12. Total de flores abiertas del palto (Persea americana Mill.), cultivar Fuerte en la provincia de Quillota, V región, Chile. 1990-1991.

La posición de la curva de desarrollo floral coincide con la curva descrita por WHILEY et al, (1988), respecto al desarrollo vegetativo, ubicándose en un vasto sector de este flash. Sin embargo, la ocurrencia en el tiempo es más retardada, desplazándose un mes aproximadamente, respecto a la diseñada en Queensland.

Probablemente este comportamiento esté dado a la condición climática más fría de Quillota, originando un retardo natural de todo los eventos, hasta alcanzar temperaturas más altas, adecuadas para un mínimo desarrollo. Las temperaturas alcanzadas en Queensland son mucho más altas que, fuera de estimular una floración más temprana, favorecen las condiciones para una óptima polinización y cuaja.

#### 4.1.4. Desarrollo de frutos:

Las flores que lograron cuajar de las ramillas monitoreadas, fueron medidas polar y ecuatorialmente a partir del mes de diciembre cuando los frutitos mostraron un diámetro de 2mm. Tanto en crecimiento polar como el ecuatorial, se mostraron continuos en el tiempo, durante los meses de diciembre a junio, y muy similares en su

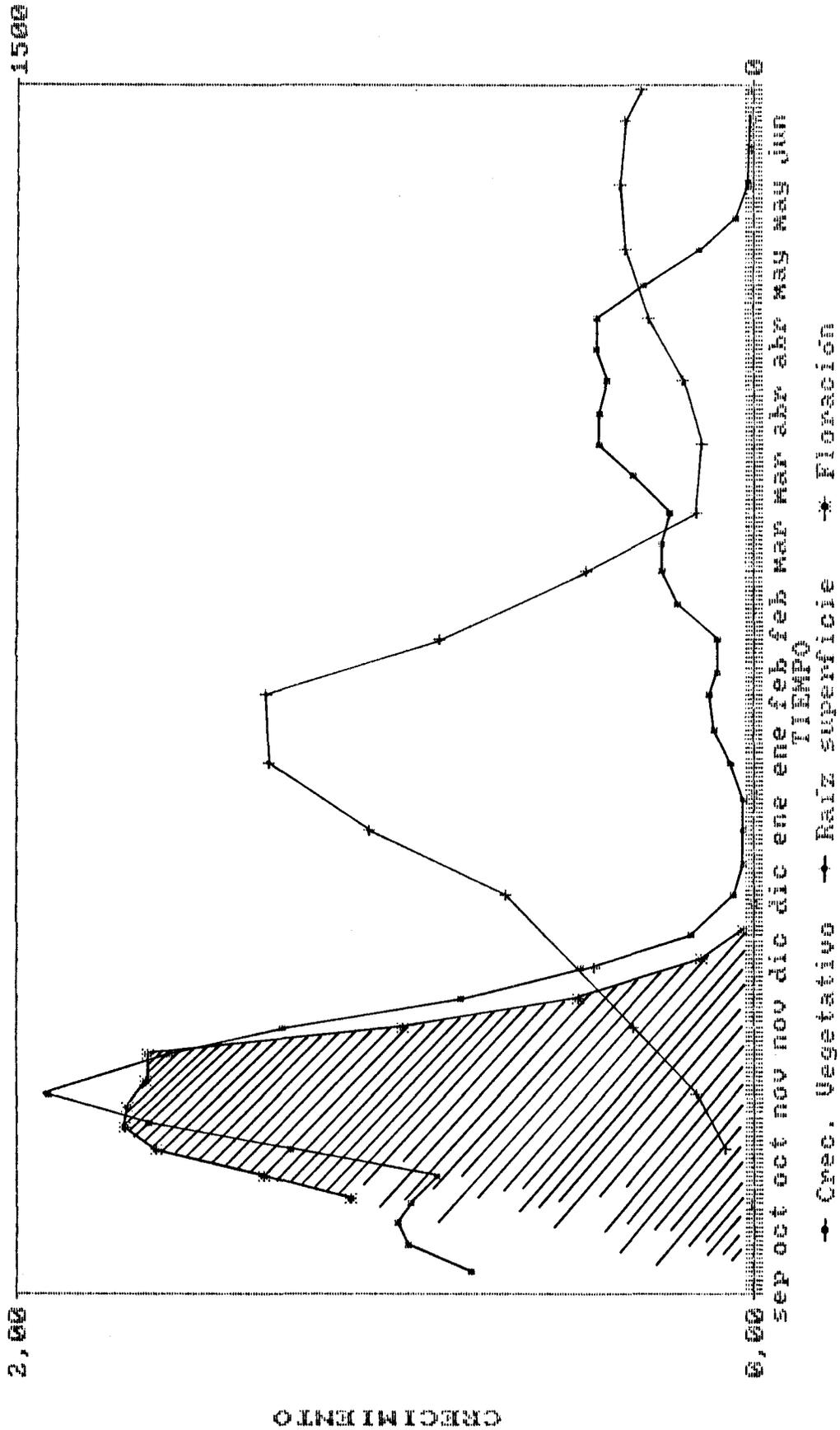


FIGURA 13. Ciclo de desarrollo Floral, Vegetativo y radicular del palto (*Persea americana* Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile. 1990-1991.

desarrollo (Figura 14 y 15).

CHANDLER (1962) señala que a diferencia de los frutos de las especies caducas, el tamaño de las células se mantiene relativamente constante durante todo el desarrollo frutal, mostrando una división celular continua hasta la maduración, demostrando incluso que las células pueden mantenerse aisladas en división por más de cinco meses.

A mediados de abril el diámetro polar tiende a estabilizarse, manteniendo siempre su crecimiento. Por otra parte, el crecimiento ecuatorial muestra una relativa estabilización a partir de mayo. Las curvas "simple sigmoidea" obtenidas concuerdan con la descrita por BAEZ (1981), que evaluó el desarrollo del fruto en base a su peso a través del tiempo, desde el mes de febrero hasta noviembre.

#### 4.1.4.1. Fenología de frutos:

De las ramillas medidas se evaluó el número de frutos que fueron cayendo a lo largo del ciclo. En forma paralela se

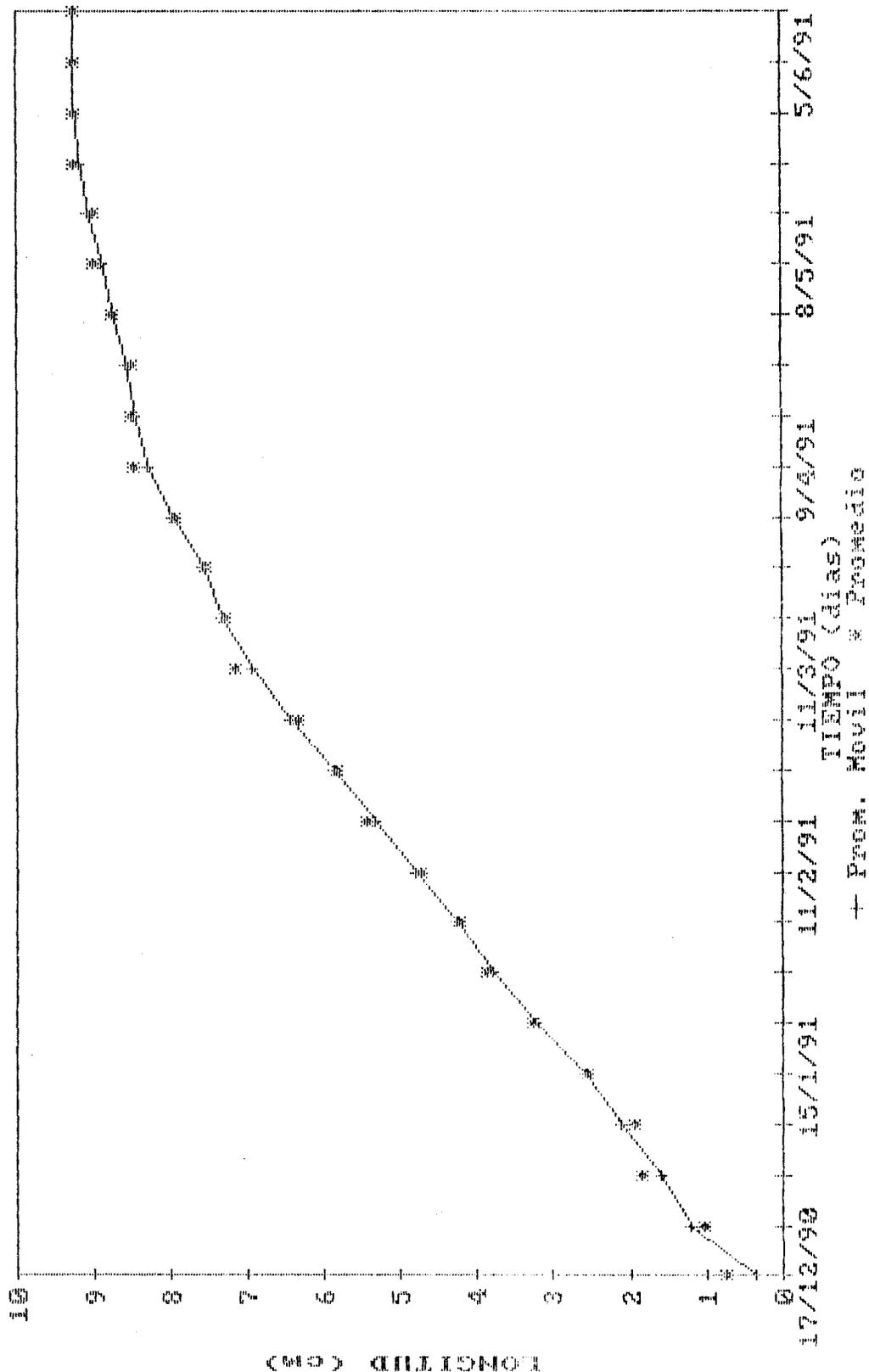
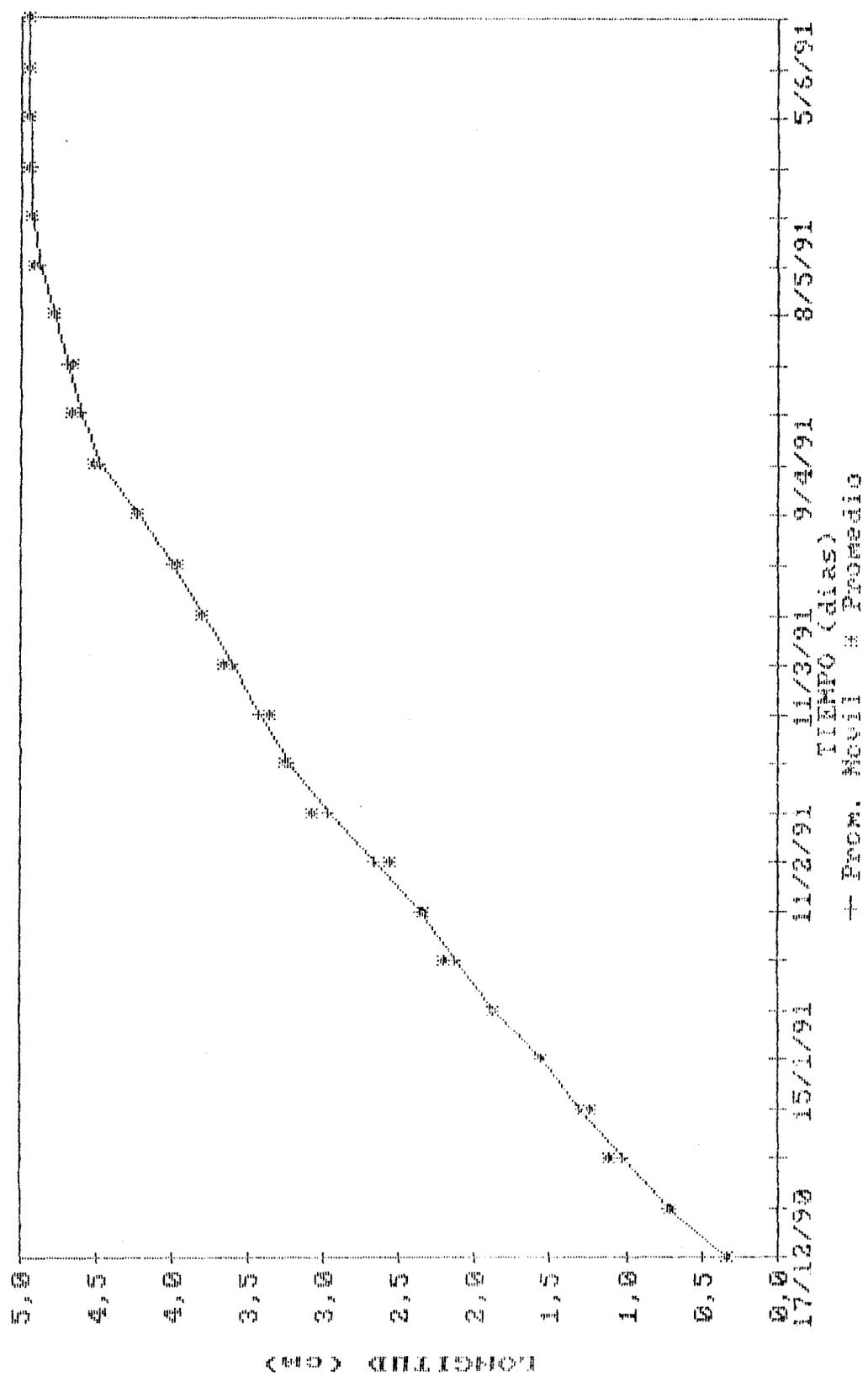


FIGURA 14. Curva de crecimiento polar de frutos del paltos (Persea americana Mill.), cultivar Fuerte en la provincia de Quillota, V region, Chile. 1990-1991.



CUADRO 15. Ciclo de crecimiento ecuatorial de frutos del palto (Persea americana Mill.), cultivar Fuerte en la provincia de Quillota, V region, Chile. 1990-1991.

observó el comportamiento general del árbol respecto al desprendimiento de frutos, a través de contenedores localizados bajo la copa.

Si bien ambas evaluaciones describen dos peak de caída de fruta, la evaluación general del huerto con contenedores sólo mostró parte del ciclo total, dado que la instalación del sistema se llevó a cabo en el momento de aborto generalizado. Por otra parte, se pudo realizar la curva completa a partir de las ramillas evaluadas, ya que existió un seguimiento de los frutos desde su cuaja. Si bien el número total de frutos evaluados fue muy reducido, es esta caída la que mejor refleja la incidencia del crecimiento vegetativo ya detallado.

El desprendimiento de frutos de las ramillas evaluadas se hace importante a partir de la última semana de octubre, llegando rápidamente al peak a mediados de diciembre. El cese de este fenómeno es igual de intenso como el inicio, observándose ya en enero un aborto mínimo. No hubo caídas perceptibles desde la última semana de enero hasta mediados de marzo, fecha en que se inicia una segunda etapa de desprendimiento, que se mostró muy insignificante respecto al anterior de primavera. El peak

es alcanzado en el mes de abril, para llegar a cero a comienzos de mayo (Figura 16).

La descripción gráfica de la caída de frutos generalizada bajo la canopia de los árboles, muestra un aumento en el número de frutos desprendidos a partir de octubre, alcanzando un valor mínimo en diciembre. De ahí en adelante la curva se mantiene asintótica hasta principios de marzo donde comienza el segundo golpe de caída, el cual se hace máximo en abril, llegando posteriormente a cero en la primera semana de junio (Figura 17).

Al insertar la aproximación gráfica del aborto de frutos, a los eventos fenológicos ya descritos, se puede visualizar que el primer flash vegetativo coincide con la floración, quedando el flash de caída de frutos, inmediatamente contiguo a la curva de crecimiento de brotes y con el inicio del primer flash radicular. A su vez, el segundo peak de caída (más deprimido), coincide plenamente con el segundo flash vegetativo (Figura 18).

La descripción de la caída de frutos dentro del ciclo fenológico, se asemeja a la confeccionada por WHILEY et al, (1988), salvo por la intensidad de caída, que describe ser mayor en verano que en primavera. La disposición en el tiempo de la caída de frutos aparece

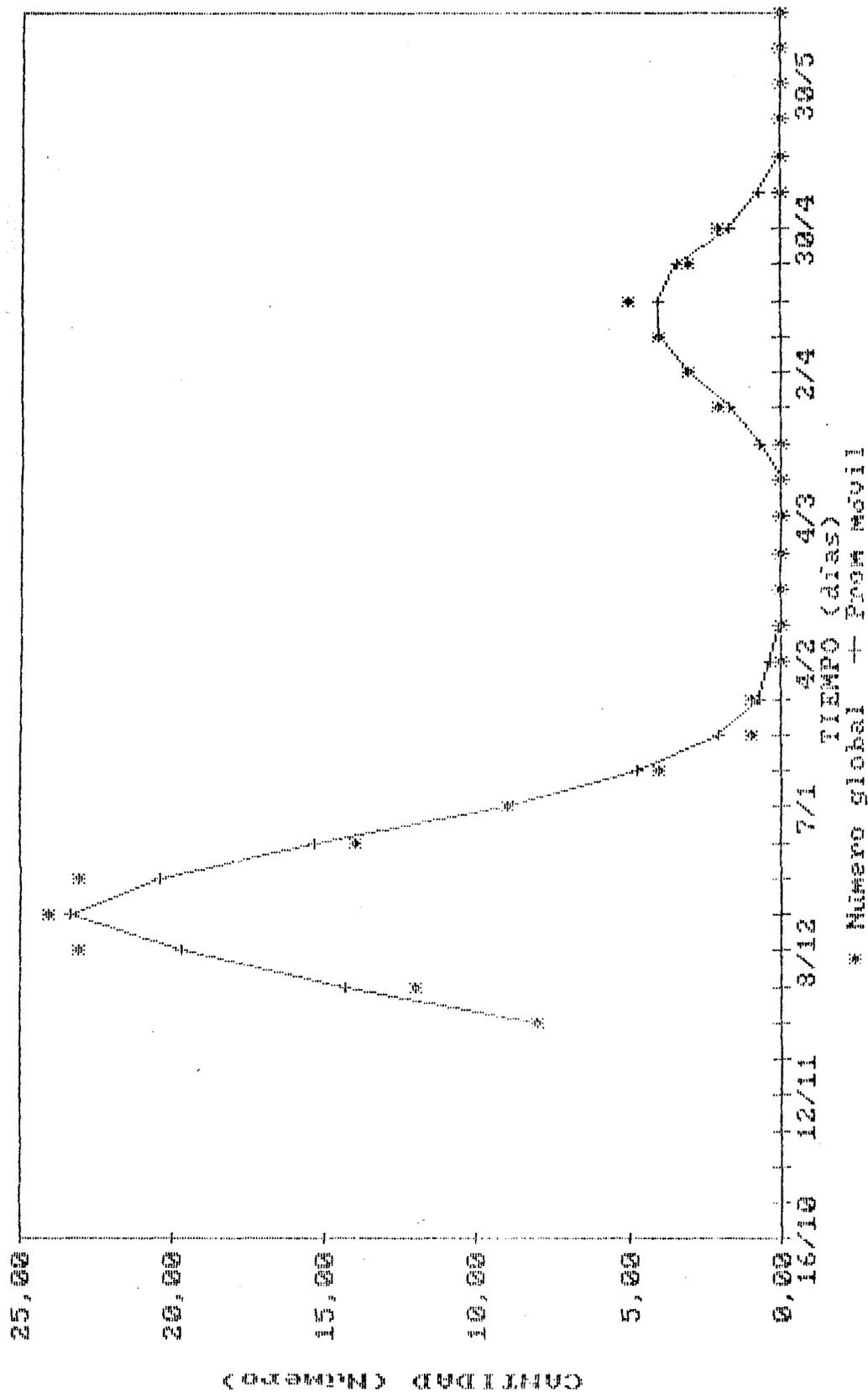


FIGURA 16. Caída de frutos de ramillas individuales del pinto (Persea americana Mill.), cultivar Fuerte en la provincia de Quillota, V region, Chile. 1990-1991.

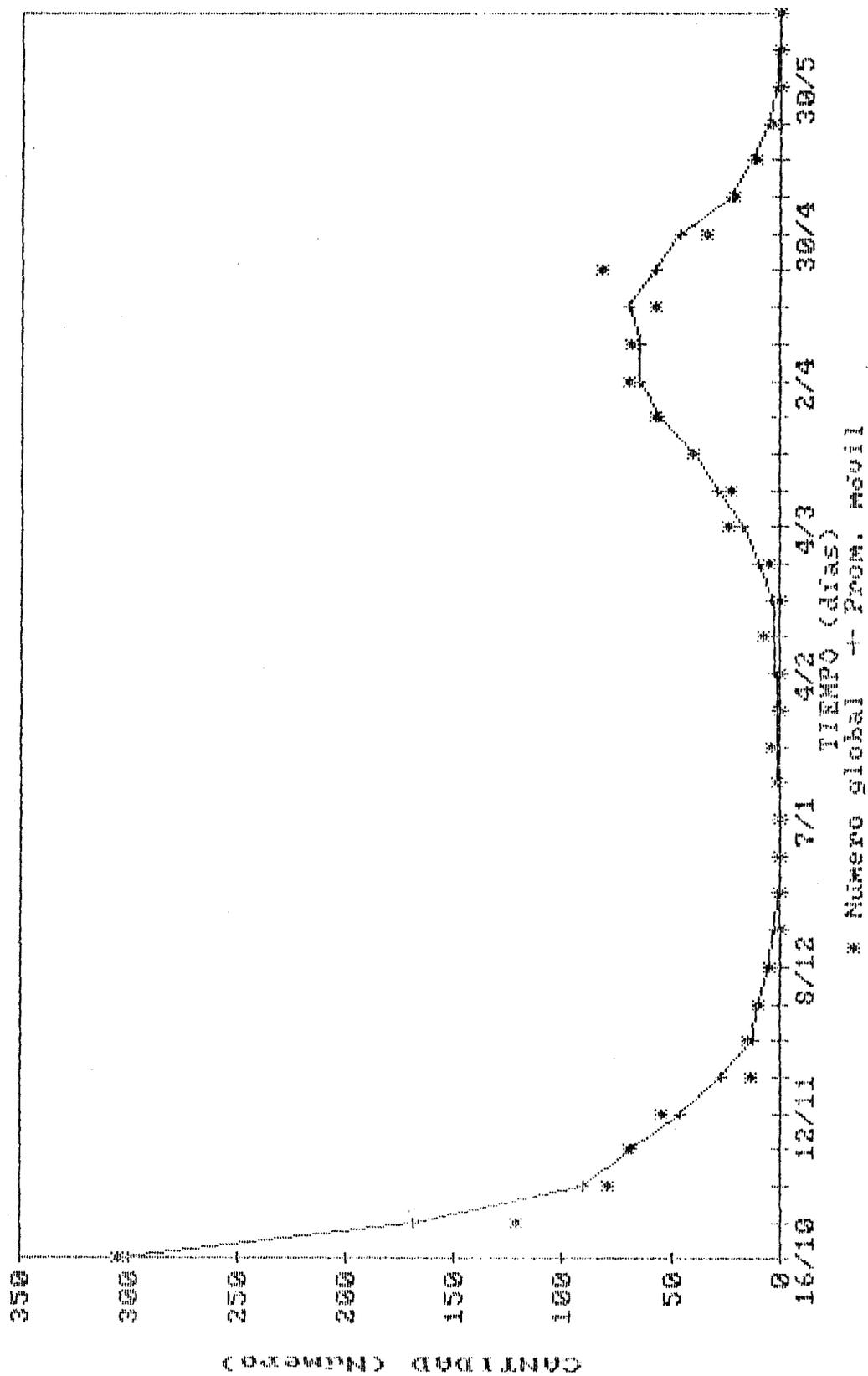


FIGURA 17. Caída de frutos en contenedores del palto (Persea americana Mill.), cultivar Fuerte en la provincia de Quillota, V region, Chile. 1990-1991.

desplazada dos meses después que la descrita por WHILEY et al, (1988), probablemente inducida por el desplazamiento global de los demás fenómenos fenológicos.

SEDGLEY (1980) señala que sobre el 90% de los frutos caídos durante la primera semana después del final de la floración no fueron fertilizados y un 18% de frutos anormales. Las anomalías incluyen a ovarios con más de un saco embrionario u óvulo, con un saco embrionario inmaduro, óvulos en mala posición o con alguna deficiencia estructural. Agrega además que cuatro semanas después de finalizada la floración todos los frutos caídos estaban fertilizados y ninguno era anormal, no existiendo razones anatómicas para la alta tasa de frutos caídos. Ante esta situación SEDGLEY (1987), sugiere que el alto nivel de aborto observado se debe a efectos de competencia, agregando que existe una interacción no sólo entre frutos, sino que también, entre frutos y desarrollo vegetativo. Señala también, que el brote vegetativo que va por sobre los frutos ejerce una directa competencia con los frutitos.

Por otra parte WHILEY et al, (1988), señalan que al coincidir la caída de frutos con el primer flash vegetativo, se ejerce una mutua competencia entre los frutitos y el brote por la limitada fuente de recursos. También agrega, que la etapa más importante es la segunda caída de frutos, que al igual que en la caída de primavera está asociada al desarrollo vegetativo, compitiendo por los recursos entre sí. Sin embargo, más tarde WHILEY et al, (1990), agregan que la magnitud de la segunda caída de frutos está correlacionada directamente con la retención de fruta al madurar repentinamente en primavera. Más tarde WHILEY et. al. (1991) señala que parece no haber relación entre la caída de fruta en ese periodo y el crecimiento repentino de verano.

WOLSTENHOLME, WHILEY y SARANAH (1990), han demostrado que las condiciones ambientales durante este periodo aumentan la tasa de caída de fruta. Sin embargo, es probable que el mayor impacto respecto a esta pérdida sea la limitación de recursos que se presenta antes de finalizar la madurez repentina de primavera WHILEY et al, (1991).

Contrario a lo señalado por WHILEY et al, (1988), la segunda caída de frutos no se mostró intensa, inclusive HERNANDEZ (1991), en sus evaluaciones, muestra que para el cultivar Hass no hay un segundo periodo de caída de fruta. Las razones que pueden estar influenciando este bajo nivel de desprendimiento de verano puede deberse a la limitada influencia del brote vegetativo, dado al escaso desarrollo exhibido, restringiendo así su competencia por carbohidratos, los que según SCHOLEFIELD, SEDGLEY y ALEXANDER (1985) se encuentran en su nivel más bajo durante el crecimiento del segundo flash. Por otra parte, la fruta concebida en la temporada anterior fue cosechada previo a este periodo, evitando así ejercer un sink importante en los nuevos frutos.

Importante es también, la influencia de los niveles hídricos aportados en esta época, ya que según WHILEY et al, (1988) una deficiencia en esta etapa, fuera de influir en el calibre final, puede tener decisiva importancia en el número de frutos abortados.

La caída de frutos probablemente se deba a la competencia ejercida entre el crecimiento vegetativo, la floración y los frutitos que van cuajando, ejerciendo así, el flash

vegetativo un poderoso sink, en desmedro, tanto de la flor como de los frutitos, independiente de la mutua competencia que cada uno de los eventos ejerce.

También cabe señalar, que dadas las temperaturas de suelo en el periodo de floración y cuaja, y basado en las investigaciones de WHILEY (1990)\*, que señala que la conductividad radicular es mínima con niveles térmicos bajos, se puede esperar un déficit hídrico generalizado, pese a que los niveles aportados sean los recomendados, generando así un aborto de frutitos en este lapso.

Este punto será abordado más adelante, en el capítulo de manejo de recursos hídricos.

(\*) WHILEY, A.W. 1990. Senior horticulturist, 1990. Maroochy Horticultural Research Station, Nambour. Queensland Australia. Comunicación personal.

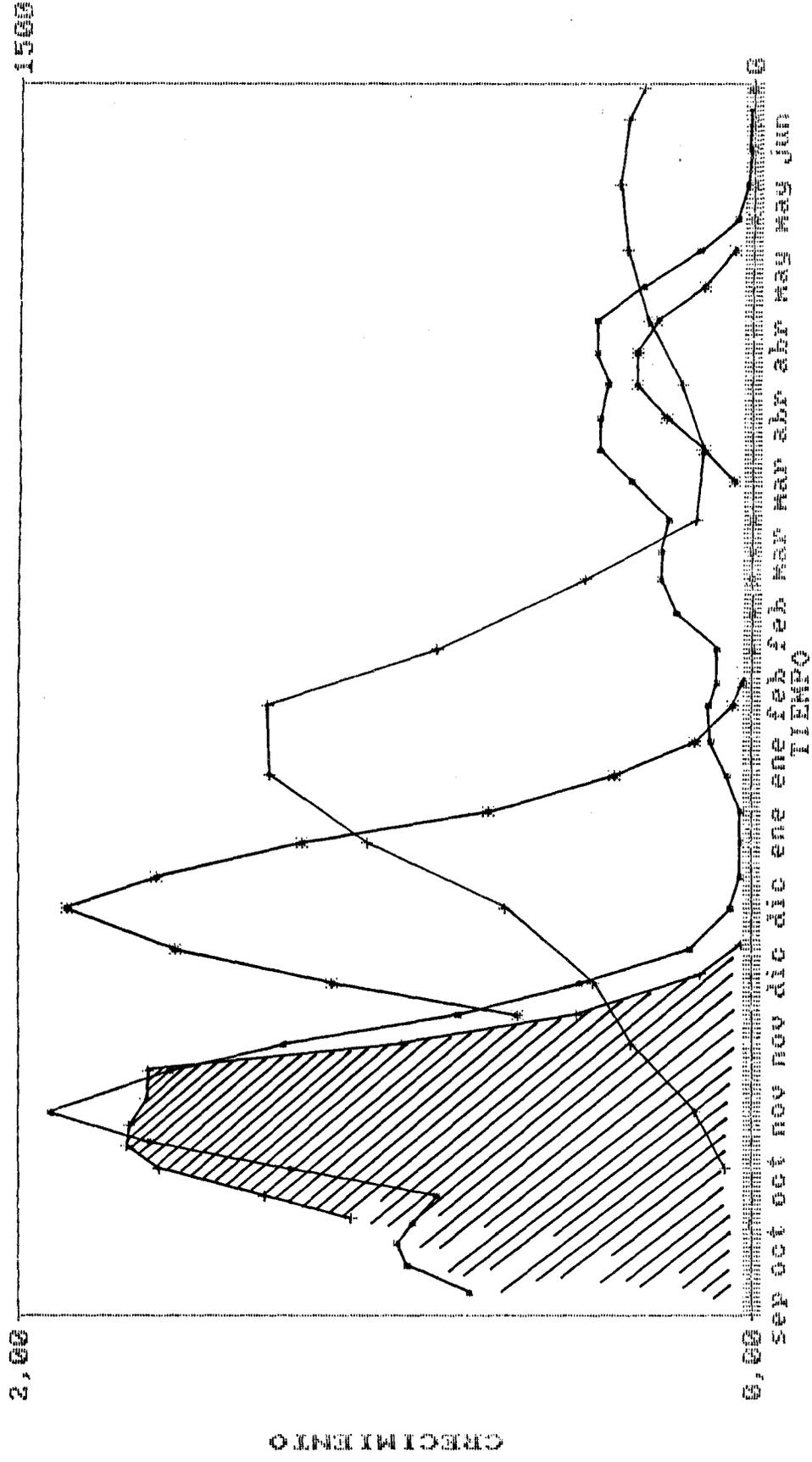


FIGURA 18. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región, Chile. 1990-1991.

#### 4.2. Efectos del modelo fenológico:

La aproximación fenológica de todos los eventos, muestra claramente la interacción permanente del crecimiento vegetativo, radicular y reproductivo (Figura 18).

La interpretación de la influencia de los eventos en el comportamiento productivo del árbol es fundamental para lograr óptimos niveles de manejo.

##### 4.2.1. Requerimientos hídricos:

La Figura 19 muestra los niveles de gasto de agua en huerto del cultivar Fuerte al que se le asoció la curva fenológica. Este gasto es el reflejo de la cantidad de agua aplicada en base al uso de tensiómetros, los cuales según SLABBERT (1987), representan el mejor sistema para evaluar los requerimientos hídricos del huerto, ya que reflejan condiciones físicas y químicas del suelo, así como también la influencia de Phytophthora cinnamomi en la demanda hídrica del cultivo.

Se puede apreciar una alto gasto en los meses de octubre a noviembre, pasando a moderadamente altos en noviembre,

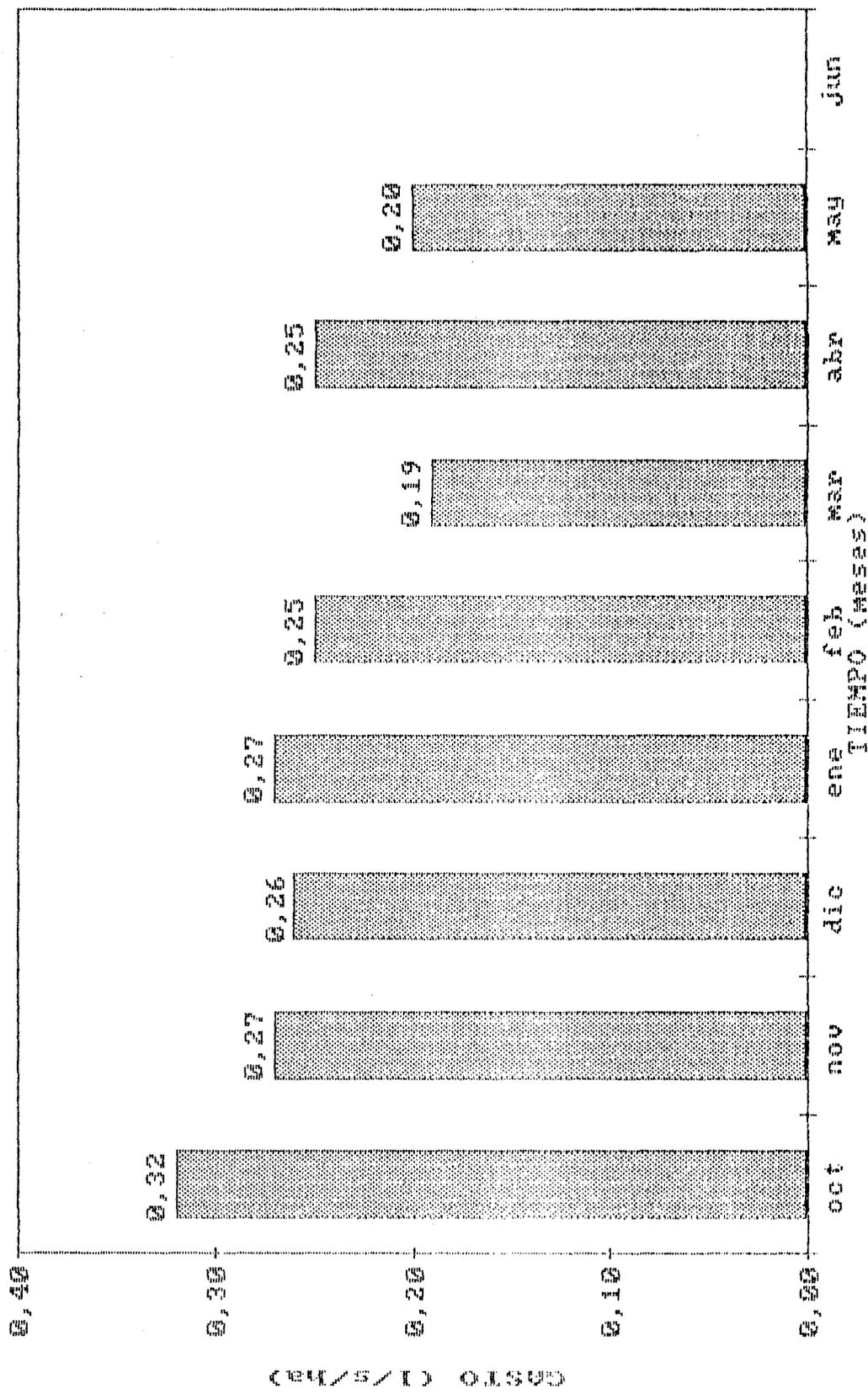


FIGURA 19. Gasto mensual hídrico del palto (*Persea americana* Mill.), cultivar Fuerte, Quillota, V región. 1990-1991.

coincidiendo con la fecha de floración descrita en la curva fenológica.

CAMERON, MUELLE y WALLACE (1952) aseguran que la floración es el mayor evento fisiológico en el ciclo de crecimiento. Estudios de WHILEY, CHAPMAN y SARANAH (1988) muestran que las estructuras florales contribuyen significativamente a las pérdidas de agua, a través de la epidermis de la panícula durante la floración. Por lo tanto con el significativo incremento de la superficie de la canopia, los requerimientos de agua de los árboles en floración aumentan. WHILEY, CHAPMAN y SARANAH (1988), también señalan, que al evaluar la demanda del cultivo en el período de floración, respecto al ciclo completo de crecimiento, presenta una requerimiento moderadamente alto.

Por lo tanto, especial atención debe dársele al riego, así como también el uso de cortinas corta-viento, para reducir el posible impacto de este evento en la producción, ya que en condiciones de estrés hídrico, pueden acontecer daños irreversibles a las estructuras florales, limitando la potencial cuaja y retención del fruto (WHILEY, CHAPMAN y SARANAH, 1988).

Al analizar los niveles de temperatura de suelo superficial y en profundidad (Figura 5 y 6), se puede apreciar que en los meses de octubre y noviembre, las temperaturas en la superficie bordearon los 13 y 14°C., llegando a 12 y 13°C en profundidad. WHILEY (1990)\*, asegura que la conductividad por parte de las raíces es muy sensible a la temperatura, disminuyendo drásticamente a temperaturas de 13 y 14°C. Esta baja conductividad, aumenta el déficit interno de agua de la raíz durante el período más crítico, lo que puede conducir a abscisión prematura de hojas del próximo flush de verano (Fuente de fotosintatos para el nuevo crecimiento de primavera), así como también acentuar la caída de flores y aborto.

No basta por lo tanto, dotar al árbol de los niveles hidricos requeridos en primavera, si la actividad radicular limita la conducción del agua incidiendo de todos modos en una baja productividad.

(\*) WHILEY, A.W. 1990. Senior horticulturist, 1990. Maroochy Horticultural Research Station, Nambour. Queensland Australia. Comunicación personal.

Esto obliga a re-estudiar los niveles de agua aplicados en este periodo, ya que los volúmenes de riego basados solamente en la intensidad de floración, no serán aprovechados totalmente por las raíces, dada su baja actividad.

Entre los meses de diciembre a febrero, se aprecia un alto gasto, debido a la mayor influencia de la temperatura. En este periodo, una vez finalizada la floración, la regulación de la transpiración por parte del árbol es mucho más eficiente, ya que las hojas están mejor adaptadas para controlar las pérdidas de agua, ya sea a través de estomas mejor dotados o de ceras epidérmicas. Aún así, se debe tener cuidado de no estresar los árboles para no afectar la calidad final del fruto.

Si bien entre los meses de marzo a abril la demanda por parte del huerto fue moderada, debe tenerse en cuenta que este periodo es el de más cuidado respecto a los niveles hídricos, ya que coincide con la segunda etapa de caída de frutos.

BORYS, BARRERA Y LUNA (1985), indican que frutos pequeños bajo condiciones de estrés hídrico, después de alcanzar

la mitad de su tamaño normal, sufren una contracción muy severa. Si esta contracción ocurre al mismo tiempo en que el embrión está en estado líquido, el aborto de este fruto será inevitable.

Por lo tanto, aquellos frutos que no estén suficientemente turgidos como para resistir esta contracción caerán. De ahí que en este período el nivel de demanda hídrica sea el mayor. Más tarde durante el período del crecimiento rápido del fruto, un buen control del riego aumenta el tamaño final de éste, alcanzando así óptimos niveles de calidad (WHILEY, CHAPMAN y SARANAH, 1988).

El segundo período de aborto de frutos está señalado por WHILEY et al, (1988), como el período de mayor demanda hídrica, pasando a ser el período más crítico en el manejo del agua. Por el contrario, el período de menor demanda se da durante la semi-dormancia de invierno, cuando las funciones de crecimiento son mínimas.

#### 4.2.2. Requerimientos nutricionales:

El vasto nivel de reservas alcanzado poco antes de la primavera, es el responsable de otorgar suficiente cantidad de carbohidratos a la parte vegetativa, ya que este crecimiento está obligado a generar fotosintatos suficientes para el desarrollo del ciclo fenológico. Simultáneamente, el desarrollo reproductivo clama por las mismas reservas otorgadas al brote, el que a su vez, tendrá más tarde que competir con frutitos recién cuajados. Lo anterior permite suponer que todo el nivel de reservas que podría estar disponible para un máximo desarrollo vegetativo, se ve repartido entre los eventos reproductivos. Esto genera una baja en el nivel de fotosintatos destinados a la parte radicular, ya que el área foliar fue limitada, dada la redistribución de carbohidratos.

A su vez, el crecimiento radicular estimulado por la temperatura, inicia el proceso de actividad para la distribución de nutrientes brutos. El nivel de distribución se verá limitado por su capacidad de desarrollo, que a su vez fue determinado por el área foliar del primer flash. Se puede esperar más tarde, que el nivel de reservas para el desarrollo del segundo flash vegetativo sea mucho más limitado que para el primero,

aún más, si se piensa que se está en el lapso de mayor demanda por parte de los frutos. Bajos niveles de carbohidratos en este período repercuten en un bajo desarrollo vegetativo de verano, el que fuera de incidir en los frutos en activo crecimiento, afecta a la inducción de la próxima producción.

El manejo de los nutrientes debe considerar su impacto en la fenología. Es así como el nitrógeno, a través de su enorme poder como regulador de crecimiento, influye rápidamente en la dinámica de los eventos.

WHILEY *et al*, (1988), señala que altas concentraciones de nitrógeno estimulan el crecimiento del brote, mostrando las hojas una mayor respuesta que a las dadas por nutrientes no reguladores del crecimiento. Ya es sabida la estrecha competencia entre el crecimiento reproductivo y el vegetativo, por lo que aplicaciones de nitrógeno durante el primer crecimiento activo del brote, estimularán aun más la primera caída de frutos.

Por otra parte, el segundo flash vegetativo es fundamental para obtener buenos niveles de la cosecha en curso y para la continua productividad de los árboles, ya

que es responsable de proveer carbohidratos para el crecimiento y maduración de la cosecha existente, como así mismo para la producción de flores y la cuaja de frutos de la próxima primavera (WHILEY et al, 1988).

La fertilización nitrogenada debe llevarse a cabo después o durante la primera caída de frutos, para así no estimular este fenómeno a través del crecimiento vegetativo cuidando de influir sobre el segundo flash vegetativo del que dependerán los niveles productivos de la próxima temporada. También se debe tener en cuenta aplicaciones al final del segundo flash vegetativo, aprovechando la actividad del último flash radicular, para lograr así un óptimo nivel de reservas para la primavera siguiente.

#### 4.2.3. Control de *Phytophthora*:

Si bien el control de *Phytophthora cinnamomi* debe estar principalmente orientado al control preventivo a través de un eficiente manejo hídrico asistido por un mulch de hojas, que según WHILEY et al, (1988), además de estabilizar el ambiente de la raíz, estimula una microflora que suprime la actividad del hongo, debe

tenerse en cuenta el excelente efecto del control químico en las fechas claves.

BEZUIDENHOUT, DARVAS y TOERIEN (1987), indican que un árbol inyectado con ácido fosforoso responde más rápido que con phosethyl-Al. Por otra parte, señalan que árboles inyectados con ácido fosforoso suplementados con ácido bórico y quelato de zinc, responden significativamente mejor que árboles tratados sólo con ácido fosforoso.

Cuando se inyecta el fosfonato, éste se transporta por el xilema junto con el agua, llegando a nivel de las hojas, luego es translocado hacia el floema, para así llegar a las raíces. Durante los primeros 42 días de crecimiento vegetativo, el brote actúa como un importador de asimilados, los cuales requiere para su desarrollo. No es si no hasta después de este período que se observa una exportación neta, siendo el nivel máximo de exportación a los 65 días después de brotación.

Actualmente, se recomienda realizar las inyecciones una vez que ha terminado el flash de primavera, cuando las hojas están en su fase máxima de exportación de fotosintatos y fosfonatos hacia las raíces WHILEY(1990)\*.

(\*) WHILEY, A.W. 1990. Senior horticulturist, 1990. Maroochy Horticultural Research Station, Nambour. Queensland Australia. Comunicación personal.

## 5. CONCLUSIONES

Se logró establecer para las condiciones de la Estación Experimental La Palma ubicada en Quillota, V región, Chile la aproximación al ciclo fenológico del palto Persea americana Mill., cultivar Fuerte.

Se determinó las curvas de desarrollo vegetativo, desarrollo radicular en profundidad, desarrollo radicular superficial, ciclo floral, desarrollo de frutos y curva de caída de frutos.

El crecimiento vegetativo presenta dos flash de crecimiento. El primero se extiende hasta el 17 de diciembre, observando el segundo golpe de crecimiento, desde el 22 de enero al 30 de mayo.

Se evidenciaron dos flash de crecimiento de raíces superficiales. El primero se desarrolla entre el 10 de octubre hasta el 26 de marzo, observando el segundo del 9 de abril en adelante.

Se obtuvo un flash de crecimiento radicular en profundidad, el que se extiende desde el 19 de febrero a 15 de junio.

En cuanto a la curva de desarrollo floral, esta muestra el máximo peak de expresión el 31 de octubre, llegando a cero el 11 de diciembre.

Dos peak de caída de frutos fueron descritos. El primero (primavera), mucho más intenso que el aborto de verano. El desprendimiento se visualiza en primavera desde el 30 de noviembre hasta el 2 de febrero y en verano desde el 28 de marzo hasta el 16 de mayo.

La curva de aproximación fenológica aparece desplazada aproximadamente en 1,5 a 2,0 meses, respecto a la descrita por WHILEY et al, (1988), en Queensland, Australia.

La intensidad del crecimiento vegetativo de verano, como así también, el segundo flash de raíces y la segunda fecha de aborto de frutitos, difieren a los descritos por WHILEY et al, (1988), mostrando un bajo nivel de

desarrollo, incluso menor a los eventos descritos en primavera.

No todos los crecimientos vegetativos que experimentaron el primer flash, exhibieron actividad en el segundo flash de crecimiento, esto debido probablemente, a un escaso nivel de carbohidratos en este período.

El período de mayor actividad de brotes del primer flash vegetativo está relacionado directamente con el aumento de la temperatura. Al parecer, la temperatura es la responsable de la activación vegetativa de primavera.

Los períodos de mayor actividad de raíces, tanto superficiales como en profundidad, están relacionados con los niveles de temperatura del suelo. Al parecer, la temperatura también actúa como activadora del crecimiento radicular.

El patrón de dicogamia protogínea tipo B descrito para el cultivar Fuente, no se cumple, registrándose la presencia de ambos estados sexuales en la mañana y en la tarde, en todos los días de evaluación. Salvo en una fecha puntual de medición, las flores abiertas como masculinas tanto en

la mañana como en la tarde, superan largamente el número de flores femeninas receptoras.

Existe asociación positiva entre la temperatura de la tarde anterior a la antesis, y la apertura femenina en la tarde. Al parecer niveles térmicos en el día anterior bajo el rango óptimo de 25°C en el día, alteraría el número de flores femeninas, en beneficio del número de flores masculinas.

La aproximación al ciclo fenológico, evidencia una clara interdependencia de los eventos, originando una amplia gama de fenómenos, los que ayudan a interpretar y predecir el comportamiento general del huerto.

## 6. RESUMEN

El ciclo fenológico describe bien el patrón de desarrollo morfológico visual, el que integrado a los procesos netamente fisiológicos, conforman la principal herramienta de manejo.

La aproximación al ciclo fenológico del palto (Persea americana Mill.) cultivar Fuerte, se llevó a cabo bajo las condiciones de la Estación Experimental La Palma, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso, durante el período comprendido entre septiembre de 1990 y junio de 1991.

El estudio evaluó el desarrollo vegetativo, radicular y reproductivo en árboles del cultivar Fuerte de 15 años, desarrollados sobre patrón Duke, en función a las condiciones macro y microclimáticas del huerto. A partir de estos datos se realizó una curva fenológica para cada uno de estos eventos, más una curva fenológica integrada, sobre la cual se infirió el comportamiento aproximado de los árboles.

El crecimiento vegetativo y el radicular, mostraron dos flash de desarrollo bien marcados y alternados en su ocurrencia, manifestándose primero el desarrollo

vegetativo hasta el 17 de diciembre, con un segundo flash desde el 22 de enero al 30 de mayo.

El desarrollo radicular se extiende, para su primer flash, desde el 10 de octubre al 26 de marzo, y desde el 9 de abril en adelante para el segundo flash.

Se evidenció una curva de desarrollo floral, la que alcanza su máximo peak, el 31 de octubre, llegando a cero el 11 de diciembre. Posterior a la floración se determinó dos peak de caída de frutos, siendo el primero de primavera mucho más intenso que el segundo.

Se pudo evidenciar, que no todos los crecimientos vegetativos que experimentaron el primer flash, exhibieron actividad en el segundo flash de crecimiento, esto debido probablemente, a un escaso nivel de carbohidratos en este período.

El período de mayor actividad radicular en profundidad y superficial al igual que el desarrollo del primer flash vegetativo, están relacionados en forma directa con la temperatura de suelo y ambiental respectivamente.

El patrón de dicogamia protogínea tipo B no se cumple, registrándose la presencia de ambos sexos en la mañana y en la tarde en todos los días de evaluación. Salvo en una fecha puntual de medición, las flores abiertas como masculinas, tanto en la mañana como en la tarde, superan

largamente el número de flores femeninas receptivas. Al parecer existe asociación positiva entre la temperatura de la tarde anterior a la antesis, y la apertura femenina en la tarde. Los niveles térmicos en el día anterior, bajo el rango óptimo de 25°C en el día, alterarían el número de flores femeninas, en beneficio del número de flores masculinas.

## 7. LITERATURA CITADA

- AVILAN, L., MENESES, L., SUCRE, R., SERPA D.  
1984. Efecto de las propiedades físicas del suelo sobre la distribución radical del aguacate (Persea americana Mill.). Fruits 39: 475-482.
- BAEZ, D. 1981. Efecto de la última etapa de la madurez fisiológica y período de ablandamiento de paltas, Persea americana Mill. cv. Bacon, Edranol y Fuerte, sobre el contenido de humedad y la composición de ácidos grasos del aceite de palta. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 77 h.
- BAILEY, J.A. and MANSFIELD, J.W. 1982. Phyto-alexins. Londres. Blackie 74: 606-661.
- BARRERA, J.L., BORYS, M.W. and MARTINEZ, H. 1981. Root systems of Persea americana Mill. and Persea schiedeana Nees, 21st. International Horticultural Congress, Hamburg, Frg, Abstracts.
- BEN-YA'COV, A. 1973. Avocado rootstock-scion relationships: a long-term, large-scale, field research project II, data recollected from fruit bearing orchards. California Avocado Society Yearbook 56 : 130-134.
- BERGH, B.O. and WHITSELL, R.H. 1974. Self-pollinated Hass seedlings. California Avocado Society Yearbook 1973-74: 118-126.
- BEZUIDENHOUT, J., DARVAS, J.M. and TOERIEN, J.C. 1987. Chemical control of Phytophthora cinnamomi. South African Avocado Growers' Assoc 10 : 106-108.

- BIRAN, D. 1979. Fruitlet abscission and spring growth retardation - their influence on avocado productivity, M. Sc. dissertation. The Hebrew University of Jerusalem, Israel.
- BLUMENFELD, A., GAZIT, S. and ARGAMAN, E. 1983. Factors involved in avocado productivity. Bet-Dagan, Volcani Institute, Department of Subtropical Horticulture, pp: 84-85 (Special publ. N° 222).
- 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.
- BRINGHURST, R.S. 1952. Sexual reproduction in the avocado. California Avocado Growers' Association Yearbook pp: 210-214.
- CANACHO, S.E., HALL, A.E. and KAUFFMANN, M.R. 1974. Efficiency and regulation of water transport in some woody and herbaceous species. Plant Physiology 54: 169-172.
- CAMERON, S.H., MUELLE, R.T. and WALLACE, A. 1952. Nutrient composition and seasonal losses of avocado trees. California Avocado Growers' Association Yearbook 9: 201-209.
- CHANDLER, W.H. 1962. Frutales de hoja perenne. Mexico Hispanoamericana. 657p.
- CULL, B.W. 1986. A phenological cycling approach to tree crop productivity research. Acta Horticulturae 175: 151-157.
- DE FINA, A., Ravelo, A. 1985. Climatología y Fenología Agrícola. Buenos Aires, EUDEBA 351p.

- DONNELLY, M. 1941. Root distribution of young avocado tree on bench terraces. Proceedings American Society Horticultural Science. 39: 101-109.
- ENGLER'S, A. 1964. Syllabus, Der Pflanzenfamilien, Vol II, Angiospermen Übersicht, Gebrüder Borntraeger, Berlin-Nikolassee, 666 p.
- ESPINOZA, A. 1991. Rentabilidad de una plantación de palto, Revista de Desarrollo Agrícola. 1: 9-13.
- ESTERN, R.E., KAUFMANN, M.R. and ZENTMYER, G.A. 1977. Environmental effects on transpiration and leaf water potential in avocado. Physiologie Plantarum. 41: 1-6.
- GARDIAZABAL, F. y ROSENBERG G. 1991. Cultivo del palto. Quillota Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, 201 p.
- HERNANDEZ, F. 1991. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. (Por publicar).
- JONES, W.W., EMBLETON, T. and CREE, C.B. 1957. Numbers of replications and plot sizes required for reliable evaluation of nutritional studies and yield relationships with citrus and avocado. Proc. American Society Horticultural Science, 69: 208-216.
- KONHE; J.S. and KREMER-KONHE, S. 1987. Vegetative growth and fruit relation in avocado as affected by a new plant growth regulator (Paclobutrazol),

South African Avocado Growers' Association  
Yearbook 10: 64-66.

LEHNINGER, A. L. 1975. Bioenergética. Fondo Educativo  
Interamericano, Mexico 241p.

LESLEY, J.W., and BRINGHURST, R.S. 1951. Environmental  
conditions affecting pollination of avocados.  
California Avocado Yearbook. pp. 169-173.

MALO, S. 1986. El aguacate. Agricultura de las Américas.  
junio: 16-21.

MARTINEZ, Andrés. 1981. Proyecto de implantacion de  
sistemas de riego tecnificados en la Estacion  
Experimental "La Palma", Quillota. Tesis  
Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de  
Valparaíso, Facultad de Agronomía. 102p.

MINAS, K.P. 1974-75. Pollen tube growth in avocados  
California Avocado Growers' Association  
Yearbook, pp. 99-102.

\_\_\_\_\_. 1976. Some aspects of the flower behavior,  
pollination and fruit-set of avocado (Persea  
americana Mill.) in Trinidad, California  
Avocado Growers' Association yearbook pp.  
106-152.

NIRODY, B.S. 1922. Investigations in avocado breeding.  
California Avocado Association Yearbook 6:65-  
78.

NOVOA, R., VILLASECA, R., DEL CANTO, P., ROVANET, J.,  
SIERRA, C., DEL POZO, A. 1989. Mapa  
Agroclimático de Chile. Santiago, INIA. 221p.

PARODI, L.R., 1959. Enciclopedia Argentina de Agricultura  
y Jardinería, Vol I, Descripción de las Plantas  
Cultivadas. Buenos Aires, Acme. 385 p.

- POSSINGHAM, J.V. and KRIEDEMANN, P.E. 1986. Tree water, relations. *Acta Horticulturae* 175: 343-350.
- SALAZAR, S. y CORTES, J. 1986. Root distribution of mature avocado trees growing in soils of different texture. *California Avocado Society Yearbook* 70: 165-174.
- SCHROEDER, C.A. 1944. The avocado inflorescence, *California Avocado Society Yearbook*, pp. 39-40.
- \_\_\_\_\_. 1951. Flower bud development in the avocado, *California Avocado Society Yearbook*, pp. 159-163.
- SEDGLEY, M. 1977. The effect of temperature on floral behavior, pollen tube growth and fruit set in avocado. *Journal of Horticultural Science* 52: 135-141.
- \_\_\_\_\_. 1979. Light microscope study of pollen tube growth, fertilization and early embryo and endosperm development in the avocado varieties Fuerte and Hass, *Annals of Botany* 44: 353-359.
- \_\_\_\_\_. 1980. Anatomical investigation of abscised avocado flowers and fruitlets. *Annals of Botany* 46: 771-777.
- \_\_\_\_\_ and ANNELLS, C.M. 1981. Flowering and fruit-set response to temperature in the avocado cultivar Hass. *Scientia Horticulturae* 14: 27-33.
- \_\_\_\_\_ and GRANT, W.J.R. 1983. Effect of low temperatures during flowering on floral cycle and pollen tube growth in nine avocado cultivars. *Scientia Horticulturae* 18: 207-213.

- \_\_\_\_\_, SCHOLEFIELD P., ALEXANDER. 1985. Inhibition of flowering of mexican and guatemalan type avocados under tropical conditions. *Scientia Horticulturae* 25: 21-30.
- \_\_\_\_\_. 1987. Flowering, pollination and fruit-set of avocado. *South African Growers' Assoc. Yrb.* 10: 42-46.
- SHOLEFIELD, P.B., WALCOTT, J.J., KRIEDEMANN, P.E. y RAMADASAN, A. 1980. Some enviromental effects on photosynthesis and water relations of avocado leaves. *California Avocado Society Yearbook* 64: 93-105.
- \_\_\_\_\_, SEDGLEY, M. and ALEXANDER, D.M.E. 1985. Ling relation to shoot growth, floral initiation and development and yield in the avocado. *Scientia Horticulturae* 25: 99-110.
- SLABERT, M.J. 1987. A comparison of irrigation schiduling by tensiometer versus evaporation pan. *South African Growers' Assoc. Yrb.* 10: 54-57.
- SOLARES, M. 1976. Cultivo moderno y rentable del aguacate, Mexico, Editores Mexicanos Unidos, 586 p.
- STOUT, A.B. 1932. Sex in avocados and pollination, *California Avocado Growers' Association Yearbook*, pp. 172-173.
- VRHEIJ, E.W.M. 1986. Towards a classifications of tropical trees fruit trees. *Acta Horticulturae* 175: 137-140.
- WESTWOOD, M. N. 1982. *Fruticultura de las zonas templadas*. Madrid, Mundi prensa. 307p.

- 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 effect of this disease on the water relations, yield and ring neck. Australian Journal of Experimental Agriculture 26: 249-253.
- \_\_\_\_\_, PEGG, K.G., SARANAH, J.B. and LANGDON, P.W. 1987a. Influence of Phytophthora root rot on mineral nutrient concentrations in avocado leaves. Australian Journal of Experimental Agriculture 27: 173-177.
- \_\_\_\_\_, and WINSTON, E.C. 1987. Effect of temperature at flowering on varietal productivity in some avocado growing areas in Australia. South African Avocado Growers' Association Yearbook 10: 45-47.
- \_\_\_\_\_, WOLSTENHOLME, B.N., SARANAH J.B. and ANDERSON P.A. 1987b. Effect of root temperatures on growth of two avocado rootstock cultivars, Maroochy Horticultural Research Station (report N°5).
- \_\_\_\_\_, CHAPMAN, K.R. and SARANAH, J.B. 1988. Water loss by floral structures of avocado (Persea americana Mill. cv. Fuente) during flowering. Australian Journal of Agricultural Research 39: 457-467.
- \_\_\_\_\_, SARANAH, J.B., CULL, B.W., PEGG, K.G. 1988. Manage avocado tree growth cycles for productivity gains. Queensland Agriculture Journal 114: 29-36.
- \_\_\_\_\_. 1990. CO<sub>2</sub> assimilation of developing fruiting shoots of cv. Hass avocado (Persea americana Mill.). South African Avocado Growers' Association Yearbook, 13: 35-37.

- \_\_\_\_\_. ., WOLSTENHOLME, B.N., SARANAH J.B. and RASMUSSEN, T.S. 1991. Effect of Paclobutrazol sprays at mid-anthesis on fruit size and yield of avocado (Persea americana Mill. cv. Hass). Journal of Horticultural Science, in review.
- WOLSTENHOLME, B.N. 1987. Theoretical and applied aspects of avocado yield as affected by energy budgets and carbon partitioning. California Avocado Growers' Association Yearbook 10: 58-61.
- \_\_\_\_\_. ., B.N., WHILEY, A.W. and SARANAH, J.B. 1990. Manipulating vegetative reproductive growth in avocado (Persea americana Mill.) with Paclobutrazol foliar sprays. Scientia Horticulturae 41: 315-327.
- \_\_\_\_\_. ., WHILEY, A.W. 1989. Carbohydrate and phenological cycling as management tools for avocado orchards. California Avocado Growers' Association Yearbook 12: 33-37.

## ANEXOS

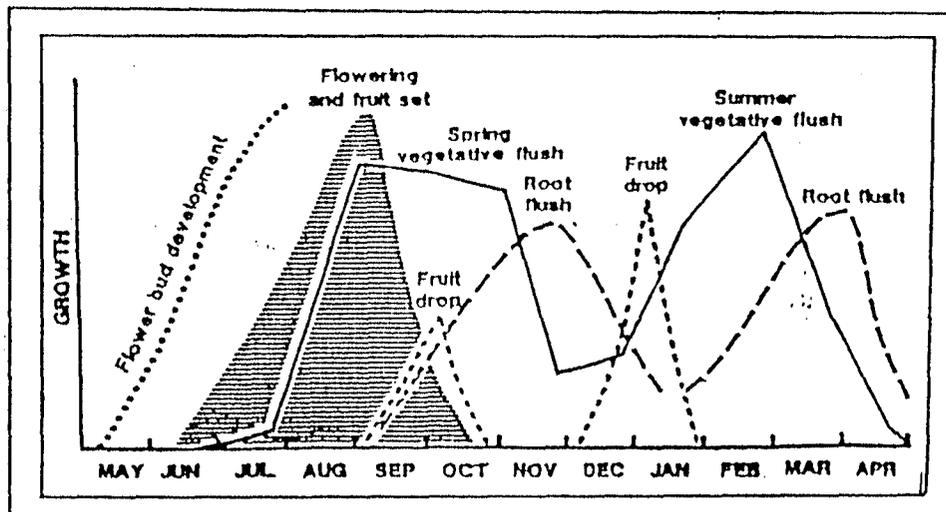
ANEXO 1. Longitud total de Brotes cv. Fuerte  
 como tasa de crecimiento semanal  
 (Promedios Móviles de Orden 3)

FECHA	Promedio P.Móvil	Tasa	P.Móvil
20/9/90	2,01	2,01	
25/9/90	2,78	2,80	0,77
1/10/90	3,63	3,74	0,85
6/10/90	4,82	4,71	1,20
10/10/90	5,67	5,64	0,85
16/10/90	6,42	6,50	0,75
22/10/90	7,41	7,76	0,99
28/10/90	9,47	9,40	2,06
3/11/90	11,32	11,31	1,86
12/11/90	13,15	12,90	1,83
18/11/90	14,23	14,18	1,08
24/11/90	15,16	14,98	0,93
1/12/90	15,54	15,45	0,38
8/12/90	15,66	15,62	0,12
17/12/90	15,67	15,68	0,01
24/12/90	15,73	15,71	0,06
31/12/90	15,74	15,74	0,01
7/1/91	15,76	15,77	0,02
15/1/91	15,81	15,84	0,05
22/1/91	15,95	15,95	0,14
30/1/91	16,10	16,07	0,15
4/2/91	16,16	16,17	0,06
11/2/91	16,25	16,27	0,09
19/2/91	16,39	16,47	0,14
26/2/91	16,78	16,72	0,38
4/3/91	17,00	16,97	0,22
11/3/91	17,14	17,20	0,14
19/3/91	17,48	17,53	0,34
26/3/91	17,98	17,95	0,50
2/4/91	18,39	18,37	0,42
9/4/91	18,73	18,77	0,33
16/4/91	19,19	19,20	0,47
23/4/91	19,69	19,63	0,50
30/4/91	20,02	19,93	0,33
8/5/91	20,09	20,08	0,08
15/5/91	20,14	20,13	0,04
22/5/91	20,16	20,15	0,02
30/5/91	20,16	20,16	0,00
5/6/91	20,16	20,16	0,00
12/6/91	20,16	20,16	0,01

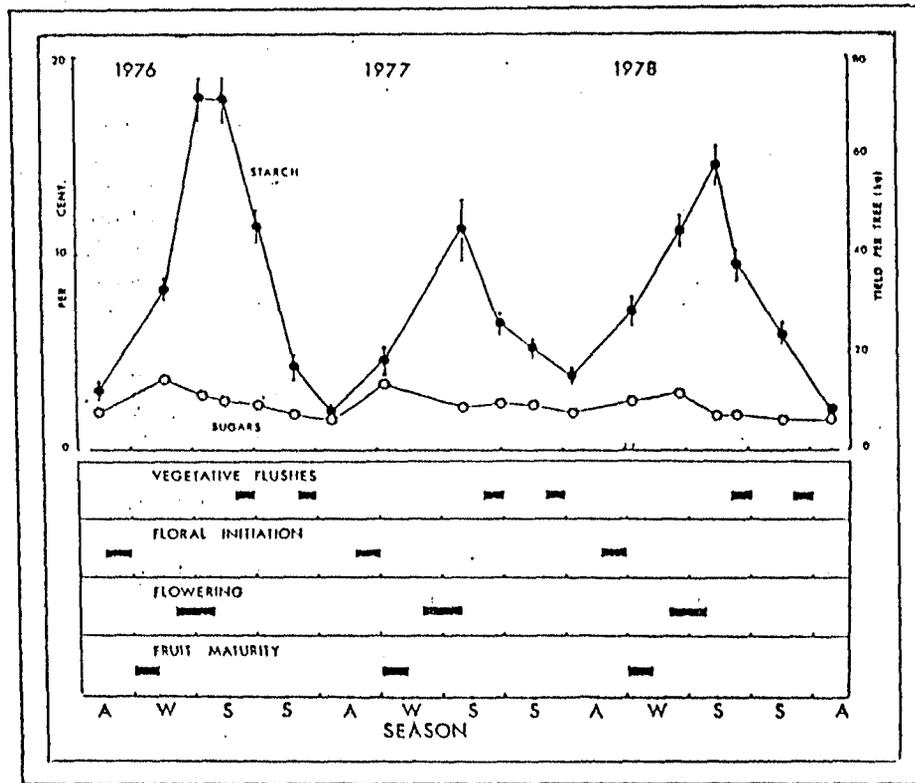
1er FLASH

2o FLASH

ANEXO 2. Ciclo total de crecimiento en palto, *Persea americana* Mill., en Palmswood, Queensland, Australia. (WHILEY et al, 1988)



ANEXO 3. Representación de épocas de flash vegetativos, iniciación floral, floración, madurez de frutos y variaciones de almidón y azúcares solubles del cv. Fuerte, entre 1976 y 1978. (SCHOLEFIELD, SEDGLEY Y ALEXANDER, 1985)



ANEXO 4. Analisis foliar cv. Fuerte  
y estándares adecuados

ELEMENTO	UNIDAD	NIVEL
Nitrógeno	(%)	1,75
Fósforo	(%)	0,26
Potasio	(%)	0,5
Calcio	(%)	2,11
Magnesio	(%)	0,45
Zinc	ppm	17
Boro	ppm	29

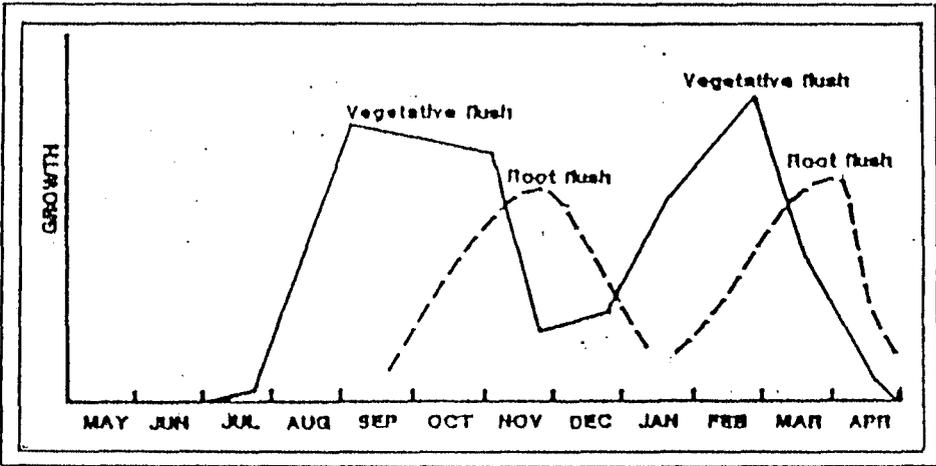
Concentraciones estándar para análisis  
foliar en arboles adultos \*

ELEMENTO	DEFICIENTE	OPTIMO	EXCESO
Macronutrientes			
Nitró(&)	<1,6	1,6-2,0	>2,0
Fósforo	<0,05	0,08-0,25	>0,3
Potasio	<0,35	0,75-2,0	>3,0
Calcio	<0,50	1,0-3,0	>4,0
Magnesio	<0,15	0,25-0,8	>1,0
Micronutrientes			
Manganeso	<10-15	300-500	>1000
Hierro	<20-40	50-2000	?
Zinc	<10-20	30-150	>300
Boro	<10-20	50-100	>100-250

(\*) Después de Jones y Embleton

(&) Optima para Hass

ANEXO 5. Ciclo de crecimiento vegetativo y radicular, en árboles adultos de Fuerte en Palmwoods, Queensland, Australia. Los crecimientos vegetativos y radiculares se alternan para mantener balanceada la proporción brote : raíz.



ANEXO 6. Porcentaje de flores totalizado y segun sexo

Fecha	Porcentaje Total Abiertas Masc.y Fem.	Porcent Masculinas Abiertas	Porcent Femeninas Abiertas
13/10/90			
14/10/90			
15/10/90			
16/10/90	6,29	92,13	7,87
17/10/90	9,54	96,12	3,88
18/10/90	10,33	74,63	25,37
19/10/90	12,40	83,75	16,25
20/10/90			
21/10/90			
22/10/90	6,42	97,53	2,47
23/10/90	12,12	99,26	0,74
24/10/90	10,50	96,23	3,77
25/10/90	19,68	82,89	7,11
26/10/90			
27/10/90			
28/10/90			
29/10/90	16,88	60,96	39,04
30/10/90	15,44	86,73	13,27
31/10/90	22,07	93,75	6,25
1/11/90	19,60	83,51	16,49
2/11/90			
3/11/90			
4/11/90			
5/11/90			
6/11/90	12,86	97,73	2,27
7/11/90	14,43	60,00	40,00
8/11/90	15,44	88,10	11,90
9/11/90	9,50	47,37	52,63
10/11/90			
Nro. Total gral	1656	1415	241
% del total	100%	85,40%	14,60%

ANEXO 7. Numero de flores en Manana y Tarde

Fecha	Manana (10:00 hr)		Tarde (16:00)	
	Masc.	Fem.	Masc.	Fem.
13/10/90				
14/10/90				
15/10/90				
16/10/90	47	2	35	5
17/10/90	59	0	65	5
18/10/90	45	16	55	18
19/10/90	63	20	71	6
20/10/90				
21/10/90				
22/10/90	54	0	25	2
23/10/90	58	0	77	1
24/10/90	45	2	57	2
25/10/90	77	17	78	15
26/10/90				
27/10/90				
28/10/90				
29/10/90	14	56	75	1
30/10/90	67	1	31	14
31/10/90	55	5	65	3
1/11/90	42	6	39	10
2/11/90				
3/11/90				
4/11/90				
5/11/90				
6/11/90	8	18	19	0
7/11/90	17	1	26	0
8/11/90	10	3	17	2
9/11/90	1	10	8	0
10/11/90				

ANEXO B. Promedio de raices superficiales  
(Promedios moviles de orden 3)

Fecha	Numero	P. Movil
20/9/90	0,00	0,00
1/10/90	0,00	2,67
10/10/90	8,00	6,00
22/10/90	10,00	58,00
3/11/90	156,00	116,67
18/11/90	184,00	249,00
1/12/90	407,00	329,33
17/12/90	397,00	508,67
31/12/90	722,00	786,33
15/1/91	1240,00	988,00
30/1/91	1002,00	992,00
11/2/91	734,00	643,33
26/2/91	194,00	342,00
11/3/91	98,00	117,67
26/3/91	61,00	107,00
9/4/91	162,00	143,67
23/4/91	208,00	214,33
8/5/91	273,00	262,67
22/5/91	307,00	276,00
5/6/91	248,00	261,00
12/6/91	229,00	229,00

ANEXO 9. Promedio de raices Rizotron  
(Promedios moviles de orden 3)

Fecha	Tasa	P. Movil
19/2/91	0,67	0,67
26/2/91	2,34	1,50
4/3/91	1,48	1,82
11/3/91	1,65	1,68
19/3/91	1,90	1,74
26/3/91	1,66	1,81
2/4/91	1,87	1,89
9/4/91	2,14	1,78
16/4/91	1,32	1,56
23/4/91	1,21	1,07
30/4/91	0,69	0,81
8/5/91	0,53	0,63
15/5/91	0,67	0,55
22/5/91	0,45	0,45
30/5/91	0,22	0,22
5/6/91	0,00	0,07
12/6/91	0,00	0,00

ANEXO 10. Numero de frutos caidos cv. Fuerte  
(Promedios moviles de orden 3)

FECHA	Numero Frutos Ramilla	Promedio Movil	Caidos General de copa	Promedio Movil
16/10			305	305,00
22/10			122	168,70
28/10			79	90,30
3/11			70	67,70
12/11			54	45,70
18/11			13	27,30
24/11	8,00	8,00	15	12,70
1/12	12,00	14,33	10	10,00
8/12	23,00	19,67	5	5,00
17/12	24,00	23,33	0	1,70
24/12	23,00	20,33	0	0,00
31/12	14,00	15,33	0	0,00
7/1	9,00	9,00	0	0,30
15/1	4,00	4,67	1	1,30
22/1	1,00	2,00	3	1,30
30/1	1,00	0,67	0	1,00
4/2	0,00	0,33	0	2,30
11/2	0,00	0,00	7	2,30
19/2	0,00	0,00	0	4,00
26/2	0,00	0,00	5	9,70
4/3	0,00	0,00	24	17,00
11/3	0,00	0,00	22	28,30
19/3	0,00	0,67	39	39,30
26/3	2,00	1,67	57	55,30
2/4	3,00	3,00	70	65,00
9/4	4,00	4,00	68	65,00
16/4	5,00	4,00	57	69,00
23/4	3,00	3,33	82	57,30
30/4	2,00	1,67	33	45,30
8/5	0,00	0,67	21	21,70
15/5	0,00	0,00	11	11,70
22/5	0,00	0,00	3	4,70
30/5	0,00	0,00	0	1,00
5/6	0,00	0,00	0	0,00
12/6	0,00	0,00	0	0,00

ANEXO 11. Tasa y promedio del diametro ecuatorial de frutos

Fecha	Diametro Ecuatorial			
	Tasa	P. Movil	Promedio	P. Movil
17/12/90			0,34	0,34
24/12/90	105,88	105,88	0,70	0,72
31/12/90	60,00	58,86	1,12	1,02
7/1/91	10,71	32,17	1,24	1,31
15/1/91	25,81	19,01	1,56	1,56
22/1/91	20,51	21,11	1,88	1,88
30/1/91	17,02	14,63	2,20	2,14
4/2/91	6,36	10,93	2,34	2,37
11/2/91	9,40	12,02	2,56	2,66
19/2/91	20,31	11,85	3,08	2,97
26/2/91	5,84	9,74	3,26	3,23
4/3/91	3,07	5,95	3,36	3,43
11/3/91	8,93	5,28	3,66	3,61
19/3/91	3,83	5,66	3,80	3,81
26/3/91	4,21	5,04	3,96	4,00
2/4/91	7,07	5,96	4,24	4,24
9/4/91	6,60	5,59	4,52	4,47
16/4/91	3,10	3,23	4,66	4,61
23/4/91	0,00	1,89	4,66	4,70
30/4/91	2,58	1,70	4,78	4,78
8/5/91	2,51	1,83	4,90	4,87
15/5/91	0,41	1,11	4,92	4,92
22/5/91	0,41	0,27	4,94	4,93
30/5/91	0,00	0,14	4,94	4,94
5/6/91	0,00	0,00	4,94	4,94
12/6/91	0,00	0,00	4,94	4,94

ANEXO 12. Tasa y promedio del diametro polar de frutos

Fecha	Diametro Polar			
	Tasa	P. Movil	Promedio	P. Movil
17/12/90			0,72	0,34
24/12/90	41,67	105,88	1,02	1,19
31/12/90	80,39	42,86	1,84	1,61
7/1/91	6,52	39,17	1,96	2,12
15/1/91	30,61	21,75	2,56	2,60
22/1/91	28,12	25,47	3,28	3,23
30/1/91	17,68	18,55	3,86	3,79
4/2/91	9,84	12,95	4,24	4,27
11/2/91	11,32	12,00	4,72	4,79
19/2/91	14,83	11,30	5,42	5,33
26/2/91	7,75	10,38	5,84	5,87
4/3/91	8,56	9,75	6,34	6,45
11/3/91	12,93	7,72	7,16	6,93
19/3/91	1,68	5,97	7,28	7,32
26/3/91	3,30	3,52	7,52	7,58
2/4/91	5,59	5,15	7,94	7,97
9/4/91	6,55	4,13	8,46	8,29
16/4/91	0,24	2,26	8,48	8,47
23/4/91	0,00	1,18	8,48	8,57
30/4/91	3,30	1,94	8,76	8,74
8/5/91	2,51	1,94	8,98	8,91
15/5/91	0,00	1,80	8,98	9,07
22/5/91	2,90	1,04	9,24	9,16
30/5/91	0,22	1,04	9,26	9,25
5/6/91	0,00	0,07	9,26	9,26
12/6/91	0,00	0,00	9,26	9,26