

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

POSGRADO EN HORTICULTURA

PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA EN PLANTAS
FRUCTIFICANTES DE DURAZNO (*Prunus persica* L. Batsch.) EN
UN AMBIENTE SEMICÁLIDO HÚMEDO

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

HERIBERTO HERNÁNDEZ SOLARES

Chapingo, Estado de México. Marzo de 2004



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

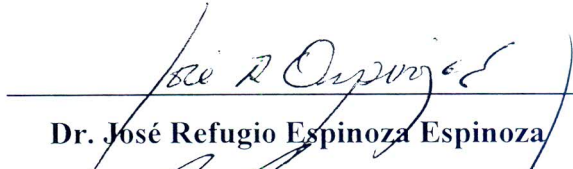


**PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA EN PLANTAS
FRUCTIFICANTES DE DURAZNO (*Prunus persica* L. Batsch.) EN UN
AMBIENTE SEMICÁLIDO HÚMEDO**

Tesis realizada por **Heriberto Hernández Solares**, bajo la dirección del Comité
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener
el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Director:



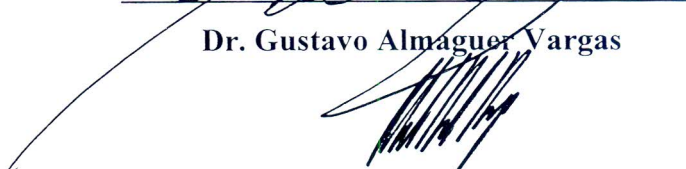
Dr. José Refugio Espinoza Espinoza

Asesor:



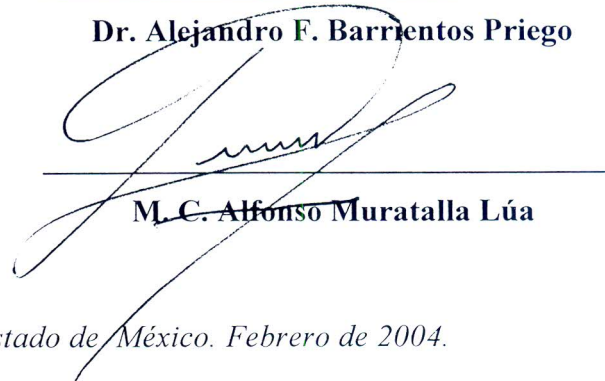
Dr. Gustavo Almaguer Vargas

Asesor:



Dr. Alejandro F. Barrientos Priego

Asesor:



M.C. Alfonso Muratalla Lúa

Chapingo, Estado de México. Febrero de 2004.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Lázaro Hernández Cerecedo y María Magdalena Solares por haberme dado vida y amor, y por la oportunidad que me brindaron en prepararme profesionalmente y ser un hombre de bien.

A mis hermanos Luciano, Pablo, Eucario e Irma, a mi cuñado Juan, para todos ellos que siempre me apoyaron anímica y económicamente, y por la confianza que siempre me han brindado, principalmente mi hermano Luciano, un reconocimiento y agradecimiento especial.

A todos mis sobrinos y sobrinas que han sido siempre motivo de alegría y felicidad en mi persona.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, en especial al Departamento de Fitotecnia por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento de mis estudios y proyecto de tesis.

Al Dr. José Refugio Espinoza Espinoza, por sus buenos consejos y apoyo incondicional en la dirección de la investigación y redacción de la tesis.

Al Dr. Gustavo Almaguer Vargas, por la asesoría en la investigación y por el tiempo que se tomó en la revisión de la tesis.

Al Dr. Alejandro F. Barrientos Priego, por sus valiosas observaciones en la revisión del presente trabajo.

Al M. C. Alfonso Muratalla Lúa, un agradecimiento especial por el apoyo de mi deseo en entrar a la UACH y por el tiempo invertido en la revisión de la tesis.

A todos mis compañeros de generación, en especial al Martha Hernández R. por compartirme sus conocimientos y experiencias.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor del presente trabajo, es originario del poblado de Acatepec, Municipio de Huautla, Hidalgo, donde nació el 17 de marzo de 1974.

Cursó la carrera de Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia en el Instituto Tecnológico Agropecuario No. 6 de Huejutla, Hidalgo, egresó en el año 2000.

CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.2. Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Generalidades de los frutales	4
2.2. El durazno	5
2.3. Crecimiento del árbol	6
2.3.1. Las ramas	7
2.4. La fotosíntesis	9
2.5. La respiración	12
2.6. Distribución de carbohidratos	13
2.7. Fuerza de la demanda	16
2.8. Crecimiento de los frutos.....	18

2.9. Efecto de la fotosíntesis	21
2.10. Crecimiento en longitud de las ramas	22
2.11. Crecimiento en grosor de las ramas	23
2.12. Biomasa	23
 III. MATERIALES Y MÉTODOS	 25
3.1. Material vegetal	25
3.2. Sitio de estudio	25
3.3. Manejo de las plantas	25
3.4. Identificación y marcado de ramas y frutos	26
3.5. Periodo de estudio	26
3.6. Evaluación de variables morfológicas de las ramas	26
3.6.1. Dureza de ramas	27
3.6.2. Diámetros	27
3.6.3. Longitud	28
3.6.4. Número de hojas	28
3.7. Cálculo del volumen fresco de las ramas	28
3.8. Estimación de la materia fresca de las ramas	29
3.9. Estimación de la biomasa de ramas	29
3.10. Estimación de biomasa total de las plantas	30
3.10.1. Estimación de biomasa de las hojas	30

3.10.2. Crecimiento de frutos	31
3.10.2.1. Diámetro polar y ecuatorial	31
3.10.2.2. Medición de la biomasa	31
3.10.2.3. Generación de modelos para estimar la biomasa de los frutos	31
3.11. Variables ambientales	32
3.11.1. Temperatura	32
3.11.2. Precipitación	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.2. Variables ambientales	33
4.2.1. Temperatura	33
4.2.2. Precipitación	33
4.2. Longitud de ramas	38
4.3. Diámetro basal de ramas	42
4.4. Número de hojas	44
4.5. Biomasa de ramas y frutos	47
4.6. Generación de modelos para estimar la biomasa de los frutos	54
V. CONCLUSIONES	55
VI. LITERATURA CITADA	56

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Escala usada para la evaluación de la dureza de ramas de durazno.	27
Cuadro 2. Modelo usado para la estimación de materia fresca en ramas de durazno cv. Diamante.	29
Cuadro 3. Modelos usados para la estimación de biomasa en ramas de durazno cv. Diamante.	30
Cuadro 4. Longitud promedio de ramas de durazno de dureza 1 cv. Diamante creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.	38
Cuadro 5. Longitud promedio de ramas de durazno cv. Diamante creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.	39
Cuadro 6. Diámetro promedio basal de ramas de durazno cv. Diamante creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.	42
Cuadro 7. Número de hojas presentes en ramas de dureza 1 de árboles de durazno cv. Diamante creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.	45

Cuadro 8. Biomasa total estimada de ramas de árboles de durazno cv. Diamante creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.	47
Cuadro 9. Número de ramas y frutos de árboles de durazno cv. Diamante presentes en cada fecha de evaluación creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.	48
Cuadro 10. Biomasa total estimada de ramas y frutos de árboles de durazno cv. Diamante creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Temperaturas semanales en el año 2001 en Arroyo Colorado, Municipio de Tlapacoyan, Veracruz.	34
Figura 2 Temperatura mensual en el año 2001, en Arroyo Colorado, Municipio de Tlapacoyan, Veracruz.	35
Figura 3. Precipitación semanal en el año 2001, en Arroyo Colorado, Municipio de Tlapacoyan, Veracruz.	36
Figura 4. Precipitación mensual en el año 2001, en Arroyo Colorado, Municipio de Tlapacoyan, Veracruz.	37
Figura 5. Longitud de ramas de dureza 1 de ramas de durazno cv. Diamante, creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.	40
Figura 6. Dinámica de longitud de ramas de durazno cv. Diamante, creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.	41

Figura 7. Evolución del diámetro basal de ramas de durazno cv. Diamante, creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.	43
Figura 8. Número de hojas de árboles de durazno cv. Diamante, creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.	46
Figura 9. Dinámica en biomasa de ramas y frutos de durazno cv. Diamante, creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.	52
Figura 10. Dinámica de crecimiento de frutos de durazno cv. Diamante creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.	53

**PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA EN PLANTAS
FRUCTIFICANTES DE DURAZNO (*prunus persica* L. Batsch.) EN UN
AMBIENTE SEMICÁLIDO HÚMEDO**

RESUMEN

Se caracterizó el crecimiento de la fracción aérea de plantas fructíferas de durazno cv. Diamante en un ambiente semicálido húmedo. La caracterización del crecimiento representa conocimientos de los procesos fisiológicos en estas plantas y con ello la posibilidad de un mejor manejo a través de prácticas culturales. El estudio se realizó en Arroyo Colorado, Municipio de Tlapacoyan, Veracruz, a una altitud de 900 m, con una precipitación anual de 3,253 mm durante 2001. Se evaluaron tres árboles de dos años de edad después de ser injertados. Además, se usaron seis árboles adicionales para medir la biomasa de hojas y frutos. Las ramas y hojas se midieron y contaron mensualmente, mientras que para los frutos, cada dos semanas se midieron sus diámetros polar y ecuatorial. Con un clima semicálido y con abundante lluvia se favoreció a que las ramas de durazno de la estación de crecimiento (dureza 1) incrementaran su longitud, mientras que las ramas estructurales engrosaron más y acumularon mayor cantidad de biomasa por unidad de órgano. Al inicio de la estación de crecimiento, las ramas de dureza 4 (ramas estructurales) tenían ventaja en biomasa acumulada sobre las ramas de dureza 1; al final de la estación éstas, de manera colectiva, superaron ampliamente a las ramas de dureza 4. El patrón de distribución de biomasa en árboles fructificantes de durazno es la siguiente: ramas de dureza 1, ramas de la estación de crecimiento (6246.5 g, 76.8 %) > ramas de dureza 4, ramas estructurales (1230.5 g, 15.12 %) > frutos (285.3 g, 3.5 %) > ramas de dureza 3, ramas poco flexibles (267.7 g, 3.2 %) > ramas de dureza 2, ramas jóvenes con incipiente lignificación (104.6 g, 1.2 %). El modelo generado para estimar biomasa de frutos es el siguiente: $PST = 0.36847DE^2 + 0.04133DP^2$, con una R^2 de 0.9642 y una $C(p)$ de 3.7. Donde: PST = biomasa total; DE = diámetro ecuatorial, DP = diámetro polar, R^2 = coeficiente de determinación, $C(p)$ = estadístico de Mallows.

Palabras clave: ramas, estación de crecimiento, dureza, fruto, hoja.

**PRODUCTION AND DISTRIBUTION OF BIOMASS IN FRUIT-BEARING
PEACH TREES (*Prunus persica* L. Batsch.) IN A WARM, HUMID
ENVIRONMENT**

H. Hernandez Solares¹; J. R. Espinoza Espinoza²

ABSTRACT

The growth of the aerial fraction of fruit-bearing peach trees cv. Diamante trees in a warm, humid climate was characterized. The characterization of this growth provides knowledge about the physiological processes in these trees and the possibility of better tree management practices. The study was carried out in Arroyo Colorado, municipality of Tlapacoyan, Veracruz, at an altitude of 900 m above sea level and with an annual precipitation of 3,253 mm during 2001. Three two-year-old trees were evaluated. Besides, six additional trees were used in order to measure and weigh the biomass of leaves and fruit. The branches and leaves were measured and counted monthly, while the polar and ecuatorial diameters of the fruit were measured every two weeks. The humid and warm climate and the abundant rain caused the branches during the growth season (hardness 1) to increase their length, while the structural branches thickened more and accumulated more biomass per organ unit. At the beginning of the growth season, the hardness 4 branches (structural branches) had the advantage over the hardness 1 branches with respect to accumulated biomass; at the end of the season, the hardness 1 branches surpassed widely those of hardness 4 in a collective way. The biomass distribution pattern of fruit-bearing peach trees is the following: hardness 1 branches during the growth season (6246.5 g, 76.8 %) > hardness 4 structural branches (1230.5 g, 15.12 %) > fruit (285.3 g, 3.5 %) > hardness 3 semihard branches (267.7, 3.2 %) > hardness 2 incipient-lignified branches (104.6 g, 1.2 %). The model generated for estimating the biomass of fruit is the following: $PST = 0.3684DE^2 + 0.04133DP^2$, with an R^2 of 0.9642 and a $C(p)$ of 3.7, where PST = total biomass, DE = ecuatorial diameter, DP = polar diameter, R^2 = determination coefficient, $C(p)$ Mallow statistic.

Key words: branches, growth season, hardness, fruit, leaf.

I. INTRODUCCIÓN

La fruticultura es una actividad importante para México. Se estima que los frutales ocupan una superficie de 2.72 millones de ha, de las cuales el 11.96 % del total esta ocupado por frutales de clima templado (INEGI-CANAL, 1994).

El durazno (*Prunus persica* L. Batsch.) es una especie de amplia distribución en México y en el mundo, y su cultivo con bases científicas se está ampliando en ambientes muy variados (Becerril-Román y Rodríguez-Alcázar, 1989), y lo convierte en un modelo biológico para el estudio de procesos anatómicos, fisiológicos y fisiotécnicos (Espinoza, 1998). El cultivo de durazno en el mundo ocupa un importante sitio en la fruticultura. Pocas especies frutales se han distribuido y adaptado rápidamente a situaciones climáticas diversas como lo ha hecho el durazno (Moore, 1993). De acuerdo a los reportes de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la superficie mundial destinado al cultivo de durazno registró, en la segunda mitad de los noventa (1994 a 1999), un crecimiento cercano al 3.3 %, con una superficie anual de 1.7 millones de hectáreas. Los principales países productores de durazno en el mundo son: China, Italia y Estados Unidos de norteamérica.

En México, el durazno es el segundo frutal caducifolio más importante que se produce; ocupa el segundo lugar en superficie cultivada, con 46,907 ha, de las cuales el 78 % es de temporal y 22 % de riego. Solo es superado por el cultivo de manzano, que tiene una superficie cultivada de 64,378 ha, y el tercer lugar lo ocupa la vid con una superficie cultivada de 40,187 ha (SAGARPA, 2001).

En un clima cálido húmedo, el árbol de durazno crece enormemente comparado con uno de clima templado seco. Un árbol fructificante cambia las prioridades de los diferentes órganos en la competición por los carbohidratos (Chalmers y Van den Ende, 1974). En árboles jóvenes sin fruto, árboles de tamaño medio y en árboles maduros, se han jerarquizado varios centros de demanda y se ha observado que el patrón de crecimiento y demanda cambia de acuerdo al tamaño y edad de los árboles en un clima templado (Chalmers y Van den Ende, 1974). Resultados similares han sido presentados por Grossman y DeJong (1995) y Caruso (1995). Por su parte, Espinoza *et al.* (2000) ha caracterizado la distribución de biomasa por los diferentes órganos aéreos de plantas de durazno no fructificantes creciendo en un ambiente cálido. Pero aún no se tiene información del patrón de distribución de biomasa en duraznos fructificantes creciendo en un clima cálido húmedo. Se puede esperar que el crecimiento de los diferentes órganos de las plantas creciendo en un ambiente cálido será también diferente al de aquellas creciendo en uno templado, por lo que la caracterización de su crecimiento en éstas puede representar un avance en el conocimiento de la manera como se efectúan los procesos fisiológicos y anatómicos-morfológicos en estas plantas, lo cual coadyuvará en el conocimiento del comportamiento de la planta en un ambiente cálido. Con ello se tendrá la posibilidad de proporcionarle una manipulación adecuada a las plantas a través de prácticas culturales que modifiquen el hábito de crecimiento y con ello optimizar la productividad de este cultivo, lo cual redundará en mayor beneficio del fruticultor.

1.1. Objetivos

- 1) Caracterizar el crecimiento de la fracción aérea de plantas fructíferas de durazno cv. Diamante en un ambiente semicálido húmedo.
- 2) Determinar el patrón de distribución de biomasa en la fracción aérea de plantas fructíferas de durazno cv. Diamante creciendo en un ambiente semicálido húmedo.

1.2. Hipótesis

- 1) Las ramas de dureza 1 (de la estación de crecimiento) se alargan mas rápido que las ramas de otras durezas.
- 2) Las ramas que primero aparecen, crecen más que las ramas que aparecen después.
- 3) Los frutos son los órganos aéreos que durante la estación de crecimiento acumulan más biomasa en árboles de durazno cv. Diamante creciendo en un ambiente semicálido.
- 4) Excluyendo a los frutos, las ramas estructurales acumulan más biomasa que el resto de los órganos aéreos en plantas de durazno cv. Diamante en un ambiente semicálido.
- 5) La tasa de acumulación de biomasa de órganos aéreos se incrementa después de la cosecha de frutos en la fracción vegetativa aérea de plantas de durazno cv. Diamante en un clima semicálido.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades de los frutales

El árbol frutal es un ser vivo compuesto por uno, generalmente por dos o incluso por tres individuos. La porción situada por encima del suelo es aportada normalmente por el portainjerto y esta incluye un fragmento del tallo de la planta. La porción situada por encima del portainjerto es aportada por el injerto o cultivar (Coletto, 1989) y es la que forma la copa del árbol.

La fruticultura práctica es un conjunto de técnicas para producir la máxima cantidad de fruta de buena calidad para las exigencias de un mercado con un mínimo de costos. Para alcanzar esos objetivos las técnicas se derivan del conocimiento científico sobre la biología de las plantas frutales con relación al medio en que viven y a su manipulación. El conocimiento básico adicional y el entendimiento de los hechos permite la optimización productiva, la reacción ante situaciones diferentes, creación de nuevas técnicas y el logro de nuevos objetivos (Gil, 1999).

Independientemente de su lugar de origen, las especies frutales se cultivan dondequiera que las condiciones del clima, suelo y humedad sean favorables. El clima determina los límites de distribución de las especies, y el clima mundial está determinado por características como la dirección del viento en relación con las masas de agua, el ángulo de incidencia de los rayos solares, la longitud del día (latitud) y la cantidad de anhídrido carbónico (CO₂) en la atmósfera (Westwood 1982), entre otros.

2.2. El durazno

Pocas especies frutales se han distribuido tan rápidamente y se han adaptado a situaciones climáticas tan diversas como lo ha hecho el durazno (*Prunus persica* L. Batsch.), aunque esta especie es básicamente de climas templados (Moore, 1993).

El durazno es originario de China; gradualmente se extendió desde ahí y actualmente se encuentra cultivado comercialmente en todo el mundo entre los 25° y 45° de latitud al norte y sur del Ecuador. Estos límites pueden ampliarse debido a la influencia de las corrientes cálidas de los océanos, grandes lagos o altitud (Childers, 1978).

La producción de durazno ha sufrido varios retrocesos; principalmente como resultado de que la plantación se realizó en lugares frecuentemente susceptibles a heladas primaverales de invierno. Las sequías, insuficiencia de frío invernal y plagas han tenido su cuota de responsabilidad en la evolución de la producción. Sin embargo, y a pesar de estas contrariedades, los duraznos se colocan en segundo lugar después de la manzana, entre los frutales de hojas caducas, desde el punto de vista de la producción y valor económico (Childers, 1978).

La mayoría de los cultivares de durazno requieren de 500 a 1000 ó más horas frío para foliarse y después del invierno florecer; pero, se conocen también cultivares con requerimientos inferiores a las 100 horas frío (Moore, 1993). Aunque en especies de *Prunus* los hábitos de crecimiento varían ampliamente, son comercialmente importantes en regiones con climas templados (Flore y Layne, 1996).

2.3. Crecimiento del árbol

El crecimiento puede expresarse en términos de longitud, grosor o área; a menudo se mide como aumento en volumen, masa o peso (fresco o seco). El crecimiento de la parte aérea de un árbol, es consecuencia de la actividad de los meristemos apicales, responsables del crecimiento en longitud y del cambium vascular responsable del crecimiento en grosor (Coletto, 1989), y estos meristemos están constituidos por células con alta capacidad para dividirse, aumentando el número de ellas y, por lo tanto, la cantidad de tejido existente, que determina mayor longitud y grosor del brote. Esta longitud es todavía completada por el alargamiento de las propias células formadas. De este modo, cada año una planta incrementa la longitud de sus ramas y el grosor (fortaleza estructural), por lo que la forma de la planta es el resultado del patrón de brotación, del hábito de crecimiento del brote, del vigor y del patrón de brotación lateral anticipada (Gil, 1999).

Para una especie vegetal y en un ambiente determinado, los factores de crecimiento más importantes son la luz, el agua, el CO₂ y los nutrimentos minerales (Azcon-Bieto, 2000). Para que un vegetal, o en este caso un árbol, desarrolle correctamente y llegue a ser un elemento productivo a través del tiempo, se necesita una armonía de funciones entre las dos partes fundamentales que lo constituyen: sistema radical y sistema aéreo. Para que un árbol frutal sea productivo se requiere que ambos sistemas que lo constituyen tengan una buena composición y un buen funcionamiento, para lo cual deben los dos estar en un medio apropiado (Gil, 1999).

En la etapa vegetativa, la planta desarrolla el área foliar necesaria para la interceptación y utilización de la radiación incidente, por lo que la acumulación de la materia seca se centra principalmente en las hojas y tallos (Childers, 1978).

La acumulación de materia seca en las plantas depende del balance entre los procesos fotosintéticos y la respiración. Los carbohidratos son importantes en el desarrollo de los órganos vegetativos y reproductivos y la acumulación de materia seca logrado por ellos depende del genotipo y de factores ambientales como la temperatura, la radiación, la disponibilidad de agua y nutrimentos y de la etapa de crecimiento del cultivo (Caruso, 1999).

2.3.1. Las ramas

En el tronco se encuentran insertas lateralmente las ramas madres, primarias o de primer orden, las cuales portan las ramas secundarias o de segundo orden; a su vez, éstas sostiene a las terciarias, y así sucesivamente (Gil, 1999).

La rama es la formación más importante desde el punto de vista de la producción de fruto y el conocimiento de su organografía es imprescindible para la aplicación de determinadas técnicas, como la poda (Coletto, 1989).

Durante la brotación de las yemas, el meristemo apical reanuda su función de división celular y produce nuevas células que se van agregando debajo de él, y éstas crecen para propiciar el crecimiento longitudinal, y se diferencian en la región subapical, produciendo nuevos tejidos y órganos (Esau, 1972).

Cerca de la punta de la nueva rama se generan los tejidos vasculares, xilema y floema, a partir del cambium vascular, que se localiza debajo de la epidermis. Conforme avanza la edad de los tejidos, las células van cambiando. Al inicio, su pared celular es delgada y se constituye de la lámina media y la pared primaria; los organelos son relativamente escasos y el citoplasma es turgente y muy acuoso; con la especialización, las células de los diferentes tejidos van variando sus características, pero en general incrementan el contenido relativo de material orgánico en su citoplasma, en forma de organelos y como sustancias libres; las células del xilema y el floema engruesan sus paredes con depósito de lignina y celulosa, principalmente, para formar la pared secundaria, y se forma tejidos con paredes también engrosadas, como el colenquima, el esclerenquima, la peridermis y la madera de reacción (Esau, 1972).

La rama se puede subdividir longitudinalmente en segmentos llamados entrenudos, y entre dos entrenudos se localiza un nudo, del que emerge una hoja (adherida a él con su peciolo) y, en el caso del durazno, de una a tres se localizan en la axila de cada hoja; al inicio, las escamas que cubren a las yemas están vivas, pero al final de la estación de crecimiento, esas escamas ya están muertas, con la consecuente pérdida de agua. Los entrenudos de la base de la rama son las más viejas y los tejidos que los forman están más avanzadas en su diferenciación y desarrollo que los de la punta, que, a su vez, son más succulentas (Esau, 1972).

2.4. La fotosíntesis

La fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas transforman la energía luminosa en energía química que pueden usar para mantener sus funciones y para crecer. La primera etapa de la fotosíntesis consiste en la absorción de un fotón por un pigmento orgánico u orgametalico (normalmente un carotenoide o una clorofila) que pasa a un estado electrónicamente excitado desde el que es posible iniciar una serie de transformaciones físicas y químicas específicas (Azcon-Bieto y Talon, 1993). El organelo especializado de las células fotosintéticas en el que tiene lugar este proceso químico es el cloroplasto. El proceso fotosintético se constituye de dos fases bien definidos (Taiz y Zieger, 1998; Bohinski, 1991), a las que se denomina fase lumínica y fase oscura. Como su nombre indica, la fase lumínica depende de la entrada de energía radiante (Bohinski, 1991). Los procesos dependientes de la luz presentan la independencia esperada con respecto a la temperatura, característica de las reacciones fotoquímicas, mientras que las reacciones oscuras son sensibles a las diferentes temperaturas. Los procesos dependientes de la luz son aquellos en los cuales la energía luminosa se convierte en energía química en forma de ATP y NADPH. Las reacciones oscuras, por otra parte, son aquellas reacciones enzimáticas que incorporan bióxido de carbono a compuestos de carbono reducidos, previamente encontrados en el metabolismo de carbohidratos (Conn, 2001). En el proceso global participan muchas sustancias, entre las cuales destaca la clorofila. La fotosíntesis en plantas superiores tiene lugar en lugares fotosintéticos que se agrupan en su mayoría en órganos especializados. Estos órganos son las hojas (Bohinski, 1991).

La productividad de los huertos depende de la eficiencia fotosintética, distribución y de la fijación del carbono dentro de los componentes de los árboles (Jackson, 1980; Loornis, 1993; Robinson and Lakso, 1992). Las hojas jóvenes son heterotróficas; dependen en parte de la importación de carbohidratos de otras regiones de la planta. Por otra parte, las hojas maduras son autotróficas; ellos producen un exceso de fotoasimilados y actúan en las plantas como la fuente principal de azúcares (Turgeon, 1989).

Las hojas de plantas dicotiledóneas paran de importar y comienzan a exportar cuando ellos ya están plenamente satisfechos de sus requerimientos en un 30 a 60 % (Turgeon, 1989).

Los fotoasimilados obtenidos mediante el proceso fotosintético son utilizados por la planta principalmente para manutención y almacén, dependiendo del órgano de demanda y de la etapa de desarrollo del mismo; mientras que la intensidad de demanda de esos órganos y la capacidad fotosintética de la copa regulan, a su vez, la tasa de fotosíntesis (Patrick, 1988).

El carbono fijado durante la fotosíntesis es transformado en carbohidratos, como la sacarosa y sorbitol, que se exportan desde las hojas hasta los demás órganos de la planta, o en almidón para almacenarse en el cloroplastos para su exportación posterior (Sowden, 1957; Azcon-Bieto y Talon, 1993). La síntesis neta de azúcar y la capacidad de exportación aumenta durante el desarrollo de la hoja, mientras que la habilidad para importar asimilados se pierde progresivamente conforme maduran y senescen las hojas (Turgeon, 1989).

La temperatura óptima para la fotosíntesis es entre 15 y 45 °C; las más altas temperaturas de este intervalo para especies de clima cálido, pero estos óptimos pueden ser modificados en cualquier dirección dependiendo de la humedad del suelo y/o de las condiciones de luz (Tan y Buttery, 1986). En este espacio, la fotosíntesis se realiza más rápido si se eleva la temperatura, por la promoción de las velocidades de reacción, hasta un punto (temperatura óptima) en el que al elevar la temperatura ya no hay incremento en la tasa fotosintética e incluso puede haber disminuciones hasta que llega a cero (temperatura máxima), por la denaturalización de las enzimas que participan en las reacciones de carboxilación y los daños que se causan en las membranas y sus proteínas asociadas en los cloroplastos.

Chalmers *et al.* (1975) evaluaron la fotosíntesis con relación al crecimiento y distribución del fruto en árboles de durazno en la estación experimental de Tatura, Victoria, Australia. Encontraron que en una hoja ubicada en la parte superior del árbol que estuvo expuesta a plena luz de sol, la asimilación de CO₂ a través del día fue variable. Durante la etapa III de crecimiento de fruto, generalmente se presentó un pico de 0.27 a 0.33 mg·m⁻²·s⁻¹ de CO₂ a las 9:00 h, declinando a partir de ahí y algunas veces se presentó un pico más pequeño a las 16:00 h, las cuales fueron altamente variables. De acuerdo con sus resultados, se observó un cambio muy marcado en el patrón de la fotosíntesis en la etapa III de crecimiento de fruto, ya que la cantidad de CO₂ fijada un día en cada nivel de la copa y por el árbol entero reflejó el incremento en la tasa de fotosíntesis aparente durante esta etapa. Encontraron que desde finales de la etapa II hasta mediados de la etapa III, la cantidad de CO₂ fijada por el árbol se duplicó y

concluyeron que la fotosíntesis en la Etapa III fue dos veces más eficiente que durante la Etapa II y después de la cosecha, y que esta fue la proporción en que se incrementó la demanda de asimilados. Desde el final de la Etapa II y hasta la caída de las hojas, la fotosíntesis pareció estar relacionada con la presencia y la etapa de desarrollo de fruto, por lo que se podría concluir que el incremento en la fotosíntesis fue debido a un incremento en la tasa de crecimiento del fruto y que durante la etapa II el potencial de suministro de asimilados excede los requerimientos de crecimiento por lo cual ocurre una acumulación de asimilados que inhibe fotosíntesis.

2.5. Respiración

El término respiración se utiliza para describir los procesos en los que los metabolitos celulares son oxidados y los electrones son transferidos a través de una serie de transportadores de electrones hasta el oxígeno. Se forma agua y bióxido de carbono, y la energía, que es liberada en diversos pasos, se traduce en ATP u otras formas adecuadas para el trabajo metabólico (Azcon-Bieto, 1993).

La respiración es el principal proceso catabólico que libera energía en todas las células; implica la degradación oxidativa de azúcares a bióxido de carbono y agua. En la respiración, la glucosa es el principal compuesto inicial, y el bióxido de carbono y el agua los productos finales de una ruta metabólica que implica una 50 reacciones diferentes. La mayoría de las rutas metabólicas tienen menos reacciones. La glucólisis es la primera de tres fases de la respiración muy relacionadas entre sí; la siguen el ciclo de Krebs y los procesos de transporte de electrones en las mitocondrias (Conn *et al.*, 2001).

2.6. Distribución de carbohidratos

Los carbohidratos que se producen en los órganos fotosintéticos (principalmente las hojas) tienden a transportarse hasta los órganos que los demanden, siendo preferentes las mismas hojas que están en crecimiento, sobretodo las más jóvenes. Cuando son satisfechos sus propios requerimientos, las hojas pueden exportar los excesos producidos, convirtiéndose en fuente, y para ello se valen del floema. En el mesófilo, esos carbohidratos son transferidos a las células vecinas hasta que llegan a los delgados haces vasculares distribuidos reticularmente en la hoja. En estos haces se hace la transferencia hacia el floema, o carga del floema, y por éste se conducen hasta los órganos que los han de consumir o almacenar temporalmente, llamados centros de demanda (Flore y Layne, 1996). En las plantas frutales, incluido el durazno, existen numerosos centros de demanda:

1) Brotes en crecimiento. En los frutales caducifolios, las plantas empiezan a brotar en primavera y producen brotes nuevos que al crecer forman entrenudos, nudos, hojas y órganos y tejidos relacionados (Westwood, 1978). Las nuevas hojas al inicio demandan carbohidratos que en esta etapa provienen de las reservas (en ramas y raíces) que la planta formó en las estaciones de crecimiento anterior; conforme las hojas se expanden, su actividad fotosintética se incrementa y son capaces de satisfacer sus propios requerimientos e incluso exportar a otros órganos de demanda, por lo que se constituyen en fuente (Turgeon, 1989; Flore y Layne, 1996). En el caso del durazno, las hojas demanda no producen sorbitol, pero tienen un sistema enzimático que participa en el

metabolismo de este azúcar-alcohol que reciben de las hojas fuente, mientras que éstas carecen de dicho sistema enzimático pero sí son capaces de producir sorbitol, y se ha visto que la transición de demanda a fuente por las hojas se da a la par con los cambios citados (Negm y Loescher, 1981; Bieliski y Redgwell, 1985). Caruso *et al.* (1995) determinaron que las ramas foliadas de durazno de 5 años de edad cv. Maravilha habían acumulado alrededor del 24 % del total de la biomasa acumulada en la estación de crecimiento. En otros trabajos (Espinoza, 2000) se vieron que este tipo de brotes acumuló aproximadamente el 50 % del total de la parte aérea en árboles de durazno cv. Diamante no fructificantes.

2) Ramas generadas en ciclos anteriores. Las ramas, aunque son demanda prácticamente en toda la primera estación de crecimiento, servirán como fuente en los inicios de las siguientes estaciones de crecimiento (durante la brotación de nuevas yemas), pero en etapas avanzadas cada una de ellas será demanda, pues continuarán su engrosamiento, dado por la actividad del cámbium vascular y propiciado por las auxinas que vienen de las yemas y estimulan la división celular en este tejido (Baum *et al.*, 1991; Esau, 1972; Letham *et al.*, 1978; Roberts *et al.*, 1988). Caruso *et al.* (1999) encontraron que las ramas de más de un año de edad en plantas de durazno cv. Flordaprince representaba el 60 % de la biomasa total acumulada (excluyendo frutos). Espinoza *et al.*, (1998) determinaron que la biomasa acumulada por este tipo de ramas en árboles de durazno cv. Diamante no fructificantes oscilaba alrededor de 49 %.

3) Frutos. A los frutos se les considera como órganos básicamente "parásitos", posiblemente por la nula capacidad que normalmente tienen para exportar carbohidratos y por la dependencia que tienen de los producidos por las hojas hasta su madurez fisiológica, de manera que un árbol con una cantidad alta de frutos destinará prioritariamente sus carbohidratos al crecimiento de éstos, a costa del crecimiento de los demás órganos, y es por eso que las ramas nuevas crecerán menos que si el árbol no tuviera frutos (Flore y Layne, 1996). Grossman y DeJong (1994) calcularon que en una estación de crecimiento los frutos consumían 52.4 % del total de la biomasa producida, seguidos por las hojas (20.6 %), ramas estructurales (10.8 %), ramas del año (8.1 %) y raíces (4.6). Por su parte, Caruso *et al.* (1995) encontraron que los frutos consumieron alrededor del 33 % de la biomasa producida por árboles de durazno de 5 años de edad. Es de considerarse que los frutos consumen los carbohidratos y otros productos que en árboles improductivos se destinarían a otros órganos, y su presencia cambia las relaciones fuerza-demanda en una planta. Por otro lado, la alta prioridad y el consumo tan fuerte que tienen los frutos por los carbohidratos producidos causa un efecto de retroalimentación en las hojas que causa una estimulación en su capacidad fotosintética (Taiz y Zeiger, 1998), por lo que el total de carbohidratos que produce una planta también se incrementa con la presencia de frutos.

4) Raíces. Al inicio de la estación de crecimiento, las raíces son las primeras en brotar y crecer, pero una vez que se consolidan los frutos como demanda, los carbohidratos que llegan a ellas disminuirán, lo que hará que el crecimiento de la raíz se mantenga en un bajo nivel, por lo menos hasta la cosecha, después de la cual, si las condiciones

ambientales lo permiten, podrán recibir carbohidratos de las hojas y continuar su crecimiento (Flore y Layne, 1996).

Así, Chalmers y Van den Ende (1974) jerarquizaron las fuerzas de varios centros de demanda como sigue. En árboles jóvenes, sin frutos, el incremento anual de la biomasa sigue el siguiente patrón: ramas estructurales > raíces = hojas > ramas laterales; en árboles de tamaño medio: hojas > ramas estructurales = frutos > ramas laterales > raíces; y en árboles maduros: hojas > frutos > ramas estructurales > ramas laterales > raíces.

2.7. Fuerza de la demanda

Las relaciones fuente-demanda y la regulación de la distribución del carbono determinan el rendimiento de las plantas y esta última es resultado final de una serie de procesos metabólicos coordinados que gobiernan el flujo de asimilados a lo largo de un conjunto de sistemas de fuente-demanda (Patrick, 1988). El crecimiento de órganos vegetales individuales, puede estar restringido por la disponibilidad de asimilados (limitación por la fuente) o por la habilidad de los órganos para utilizar los asimilados (limitación por la demanda) (Patrick, 1988; Wareing y Patrick, 1975).

Entre los factores que afecta la demanda se encuentran el número de frutos amarrados, potencial genético de crecimiento del fruto, factores ambientales que afectan la tasa de crecimiento del fruto (temperatura, estrés hídrico, nutrimentos, etc). Y entre los factores que afectan la fuente se encuentran el potencial genético de desarrollo de área foliar fotosintética (dependiente del genotipo), factores ambientales que afectan las tasa

fotosintética (luz, temperatura, estrés hídrico, nutrimentos, etc), competencia por fotosintatos de otras demandas (DeJong y Goudriaan, 1989).

Se ha determinado que la distribución de carbohidratos en una planta depende de la relación de las fuerzas de los centros de demanda. Cada centro de demanda tiene una fuerza que depende del tamaño y de la actividad del centro, y en la definición de estas variables intervienen y se retroalimentan multitud de factores (Taiz y Zieger, 1998). Los reguladores de crecimiento, especialmente los promotores (auxinas, giberelinas y citocininas) incrementan la actividad de los órganos, al promover el metabolismo, la división y el alargamiento celulares. Las auxinas promueven la división del cámbium vascular, con lo que las ramas, jóvenes y de más edad engruesan al irse añadiendo capas de células de xilema y floema; también estimulan el crecimiento de las raíces y la producción de citocininas (Baum *et al.*, 1991; Esau, 1972; Letham *et al.*, 1978). Las giberelinas promueven el alargamiento y división celulares. Las citocininas promueven la brotación de las yemas, la división y mantienen la integridad de las membranas (celular, de los cloroplastos, mitocondrias y otras), previniendo la senescencia y promoviendo el crecimiento. La relación entre los reguladores es compleja, pudiéndose promover, inhibir o enmascarar sus efectos y síntesis (Letham *et al.*, 1978). La temperatura también incrementa la actividad metabólica de los órganos, estimulando la actividad y síntesis de enzimas y de hormonas, todo lo cual eleva la fuerza de la demanda y por tanto el crecimiento de los órganos (Taiz y Zieger, 1998). Las ramas que reciben mayor intensidad luminosa, normalmente tienen mayores dimensiones y acumulan más biomasa (Martin, 1987), y posiblemente se deba, al menos parcialmente,

a mayor actividad fotosintética de sus hojas, pero se ha visto también que la actividad celular en las ramas soleadas es más intensa debido a su mayor temperatura, por lo que el consumo de carbohidratos es más rápido y ello promueve mayor traslocación de carbohidratos hacia las ramas soleadas que hacia aquellas que están en la sombra, con temperaturas menores (Martin, 1987).

Las condiciones ambientales diarias interactúan con el potencial de crecimiento del órgano para determinar la capacidad de crecimiento y el requerimiento de respiración para mantenimiento de cada tipo de órgano. Así, el carbono disponible diariamente para crecimiento, una vez que se ha satisfecho los requerimientos de manutención, se distribuye entre las hojas, frutos, tallos y ramas basado en su capacidad relativa de crecimiento; los carbohidratos restantes se distribuyen al tronco y el residuo se va hacia las raíces (DeJong y Grossman, 1994). Así, puede decirse que el rendimiento está limitado por la fuente y la demanda a la vez, puesto que las demandas no son lo suficientemente fuertes para atraer asimilados de cualquier lugar en la planta y la fuente no es lo suficientemente abundante para satisfacer el potencial de crecimiento del órgano, ya que la capacidad de producción de materia seca en las hojas puede ser más alta o más baja que la capacidad de acumulación de materia seca en otras partes de la planta (DeJong y Grossman, 1995).

2.8. Crecimiento de los frutos

El conocimiento del crecimiento del fruto y de los factores que lo afectan es un requisito necesario para poder entender el efecto previsible de técnicas como la fertilización, la

poda, la aplicación de reguladores de crecimiento y el aclareo del fruto, así como para predecir el tamaño final del fruto (Westwood, 1982). El crecimiento del fruto es una función del incremento en volumen (o peso). La fase inicial de crecimiento del fruto está fuertemente afectada por la acción de las hormonas vegetales, las cuales actúan aparentemente en forma combinada secuencial. El papel que cumplen estas sustancias es asegurar la permanencia del fruto en el árbol y promover el desarrollo de la semilla, que más tarde será el órgano encargado de producir las hormonas necesarias para el crecimiento del fruto.

Los frutos de durazno, los cuales son drupas, tienen un crecimiento doble sigmoidal (Zucconi, 1986; Chalmers, 1989; Moore, 1993); primero, el crecimiento es algo rápido, se va deteniendo a una tasa más baja y después, sufre un segundo periodo de crecimiento rápido, el cual termina en maduración (Moore, 1993) por que el crecimiento del mesocarpio se suprime durante el periodo en que el endocarpio o hueso está lignificando (Chalmers, 1989) y el crecimiento del fruto durante el periodo final se da por la expansión de las células del mesocarpio (Ryugo, 1988). Los cambios de incremento en el tamaño de fruto durante los tres estados de desarrollo son causados por la división y alargamiento celular (Flore y Layne, 1996).

Es bien conocido el modelo de crecimiento del fruto de doble sigmoide demostrado por frutos de drupa, uvas, y algunos otros frutales. Connors, (1919, citado por Chalmers y Ende, 1975) y Chalmers (1989) subdividieron la curva de crecimiento de durazno en tres etapas: la fase inicial de crecimiento inicial (etapa I), la fase lenta (etapa II) y la segunda fase de crecimiento exponencial (etapa III), que conduce a la cosecha.

La etapa I es un periodo de rápido crecimiento del fruto después de la antesis, durante el cual el volumen del endocarpio es el que incrementa en mayor medida (Ryugo, 1988), alcanzando 70-80 % de su tamaño final; los diámetros polar y ecuatorial de los fruto son los que crecen más rápido durante la Etapa I. La división celular incrementa durante las primeras dos a tres semanas y el desarrollo de la semilla también es muy rápido; la nucela y los tegumentos alcanzan casi su máximo (Zucconi, 1986). La Etapa II se caracteriza por un lento incremento en el mesocarpio, se presenta una ganancia pequeña en los diámetros polar y ecuatorial del fruto; la expansión celular en los planos longitudinal y tangencial casi cesa, paralelo a la reducción general del crecimiento (Ragland, 1934; Reeve, 1959). El evento dominante es la lignificación del endocarpio (Zucconi, 1986).

En la Etapa III ocurre un incremento rápido de peso fresco y seco en el mesocarpio (Ragland, 1934; Reeve, 1959). La rápida expansión celular se reanuda en todos los diámetros; el espacio intercelular disminuye, llegando a ser prácticamente nulo en la madurez. Las ganancias en el volumen de la pulpa ocurre en todas direcciones, prevaleciendo el crecimiento en el diámetro ecuatorial (Zucconi, 1986). El crecimiento del fruto durante el periodo final es resultado de la expansión de las células del mesocarpio (Ryugo, 1988). Existen dos periodos en que el crecimiento del fruto probablemente está limitado por la disponibilidad de fotosintatos: antes al raleo de frutos (después de la fecundación) y antes a la cosecha del fruto (DeJong y Goudriaan, 1989). Pavel y DeJong (1993) indicaron que el crecimiento del fruto de durazno esta limitado por la fuente en periodos específicos, y el primer periodo ocurre al principio de la etapa

III de la curva de crecimiento, como resultado por la competencia entre frutos por asimilados. Llegaron a la conclusión de que el rendimiento final de los árboles frutales está limitado por el potencial de crecimiento del fruto (demanda por asimilados) y el suministro de fotosintatos disponibles (fuente de asimilados).

La eficiencia fotosintética de árboles de durazno, es afectada por la presencia y estado de desarrollo del fruto. (Chalmers, 1989) señaló que la fotosíntesis se estimula en hojas con frutos próximos y durante periodos de alta demanda de asimilados, creado por épocas de activo crecimiento de los frutos. Consecuentemente, la distribución de los frutos con relación a la distribución de la luz e iluminación de los elementos de la copa del árbol pueden influir en la productividad sobre toda la copa.

2.9. Efecto de la fotosíntesis

La fotosíntesis, la respiración, el transporte de fotoasimilados y nutrimentos minerales y las tasas de división y alargamiento celulares son algunos de los procesos que pueden ser modificados por la temperatura, por lo que los recursos energéticos, la forma y vigor de las plantas bajo ambientes cálidos pueden variar fuertemente de los modelos que siguen en ambientes templados. Por otro lado, la presencia de frutos en una planta cambia las prioridades de los diferentes órganos en el concurso por los fotoasimilados, de manera que Chalmers y Van den Ende (1974) jerarquizaron las fuerzas de varios centros de demanda como sigue: en árboles jóvenes sin frutos, el incremento anual de la biomasa tiene el siguiente patrón: ramas estructurales > raíces = hojas > ramas laterales; en árboles de tamaño medio: hojas > ramas estructurales = frutos > ramas laterales > mayor

raíces; y en árboles maduros: hojas > frutos > mayor ramas estructurales > ramas laterales > raíces. En trabajos de Grossman y DeJong (1994) y Caruso (1995) se han obtenido resultados similares, y han sido conducidos en ambientes templados. Por otro parte, Espinoza *et al.* (2000) han caracterizado la distribución de biomasa por los diferentes órganos aéreos de plantas de durazno no fructificantes creciendo en un ambiente cálido.

2.10. Crecimiento en longitud de la rama

El crecimiento vegetativo puede ser longitudinal y radial en brotes y raíces, cada año una planta incrementa la longitud de sus ramas (tamaño de la planta) y el grosor (fortaleza estructural). La forma de la planta es resultado del patrón de brotación, hábito de crecimiento del brote, vigor y del patrón de brotación anticipada (Gil, 1999).

El ciclo anual de las plantas perennes de hojas caducas de clima templado incluye una gran cantidad de crecimiento en la primavera, decreciendo en verano y cesando hacia el otoño; cierra el ciclo un periodo de receso entre otoño e invierno. En plantas subtropicales no existe un receso tan marcado, pero ocurre varios flujos de crecimiento separados por detención; estas plantas, en lugares de clima templado con inviernos fríos prolongados, pero sin heladas, también muestran un receso de crecimiento, de naturaleza fisiológica diferente (Gil, 1999).

2.11. Crecimiento en grosor de las ramas

En las ramas, el engrosamiento es el resultado de la actividad del cambium vascular, que es un meristemo localizado entre el xilema y el floema, y que corre a lo largo de las ramas de manera envolvente (parecida a un cono), y que esta constituida comúnmente por dos capas de células que, al dividirse, agregan nuevas capas al xilema (hacia adentro) y al floema (hacia fuera), e incrementa el grosor de las ramas (Esau, 1972). En el tallo existe, además del cambium, el felógeno, el cual produce hacia el exterior capas de suber o corcho y hacia el interior células parenquimatosas que constituyen la felodermis (Gil, 1999).

La actividad del cambium vascular se encuentra fuertemente asociado con la producción y flujo basípeto de auxinas desde las yemas y otros órganos hacia la raíz, de manera que mientras más auxinas se produzca y se transporte por el floema, mayor será la actividad del meristemo (Baum *et al.*, 1991; Letham *et al.*, 1978). Así, aquellos factores que favorecen el crecimiento del follaje, estimularán el engrosamiento de las ramas por mayor flujo de auxinas que estimulan la división en el cambium vascular (Letham *et al.*, 1978).

2.12. Biomasa

El peso fresco total de una planta incluye a la materia seca y a la cantidad de agua en un momento dado, por lo cual es variable ya que depende del estatus hídrico en que se encuentre. Por ejemplo, a menudo una hoja tiene mayor peso fresco por la mañana que

al medio día, simplemente a causa de la transpiración. Debido a los problemas ocasionados por el contenido variable de agua, en especial los investigadores en la productividad de cultivos, prefieren emplear el aumento en masa seca de una planta o parte de ella como medida de su crecimiento. Es probable que la hoja que tiene menor masa fresca a media tarde tenga mayor masa seca porque fotosintetizó y absorbió sales minerales del suelo durante la mañana. Por tanto, la masa seca puede ser una estimación más válida que la masa fresca de lo que se quiere decir con crecimiento (Salisbury, 1994).

En el estudio de crecimiento de las plantas se utilizan indicadores de los cambios que éstas sufren en determinados periodos. En el caso de las ramas, la longitud, el diámetro basal y el número de hojas son variables muy útiles que indican el tamaño y, si se evalúa periódicamente, pueden mostrar la dinámica de crecimiento, por los cambios detectados. Sin embargo, el volumen de las ramas es un indicador poco confiable del crecimiento, dado que el agua es un componente mayor que tiene variaciones amplias y que puede propiciar interpretaciones erróneas, incluso puede evidenciar crecimiento negativo, cuando en realidad lo que ha sucedido es una pérdida de agua del organismo en estudio (Taiz y Zieger, 1998).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Material vegetal

Se utilizaron tres plantas de durazno del cultivar diamante de dos años de edad después de ser injertadas. Los injertos se hicieron sobre portainjertos criollos de la región de Altotonga, Veracruz, propagados por semilla. Además se utilizaron otras seis plantas y se tomaron hojas y frutos para medirle su biomasa en el laboratorio previo secado en una estufa.

Se seleccionaron plantas de vigor medio, sanas, bien formadas con cuatro ramas estructurales principales con aproximadamente 90° de separación horizontal entre ellas, y fueron representativos de la plantación.

3.2. Sitio de estudio

El estudio se realizó en una huerta comercial localizada en el poblado de Arroyo Colorado, ubicado a una altitud de 900 m entre los poblados de Tlapacoyan y Altotonga, Veracruz. En el lugar se tiene un clima semicálido húmedo con una precipitación pluvial anual de 3253 mm.

3.3. Manejo de las plantas

En la segunda semana del mes de enero, se hizo una poda severa a las plantas eliminando un 50 % de la parte distal de las ramas mixtas del año anterior, para

promover una mayor brotación de las yemas. Después, las plantas fueron fertilizadas con 150 g de urea, y treinta días más tarde se repitió la operación. Para prevenir la incidencia de enfermedades, principalmente de pudrición café (*Monilinia frutícola*), se efectuó una aplicación de mancozeb a una concentración de 2 g L⁻¹. Una vez que inicio la brotación de las ramas, se hizo una aplicación de captán (2 g L⁻¹) hasta punto de goteo con la finalidad de prevenir dicha enfermedad.

3.4. Identificación y marcado de ramas y frutos

Se identificaron y marcaron las ramas y frutos con cuatro colores de pintura vinílica que facilitara su identificación en las evaluaciones que se hicieron. En cada rama se marcó un anillo delgado de pintura vinílica en la base; en las ramas podadas, adicionalmente se marcó otro anillo en la parte apical, no así de las ramas no podadas. Los anillos de las ramas del mismo orden de ramificación fueron del mismo color. Los frutos se etiquetaron y marcaron en la parte polar y ecuatorial con pintura vinílica que permitió identificarlos con mayor facilidad en las fechas subsecuentes de evaluación. Los frutos contiguos se marcaron con colores diferentes para evitar confusiones.

3.5. Periodo de estudio

La evaluación se inicio a partir de 1° de abril y finalizó el 15 de octubre de 2001.

3.6. Evaluación de variables morfológicas de las ramas

3.6.1. Dureza de ramas

Se evaluó el grado de lignificación de las ramas en forma cualitativa con base en la escala de Espinoza *et al.* (1998) mostrada en el cuadro 1.

Cuadro 1. Escala usada para la evaluación de la dureza de ramas de durazno.

Dureza de ramas	Descripción de las ramas
1	Ramas suculentas, recién formadas (en la misma estación de crecimiento) de color verde, flexible y foliadas.
2	Ramas jóvenes, con incipiente lignificación, menos flexibles que las de dureza 1, con una corteza en la base que empieza a perder el color verdoso en la base y adquieren un color café con tonos rojizos. Generalmente son ramas del anterior estación de crecimiento, por tanto son ramas no foliadas.
3	Las ramas tienen poca flexibilidad, por su medianamente avanzada lignificación; la corteza de color café en la mitad basal sustituye a la epidermis; son ramas no foliadas.
4	Las ramas son de madera dura, lignificada, suberificada e inflexible; son ramas no foliadas de dos o tres años anteriores; con corteza bien formada de color café claro a café rojizo.

Fuente: Espinoza *et al.* (1998).

Ésta variable de dureza de ramas se clasificó desde la primera fecha de evaluación y no se modificó en lo subsecuente.

3.6.2. Diámetros

Se midieron los diámetros basales de las ramas en dos sentidos, adaxial-abaxial y lateral, arriba del ensanchamiento basal de la rama utilizando para ello un vernier. Para las

ramas podadas, adicionalmente se midieron sus diámetros apicales en los dos sentidos mencionados.

3.6.3. Longitud

Se midió la longitud de las ramas desde la base (entre los extremos adaxial y abaxial) hasta la punta.

3.6.4. Número de hojas

En cada fecha de evaluación se contaron todas las hojas de cada rama que hayan sido completamente desplegadas y maduras, de al menos 7 centímetros de longitud. Esta variable se tomó como un estimador del número de yemas por árbol en estudio. Para estimar la biomasa de las hojas de los árboles en estudio, en cada fecha de evaluación se tomaron 100 hojas maduras de árboles similares a los estudiados. Las hojas se secaron en una estufa a 70° C hasta peso constante y después se pesaron en una balanza de precisión de 0.001 g.

3.7. Cálculo del volumen fresco de las ramas

Con las variables evaluadas y con la ecuación para el cálculo del volumen del cono y del cono truncado, para las ramas no podadas y podadas, respectivamente, se calculó el volumen fresco de las ramas. Las ecuaciones utilizadas son las siguientes:

Fórmulas del cono del cono: $V = 1/3\pi R^2 h$

Fórmulas del cono truncado: $V = \pi(R^2 + r^2 + Rr) h/3$

Donde:

V = Volumen.

R = Radio del diámetro basal de la rama.

r = Radio del diámetro apical de la rama.

h = Longitud de la rama.

3.8. Estimación de la materia fresca de las ramas

Se estimó el contenido de materia fresca de las ramas con la aplicación de los modelos que se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Modelos usados para la estimación de materia fresca en ramas de durazno cv. Diamante creciendo en un clima semicálido húmedo.

Dureza	Modelo	R ²	C(p)
1	PF = 0.6954+0.111(NH)+0.0671(VFFNH)	0.94	3
2	PF = 1.3995+1.252(VFF)-0.0072(VFF ²)+0.0307(VFFNH)	0.96	4
3	PF = 3.7402(VFF)-0.0027(VFF ²)-2.3545(VFFRDB)+0.013(VFFNH)	0.98	5
4	PF = 1.346(VFFRDB)	0.97	1.29

Fuente: Espinoza *et al.* (1998); PF = materia fresca; NH = número de hojas; VFF = volumen fresco calculado por fórmulas del cono o del cono truncado; RDB = relación de los diámetros basales adaxial-abaxial / lateral; R² = coeficiente de determinación; C(p)= estadístico de Mallow.

3.9. Estimación de la biomasa de ramas

El contenido de biomasa de las ramas se estimó con la aplicación de los modelos que se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Modelos usados para la estimación de biomasa en ramas de durazno cv.

Diamante

Dureza	Modelo	R^2	C(p)
1	$PS = 0.0725 + 0.5307PF$	0.9802	2.00
2	$PS = 0.5187PF$	0.9966	2.00
3	$PS = 0.7694 + 0.5243PF$	0.9955	2.00
4	$PS = 0.5925PF$	0.9980	2.00

Fuente: Espinoza *et al.* 1998; PS = biomasa; PF = materia fresca; R^2 = coeficiente de determinación; C(p)= Estadístico de Mallow

3.10. Estimación de biomasa total de las plantas

A los resultados de la estimación de biomasa de ramas, obtenido por modelos, se le sumó la biomasa estimada de hojas para obtener la biomasa total de las ramas.

3.10.1. Estimación de biomasa de hojas

De los árboles adicionales se tomaron 100 hojas maduras (completamente desplegadas), se sometieron a secado a 70° C hasta peso constante. Con el peso de las 100 hojas se calculó la biomasa de las hojas por planta y los datos de la biomasa de las hojas de los árboles adicionales y el número de hojas caídas, se estimó la biomasa de las hojas utilizando los modelos del cuadro 3.

3.10.2. Crecimiento de frutos

3.10.2.1. Diámetro polar y ecuatorial

Se midieron con un vernier todos los frutos de los árboles en estudio en su sentido polar y ecuatorial cada 10 días a partir del 01 de abril.

3.10.2.2. Medición de la biomasa

En cada fecha de evaluación de los frutos se tomaron 30 frutos de los árboles adicionales, se secaron en una estufa a 70° C hasta peso constante y después se pesaron en una balanza de precisión de 0.001 g.

3.10.2.3. Generación de modelos para estimar la biomasa de los frutos

Con los datos de los diámetros polares y ecuatoriales en sus formas lineales, cuadráticas y logarítmicas, sus productos simples (variables independientes), y la biomasa (variable dependiente) de los frutos de los árboles adicionales, se generó un modelo matemático por regresión para estimar la biomasa de los frutos, para lo cual se utilizó el procedimiento REG de SAS y solamente se incorporaron variables con significancia estadística ($P \leq 0.05$). Se seleccionó un modelo con los mejores ajustes, de acuerdo al coeficiente de determinación más alto (R^2 ajustada) y con el C(p) más baja que se acercó mas al valor de p (numero de variables independientes). El modelo seleccionado es el siguiente:

$PST = 0.36847DE^2 + 0.04133 DP^2$, con una R^2 ajustada de 0.9642 y un C(p) 3.7.

Donde:

PST = Biomasa seca total

DE = Diámetro ecuatorial.

DP = Diámetro polar.

R^2 = Coeficiente de determinación.

C(p) = Coeficiente de Mallows.

3.11. Variables ambientales

Se registraron variables ambientales que permitieron establecer la relación entre los elementos climáticos con el comportamiento de las variables morfológicas y fisiológicas de las plantas estudiadas.

3.11.1. Temperatura. Se registraron las temperaturas mínimas y máximas diarias durante el periodo de estudio con un termómetro de máximas y mínimas, y se calcularon las temperaturas medias diarias de la manera siguiente: temperatura media = (temperatura máxima + temperatura mínima)/2.

3.11.2. Precipitación. Se evaluó la lluvia diariamente durante el periodo de estudio, con un pluviómetro de 29 cm de diámetro colocado en un lugar libre de cubierta alguna (árboles u otro tipo de objeto).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables ambientales

4.1.1. Temperatura

Como era de esperarse, la temperatura durante los meses invernales (octubre a febrero) fue menor que la de primavera y el verano, pero la diferencia no es muy grande. La oscilación diaria se aproximó a los 13° C, en general, y el promedio invernal de las temperaturas no bajo de 15 ° C (figuras 1 y 2).

4.1.2. Precipitación

En las figuras 3 y 4 se presenta la precipitación semanal, mensual y sus acumuladas. Todo el año hubo lluvias para esta región, y las más abundantes se presentaron en los meses de septiembre y octubre, mientras que las menos abundantes se presentaron en los meses de enero y febrero.

Podemos considerar que el sitio tiene una precipitación pluvial muy alta, ya que se acumularon 3,253 mm durante el año 2001.

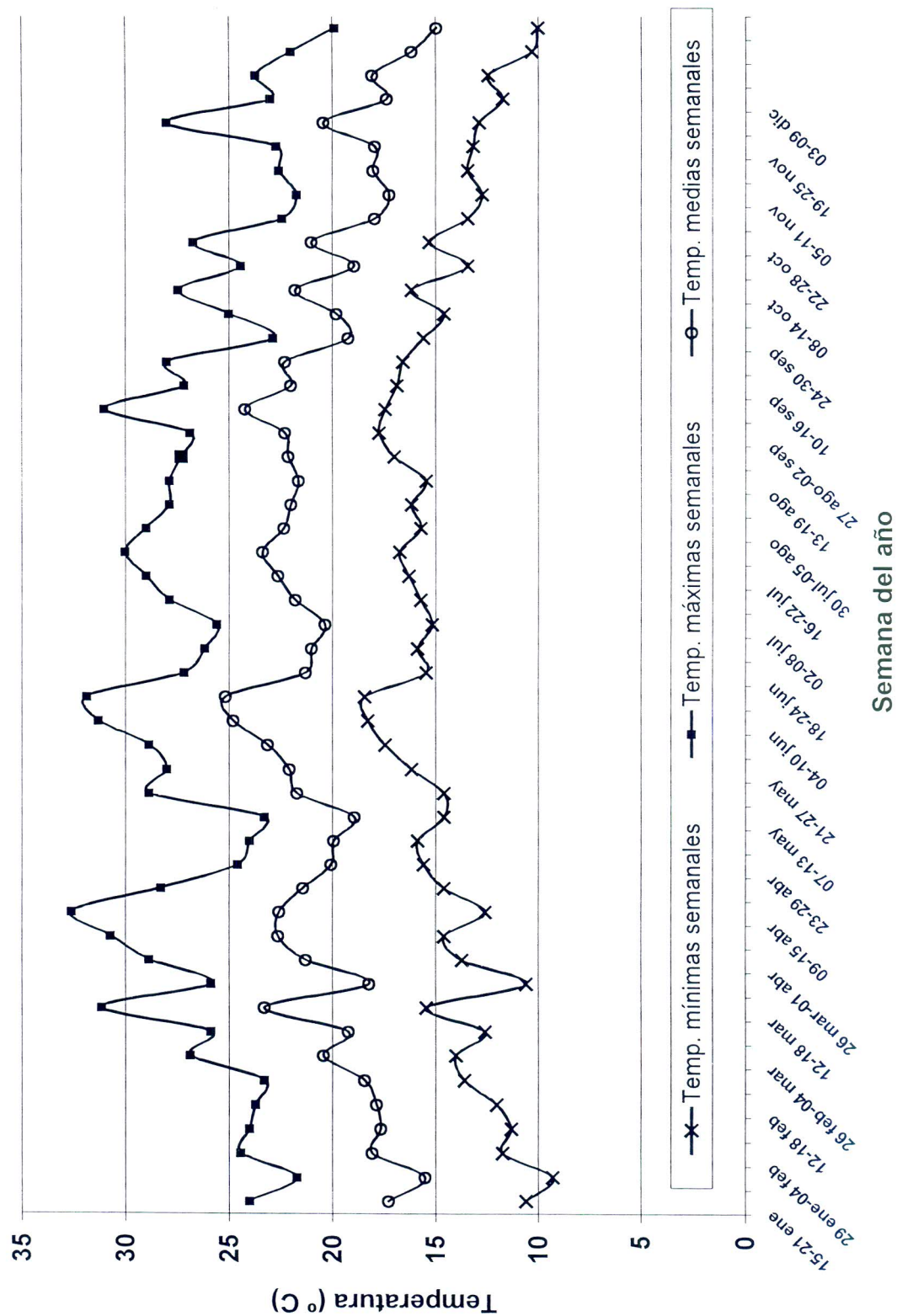


Figura 1. Temperaturas semanales en el año 2001, en Arroyo Colorado, Mpio. de Tlapacoyan, Veracruz.

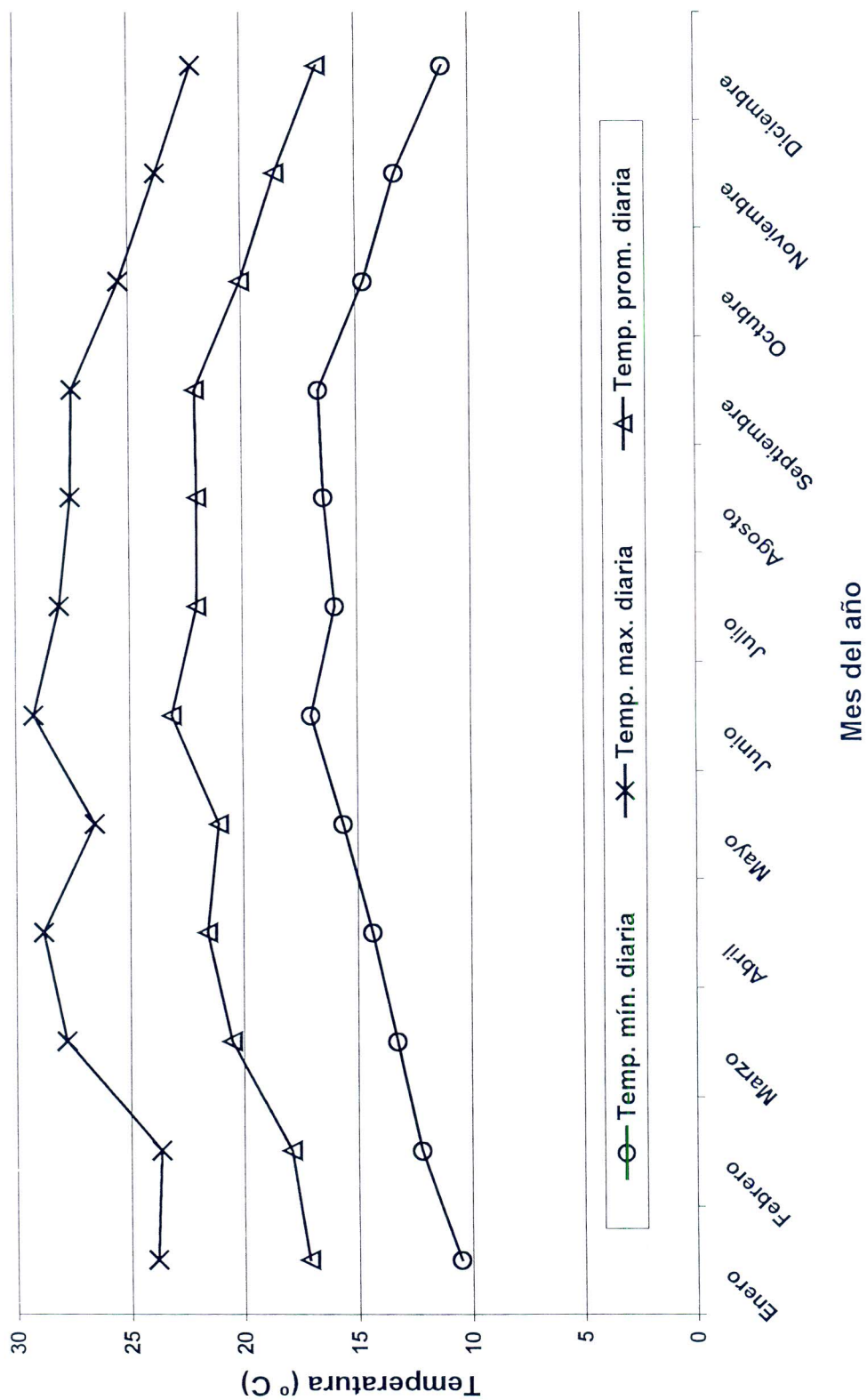


Figura 2. Temperatura mensual en el año 2001, en Arroyo Colorado, Mpio. de Tlapacoyan, Veracruz.

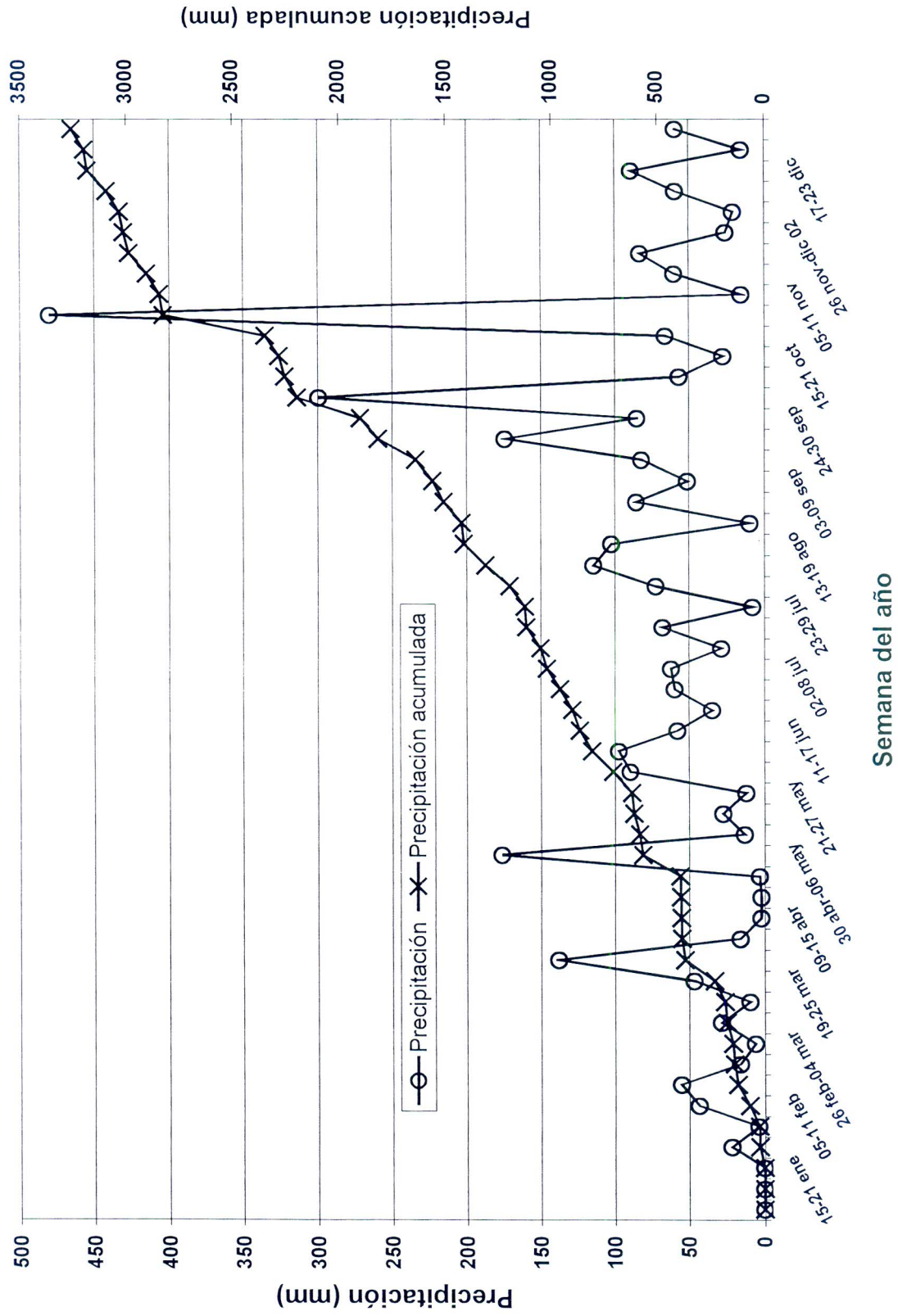


Figura 3. Precipitación semanal en el año 2001, en Arroyo Colorado, Mpio. de Tlapacoyan, Veracruz.

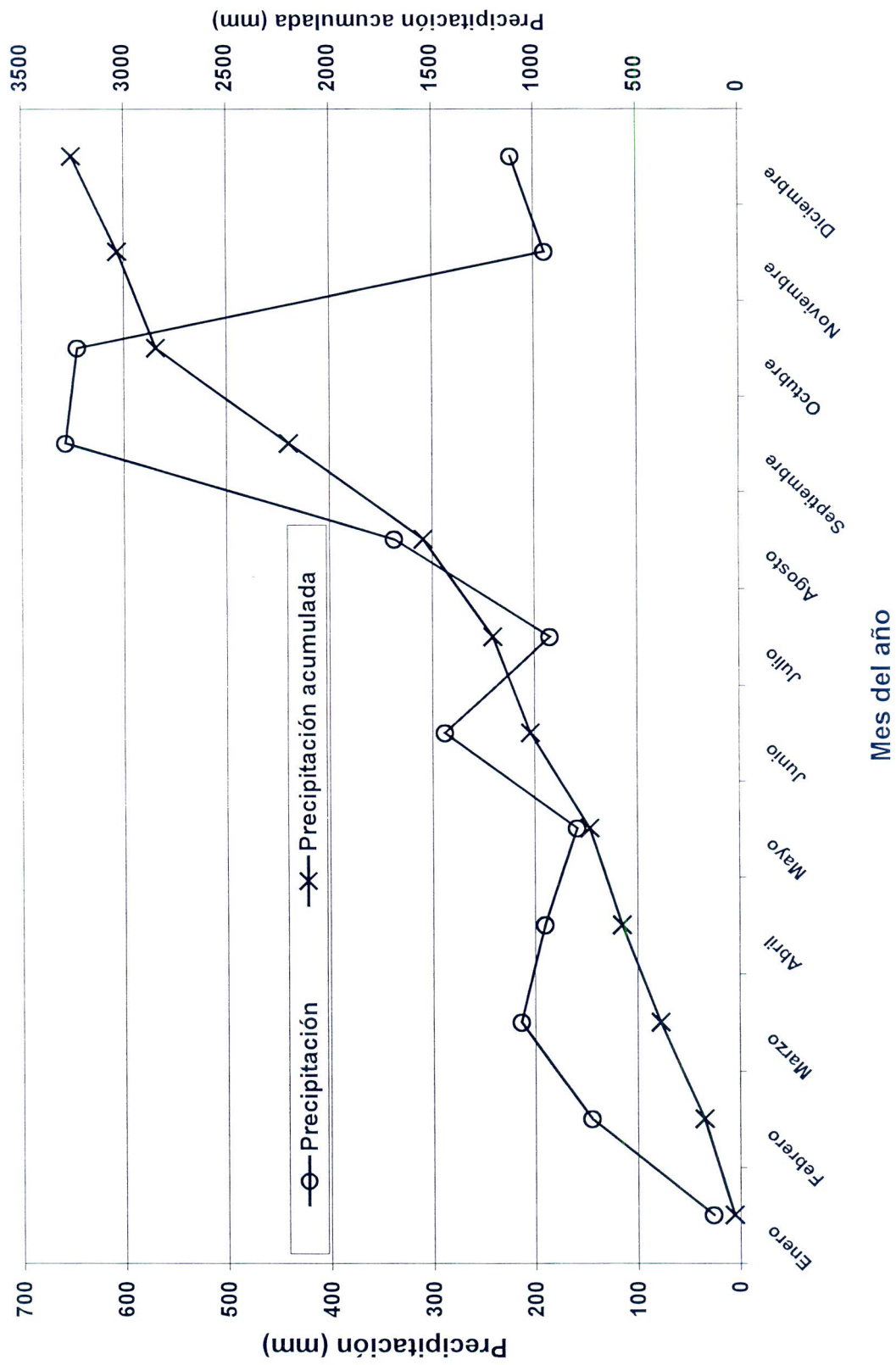


Figura 4. Precipitación mensual en el año 2001, en Arroyo Colorado, Mpio. de Tlapacoyan, Veracruz.

4.2. Longitud de ramas

Las ramas presentes en la primera fecha de evaluación (01 de abril) tuvieron crecimientos mayores a los de las ramas que aparecieron después (figura 5 y cuadro 4).

La temperatura, al afectar los procesos fisiológicos de las plantas, determina las intensidades de crecimiento y de producción (fotosíntesis), gasto (respiración) y acumulación de carbohidratos, por lo que el mayor crecimiento de las ramas se tuvo durante el periodo de las más altas temperaturas (abril a agosto) (figura 5). Las ramas de durezas 2, 3 y 4 tuvieron un crecimiento insignificante (figura 6 y cuadro 5), debido a que habían sido podadas y su meristemo apical fue eliminado.

Cuadro 4. Longitud promedio de ramas de dureza 1 de durazno cv. Diamante creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.

Creciendo en un clima semicálido húmedo: Arroyo Colorado, Veracruz, 2001.									
	Longitud (cm)								
Fecha de aparición	01 abril	08 mayo	09 junio	16 Julio	11 agosto	09 setiembre	15 octubre	Incre- mento	
Abril	23.13	35.91 (12.78)*	41.01 (5.10)	44.19 (3.18)	45.65 (1.46)	46.26 (0.61)	46.35 (0.09)	46.35	
Mayo		23.31	29.12 (5.81)	31.20 (2.08)	31.48 (0.28)	31.73 (0.25)	31.74 (0.01)	31.74	
Junio			17.40	20.82 (3.42)	21.31 (0.49)	21.53 (0.22)	21.54 (0.01)	21.54	
Julio				15.76	16.43 (0.67)	16.74 (0.31)	16.78 (0.04)	16.78	
Agosto					10.44	11.66 (1.22)	11.66 (0.00)	11.66	

*Números en negritas y paréntesis son los incrementos mensuales.

Cuadro 5. Longitud promedio de ramas de durazno cv. Diamante creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.

Dureza de ramas	Longitud (cm)							Incremento
	01 abril	08 mayo	09 junio	16 julio	11 agosto	09 septiembre	15 octubre	
1	23.13	35.91	41.01	44.19	45.62	46.26	46.35	23.22
2	17.52	17.66	17.72	17.74	17.79	17.79	17.79	0.27
3	33.08	33.13	33.18	33.19	33.19	33.19	33.19	0.11
4	46.86	47.21	47.34	47.36	47.69	47.71	47.71	0.85

Para las ramas de dureza 1, se utilizaron solo las ramas presentes en la primera fecha de evaluación (01 de abril).

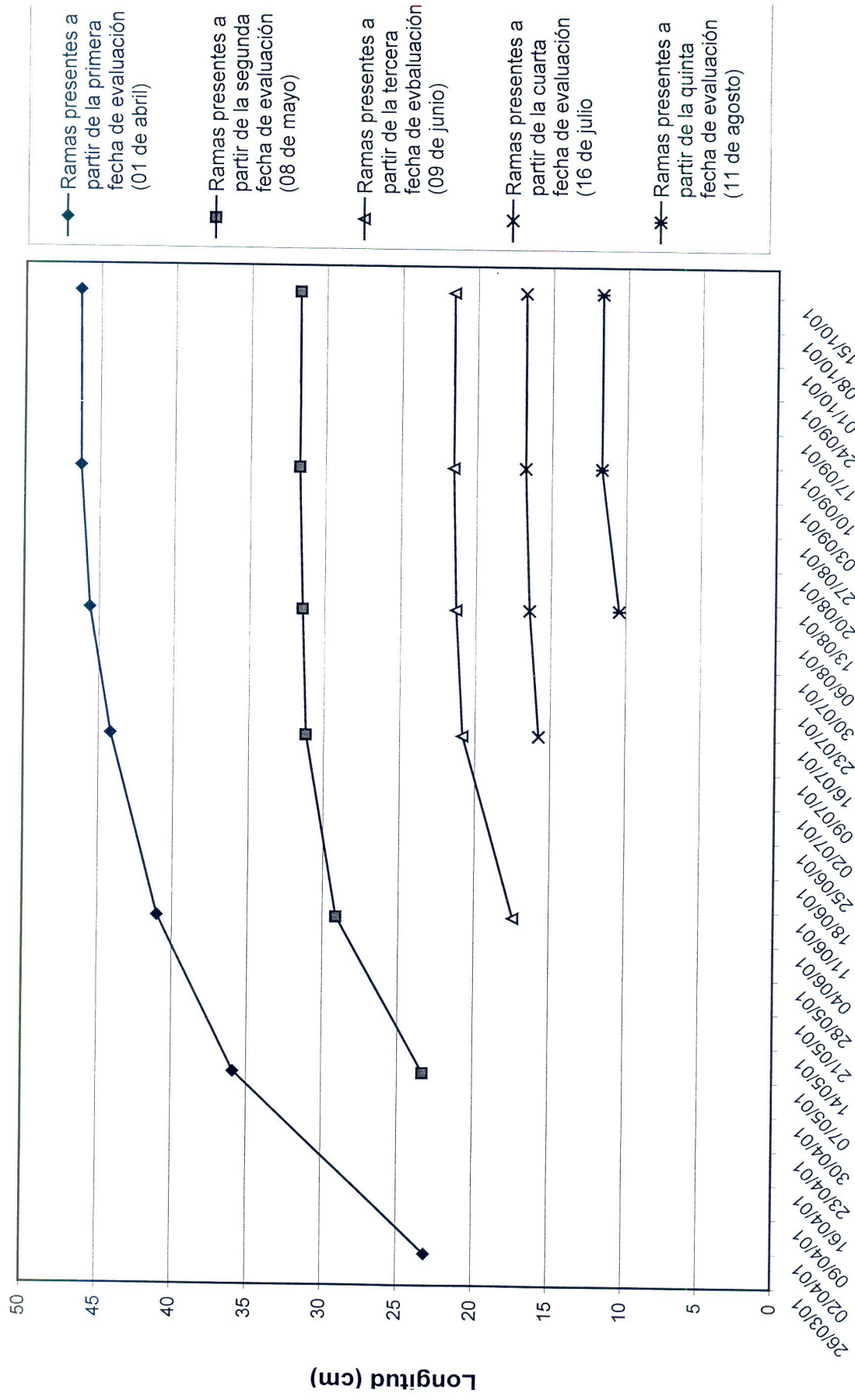


Figura 5. Longitud de ramas de dureza 1 de durazno cv. Diamante, creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.

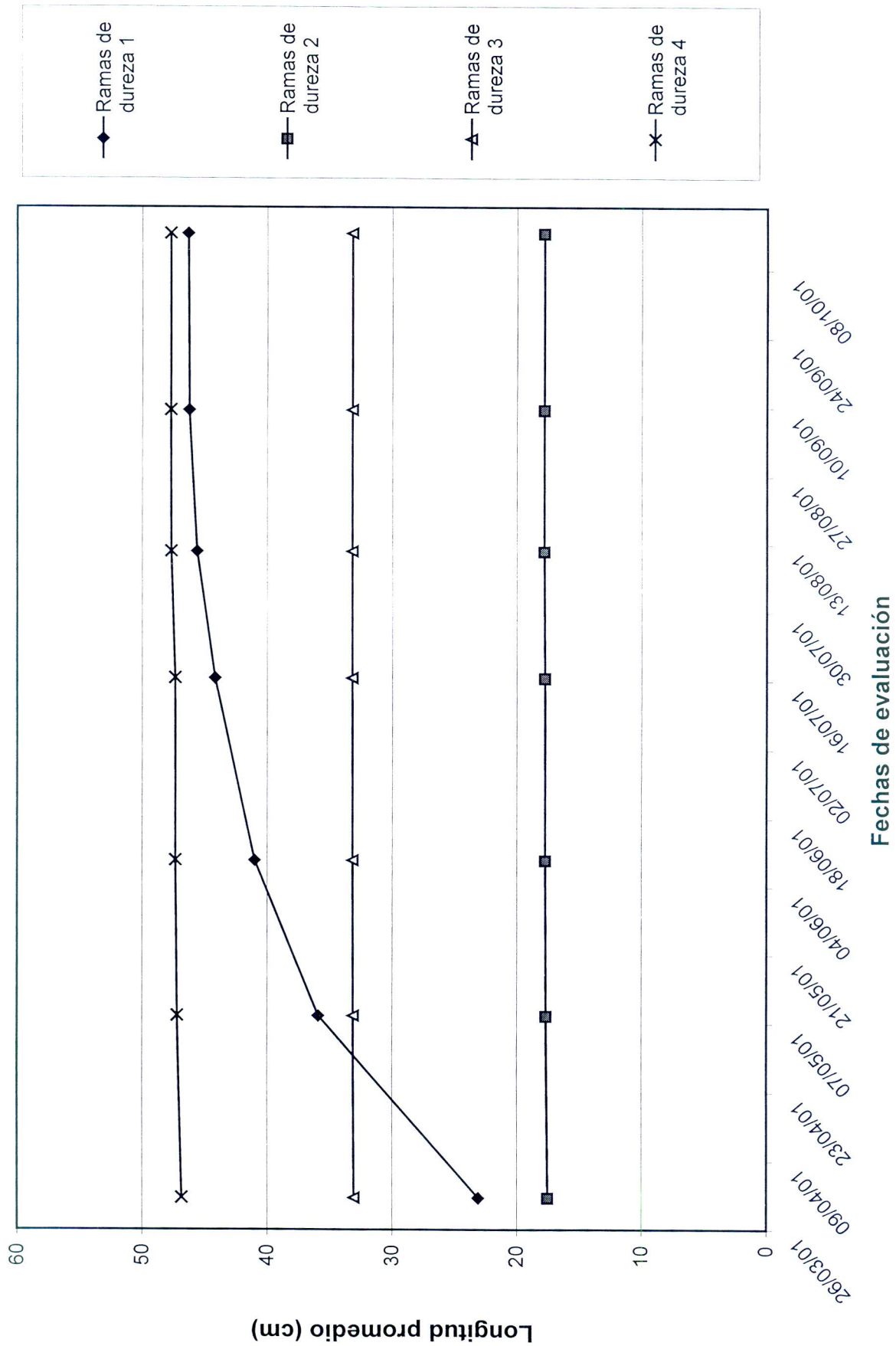


Figura 6. Dinámica de longitud de ramas de durazno cv. Diamante, creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001

4.3. Diámetro basal de ramas

Las ramas de dureza 4 promediaron mayor incremento en el diámetro basal que el resto de las ramas (cuadro 6).

En la figura 7 se muestra la tendencia de incremento en el diámetro basal de las ramas. Se distingue claramente que cuando la temperatura fue más elevada (abril a agosto) (figura 2) las ramas engrosaron más. El mayor incremento del diámetro basal de las ramas de dureza 4, es debido a que las ramas más gruesas y de anteriores estaciones de crecimiento, tienen una mayor actividad en el cambium vascular promovido por las auxinas que se producen en los ápices de las ramas de dureza 1 y otros órganos en crecimiento, como las hojas (Baum *et al.*, 1991; Letham *et al.*, 1978), por lo que puede suponerse que las ramas de dureza 4 demandaron la mayor cantidad de carbohidratos producidas por los órganos en crecimiento, principalmente hojas, que son la fuente principal de fotoasimilados (Esau, 1972; Taiz y Zieger, 1998; Zamski y Schaffer, 1996).

Cuadro 6. Diámetro promedio basal de ramas de durazno cv. Diamante creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.

Dureza de ramas	Diámetro basal (cm)							Incremento anual (cm)
	01 abril	08 mayo	09 junio	16 julio	11 agosto	09 septiembre	15 octubre	
1	0.20	0.34	0.41	0.47	0.52	0.54	0.55	0.35
2	0.45	0.55	0.64	0.71	0.77	0.79	0.80	0.35
3	0.99	1.11	1.32	1.51	1.62	1.68	1.70	0.80
4	2.32	2.47	2.76	3.12	3.35	3.46	3.51	1.19

Para las ramas de dureza 1, se utilizaron solo las ramas aparecidas a partir de la primera fecha de evaluación (01 de abril)

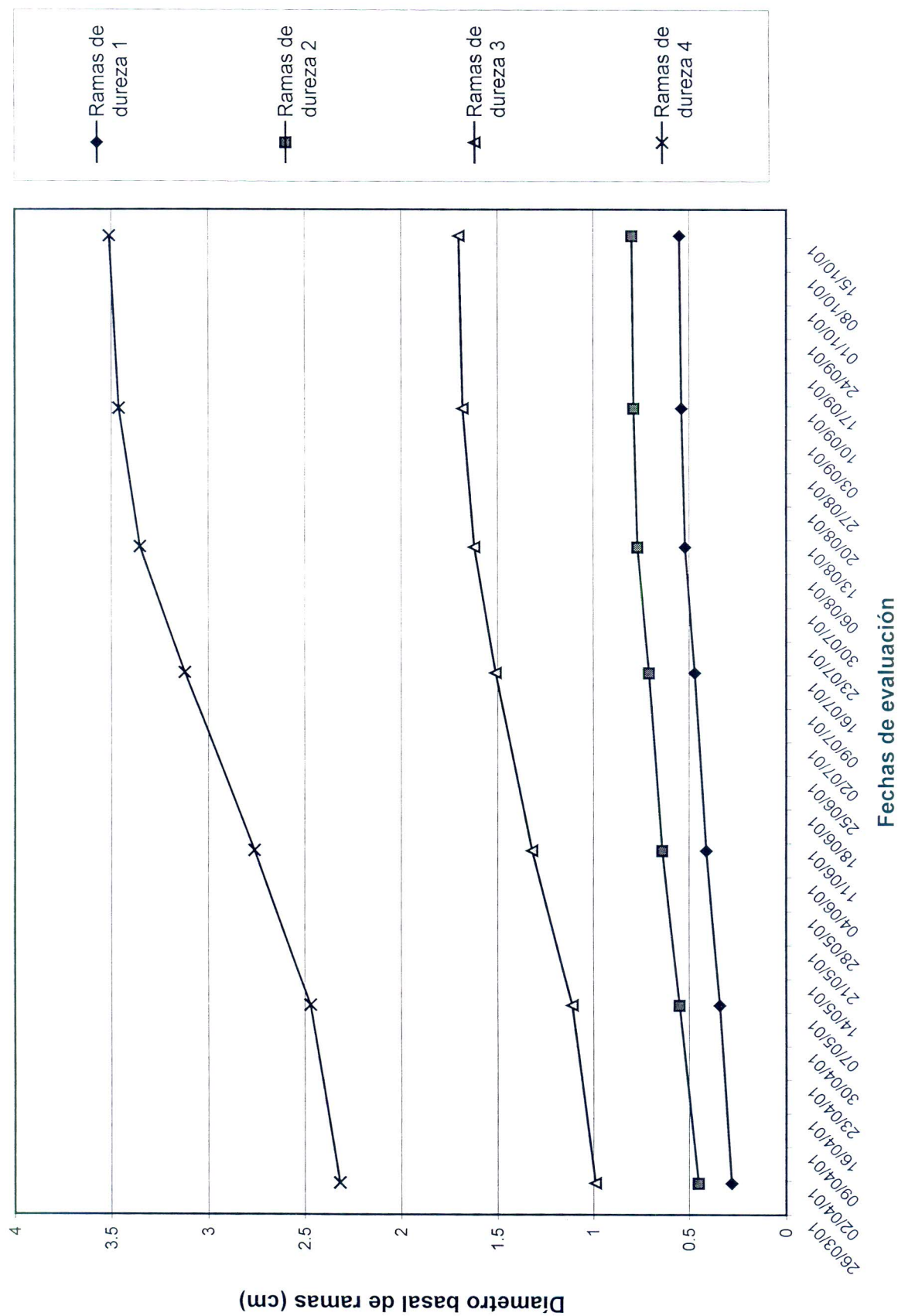


Figura 7. Evolución del diámetro basal de ramas de durazno cv. Diamante, creciendo en un clima semicálido. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.

4.4. Número de hojas

Las ramas que aparecieron en la estación de crecimiento, fueron las únicas que tuvieron hojas. Se apreció que el número total de hojas por árbol se incrementó hasta el mes de julio (cuadro 7), y después sufrió una disminución paulatina, de manera que los meses en que el árbol tiene abundantes hojas fueron mayo a septiembre. Es posible que la disminución de las temperaturas en septiembre haya provocado la desaceleración en la emisión de las hojas, razón por la cual, el crecimiento en longitud de las ramas también disminuyó a partir de septiembre, porque las hojas son la fuente principal de fotosintatos (Esau, 1972; Taiz y Zieger, 1998; Zamski y Schaffer, 1996) y principal responsable de la actividad metabólica en una planta. Si consideramos, además, que las hojas basales ya tenían mayor edad e iniciaron su proceso de senescencia y caída, podemos explicar porqué el número de hojas disminuyó a partir de agosto, y esto, aunado a la disminución en la producción de auxina por los ápices y a la disminución de temperatura, pudo haber sido la causa de que las ramas hayan disminuido su engrosamiento también en el mes de septiembre.

Las ramas de dureza 1 que aparecieron al inicio (abril), y tuvieron más hojas que las que aparecieron después (figura 8).

Cuadro 7. Número de hojas presentes en ramas de dureza 1 de árboles de durazno cv. Diamante creciendo un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.

Fechas de aparición	01 abril	08 mayo	09 junio	16 julio	11 agosto	09 septiembre	15 octubre
Abril	1382	2124	2263	2896	2469	1286	512
Mayo		1070	1454	1838	1692	937	227
Junio			313	516	492	378	188
Julio				763	848	727	452
Agosto					137	174	128
Total	1382	3194	4032	6015	5640	3493	1509

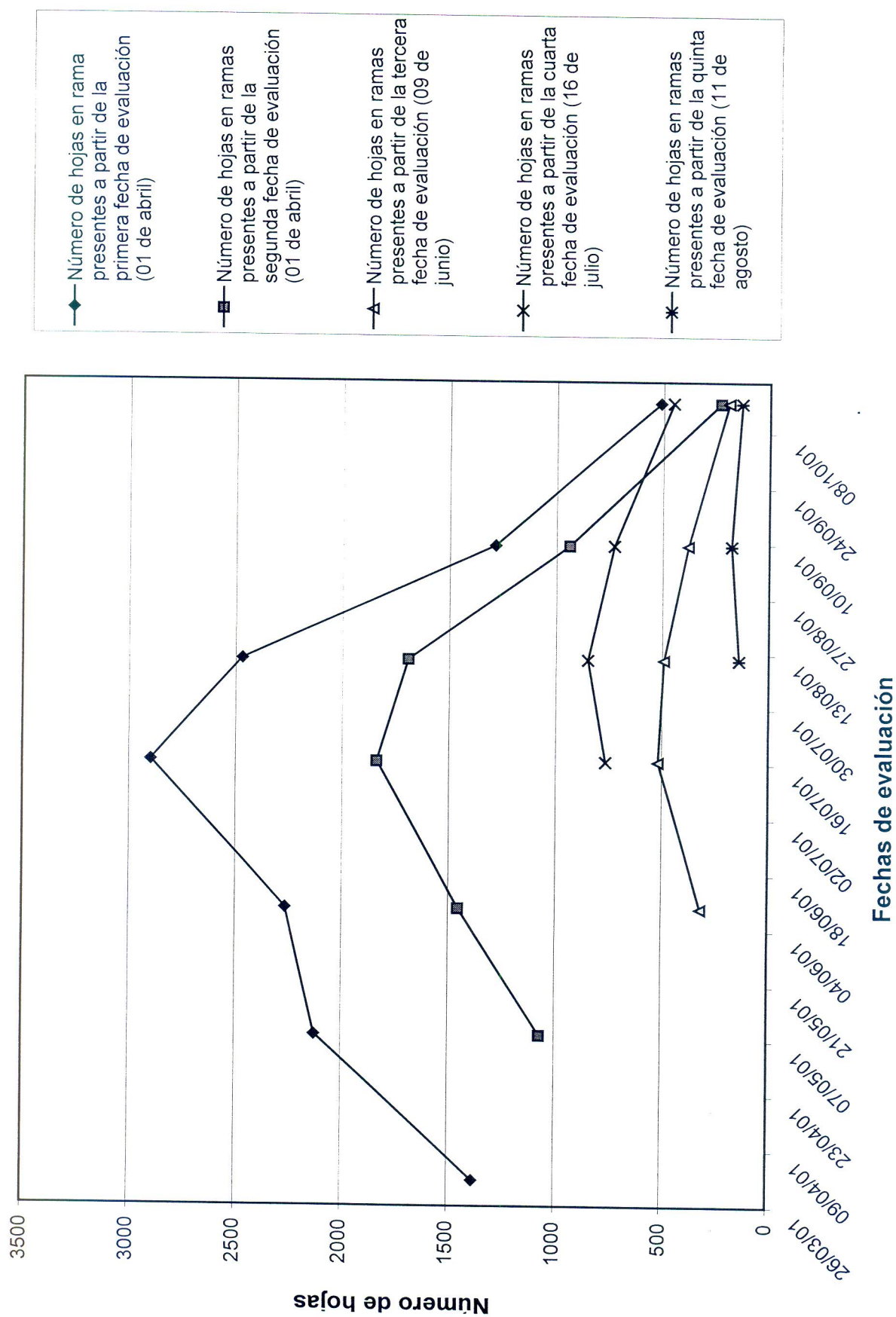


Figura 8. Número de hojas de árboles de durazno cv. Diamante, creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.

4.5 Biomasa de ramas y frutos

Las ramas que acumularon mayor cantidad de biomasa en toda la estación de crecimiento fueron las de dureza 1 (figura 9 y cuadro 8); la poda severa de los árboles en el invierno anterior (mes de enero) pudo ser la responsable de la emisión de abundantes ramas durante la estación de crecimiento evaluada (cuadro 9), por lo que el incremento en la biomasa fue también mayor.

Las ramas de dureza 4 ocuparon el segundo sitio en la acumulación de biomasa, y eran ramas de estaciones anteriores de crecimiento. Aunque al inicio fueron las que mayor biomasa tenían, al final de la estación fueron superadas por las ramas de dureza 1, y es probable que esto se deba a que los árboles tuvieron durante la estación de crecimiento un mayor número de ramas de esta dureza (cuadro 9).

Cuadro 8. Biomasa total de ramas de árboles de durazno cv. Diamante creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.

Dureza de ramas	Biomasa (g)							Incremento Anual
	01 abril	08 mayo	09 junio	16 julio	11 agosto	09 Septiembre	15 octubre	
1	671.25	1269.77	2050.54	4110.63	5328.54	5970.00	6246.64	6246.64
		(598.52)*	(780.77)	(2061)	(1217.9)	(641.46)	(276.64)	
2	95.38	114.81	145.76	169.47	188.24	195.00	200.00	104.62
		(19.43)	(30.95)	(23.71)	(18.77)	(6.76)	(5.00)	
3	175.37	213.20	279.90	356.66	400.26	429.51	443.08	267.71
		(37.83)	(66.70)	(76.76)	(43.60)	(29.25)	(13.57)	
4	1061.67	1283.28	1470.30	1824.02	2090.72	2242.69	2292.17	1230.50
		(221.61)	(187.02)	(353.72)	(266.70)	(151.97)	(49.48)	

*Números en negritas y paréntesis son incrementos mensuales.

Cuadro 9. Número de ramas y frutos de árboles de durazno cv. Diamante presentes en cada fecha de evaluación creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.

Dureza de ramas	01 abril	08 mayo	09 junio	16 julio	11 agosto	09 septiembre	15 octubre	Incremento Anual
1	112	221 (109)*	260 (39)	330 (70)	350 (20)	350 (20)	350 (0.00)	248
2	35	35	35	35	35	35	35	0
3	9	9	9	9	9	9	9	0
4	9	9	9	9	9	9	9	0
	01	10	21	05	20	02		
	abril	abril	abril	mayo	mayo	junio		
Frutos	28	28	28	27	24	20		0

*Números en negritas y paréntesis, son incrementos mensuales.

En el periodo que estuvieron presentes los frutos, éstos tuvieron un acelerado e importante incremento en la acumulación de biomasa y solamente fueron superados por las ramas de durezas 1 y 4 (cuadro 10). Esto es debido a que en el caso de las ramas de dureza 1 continuaron emitiendo y aumentado su número (cuadro 9), mientras que para las ramas de dureza 4 su mayor incremento se debió probablemente a su gran actividad en el cambium vascular que provocó mayor engrosamiento por unidad (cuadro 10) y por tanto mayor incremento en biomasa.

En la figura 10 se muestra la tendencia de crecimiento de frutos, no se formó el clásico doble sigmoide posiblemente porque se inició la medición a partir de los 20 días de edad de los frutos en promedio y se perdió la secuencia inicial de crecimiento.

La biomasa de ramas y frutos tuvo incrementos en cada fecha de evaluación a partir de la primera, y es notorio (cuadro 10) que las ramas de dureza 1 en su conjunto

acumularon más biomasa seguida de las ramas de dureza 4, pero, individualmente, cada rama de dureza, 3 y 4 al final de la estación de crecimiento acumularon más biomasa comparada con las otras (cuadro 10). Esto se debe posiblemente a la intensa actividad del cámbium vascular que es promovida por las auxinas que se producen en los ápices y otros órganos de crecimiento, por ejemplo las hojas, que abundaron en las ramas de dureza 1, y que se traslocaron por el floema hacia la raíz, activando a su paso el cambium y constituyéndolo, junto con otros tejidos adyacentes (xilema y floema jóvenes) en una fuerte demanda de carbohidratos (Baum *et al.*, 1991; Esau, 1972; Letham *et al.*, 1978; Roberts *et al.*, 1988).

Desde el inicio de la estación de crecimiento hubo diferencias significativas entre ramas de diferente dureza, además de los frutos. Durante el transcurso de la estación de crecimiento estuvieron cambiando las diferencias, y al inicio las ramas de dureza 4 tenían una amplia ventaja en biomasa acumulada sobre las ramas de dureza 1, y al final de la estación éstas, de manera colectiva, superaron ampliamente a las ramas de dureza 4, posiblemente por el incremento fuerte que se dio en longitud, al abundante número de hojas, y al mayor número de ramas de dureza 1 mientras que las ramas de dureza 4 no incrementaron su longitud (figura 6) ni poseían hojas ni incrementaron su número.

En lo que se refiere a frutos, éstos acumularon conjuntamente una considerable cantidad de biomasa, superando a las ramas de durezas 2 y 3.

En los meses de más altas temperaturas (abril a agosto), las ramas de dureza 1 se alargaron más y las de durezas 3 y 4 engrosaron más, por consiguiente, la biomasa

Cuadro 10. Biomasa total de ramas y frutos de árboles de durazno cv. Diamante creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.

Órgano	NUO	Biomasa (g)											IU	Incremento Anual
		01 abril	10 abril	21 abril	05 mayo	20 mayo	02 junio	09 junio	16 julio	11 agosto	10 septiembre	15 octubre		
RD	350	671.25b	816.25 a	994.35 a	1220.52 a	1572.02 a	1899.54 a	2050.54 a	4110.63 a	5328.54 a	5970.00 a	6246.64 a	17.87	6246.64
inc		-----	145.00	178.10	226.17	351.50	327.52	151.00	2061	1217.9	641.46	276.64		
RD	35	95.38c	100.10 b	105.90 b	113.20 b	125.70 c	137.60 c	145.76 b	169.47 c	188.24 b	195.00 b	200.00 c	3.00	104.62
Inc		-----	4.72	5.78	7.35	12.50	11.84	30.95	23.71	18.77	6.76	5.00		
RD	9	175.37c	184.60 b	195.80 b	210.10 b	236.70 c	262.20 c	279.90 b	356.66 c	400.26 b	429.51 b	443.08 c	29.75	267.71
Inc		-----	9.20	11.25	14.31	26.61	25.50	66.70	76.76	43.60	29.25	13.57		
RD	9	1061.67a	1115.60 a	1181.50 a	1265.40 a	1349.30 b	1420.80 b	1470.30 a	1824.02 b	2090.72 a	2242.69 a	2292.17 b	136.72	(230.50
inc		-----	53.93	65.89	83.87	83.91	71.50	87.02	353.72	266.70	151.97	49.48		
Fruto	24	71.6c	84.40 b	97.30 a	126.20 c	202.50 c	285.30 c						11.90	(85.30
		-----	12.86	12.90	28.93	76.26	82.76							
TOTAL														8134.7

NUO = Número de unidades por órgano; IU = Incremento de biomasa unitaria general por rama o fruto en la estación de crecimiento; inc = incremento en la biomasa total de ramas y frutos de la dureza correspondiente, con relación a la fecha de evaluación anterior; RDX = rama de dureza X, donde X = 1, 2, 3, 4.

a, b, c Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha=0.05$).

también se incremento; esto también es responsabilidad directa de las hojas, debido a que son la fuente principal de carbohidratos y su distribución a los centros de demanda. El mayor número de hojas se presentó en la temporada de las más altas temperaturas (abril a agosto) (figuras 1, 2 y 8), provocando para ello una aceleración en el engrosamiento e incremento en biomasa de ramas y frutos.

Cuando las hojas comenzaron a desprenderse aceleradamente (agosto), la actividad metabólica de la planta también se desaceleró, provocando con ello un lento incremento en grosor y biomasa.

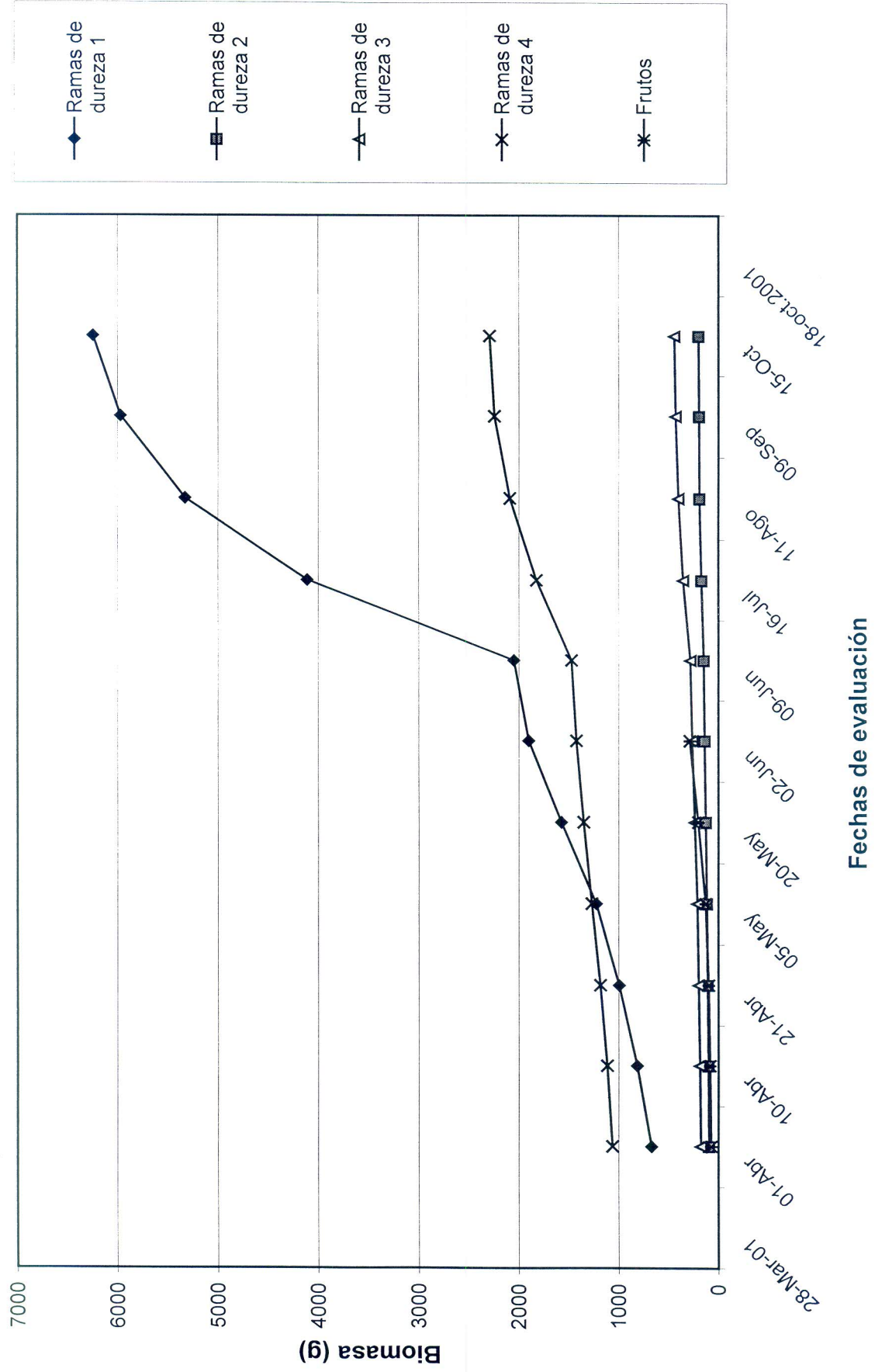


Figura 9. Dinámica en biomasa de ramas y frutos de durazno cv. Diamante, creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001.

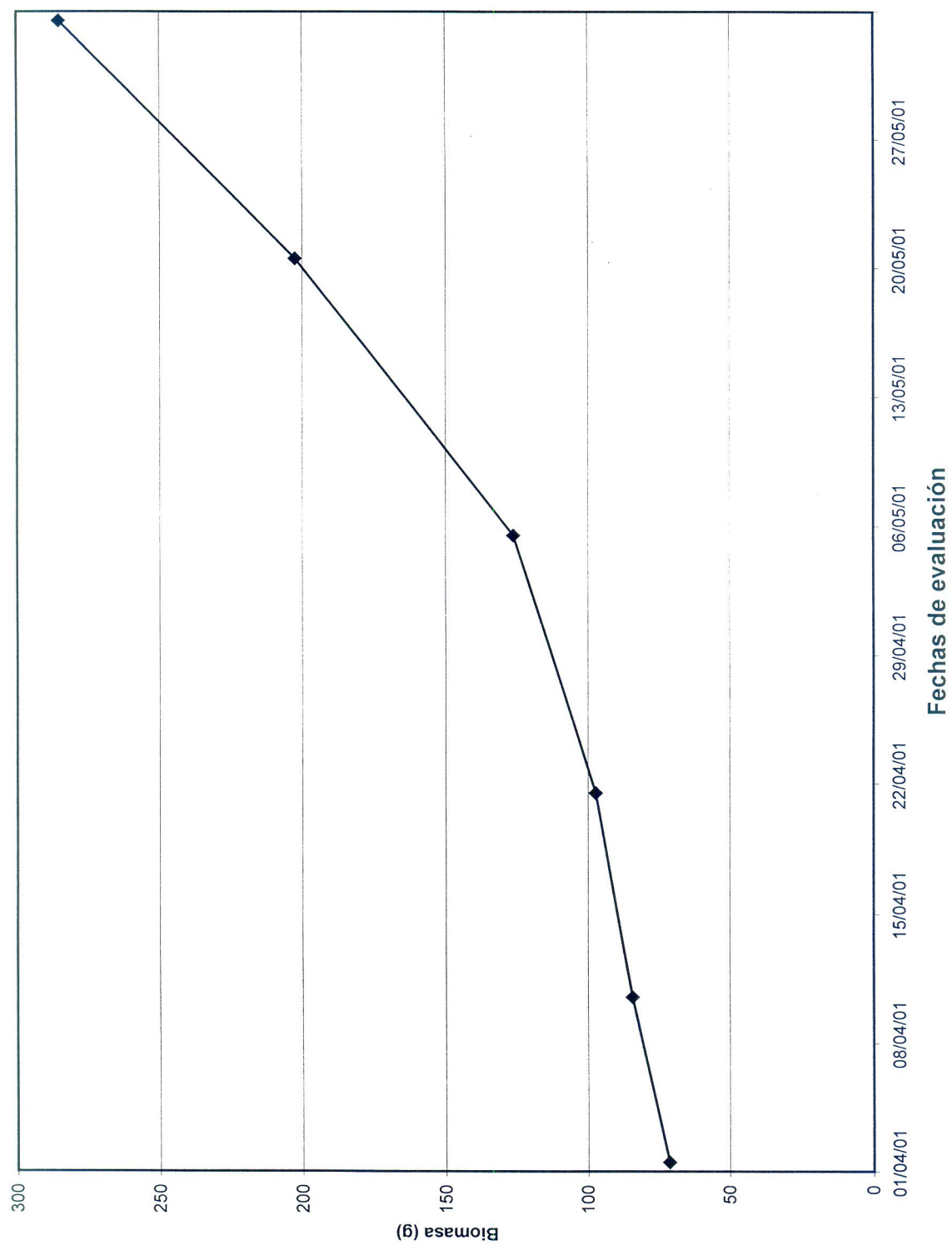


Figura 10. Dinámica de creimiento de frutos de durazno cv. Diamante creciendo en un clima semicálido húmedo. Arroyo Colorado, Veracruz. 2001

4.6. Generación de modelos para estimar la biomasa de los frutos

Con el procedimiento REG de SAS se obtuvo el modelo para estimar la biomasa de los frutos con un elevado R^2 ajustada, y la menor $C(p)$. El modelo obtenido es el siguiente:

$PST = 0.36847DE^2 + 0.04133DP^2$, con una R^2 ajustada de 0.9642 y un $C(p)$ 3.7.

Donde:

PST = Biomasa fresca total.

DE = Diámetro ecuatorial.

DP = Diámetro polar.

R^2 = Coeficiente de determinación.

$C(p)$ = ESTADISTICO de Mallow.

V. CONCLUSIONES

Las ramas que aparecieron al inicio de la estación de crecimiento (abril) que corresponde a las de dureza 1, se alargaron más y más rápido que las ramas que aparecieron en los meses siguientes.

Los frutos acumularon una considerable cantidad de biomasa (3.5 %) pero no fueron los más importantes porque fueron superados por las ramas estructurales de dureza 4 (15.12 %) y ramas de dureza 1 (76.8 %).

El modelo para estimación de biomasa de frutos generado es el siguiente: $PST = 0.36847DE^2 + 0.04133 DP^2$, con una R^2 ajustada de 0.9642 y un $C(p)$ 3.7. Donde: PST = biomasa seca total; DE = diámetro ecuatorial, DP = diámetro polar; R^2 = coeficiente de determinación; $C(p)$ = estadístico de Mallows.

Las ramas de dureza 4, que corresponden a las ramas estructurales lignificadas tuvieron el mayor incremento en diámetro y mayor incremento en biomasa con 136.6 g, seguidas de las ramas de durezas 3, 1 y 2 con 29.75, 19.87 y 3.00 g, respectivamente. Mientras que la suma de todas las ramas de dureza 1, ramas que corresponden a la estación de crecimiento evaluada, acumularon más biomasa, con 6246.64 g, seguidas de las de durezas 4, 3 y 2, con 1230.50, 267.71 y 104.62 g, respectivamente.

En el periodo de junio a agosto se tuvo el mayor incremento en biomasa de las ramas y el mayor número de hojas en los árboles, coincidiendo con las temperaturas más altas de la estación de crecimiento.

VI. LITERATURA CITADA

- Azcon-Bieto, J.; M. Talon. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Ed. Interamericana Mc Graw-Hill. Madrid, España. 522 p.
- Azcon-Bieto, J.; M. Talon. 1993. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Ed. Interamericana McGraw- Hill. Madrid, España. 581 p.
- Baum, S. F.; R. Aloni; C. A. Peterson. 1991. Role of cytokinin in vessel regeneration in wounded coleus internodes. *Annals of Botany* 67(6):543-548.
- Becerril-Roman, A. E.; Rodriguez-Alcazar, J. 1989. Producción forzada en frutales de clima templado. *In: Memorias del Simposium Producción Forzada en frutales.* Ed. Colegio de Postgraduados, México. pp. 13-17.
- Bieliski, R. L.; R. J. Redgwell. 1985. Sorbitol versus sucrose as photosynthesis and translocation products in developing apricot leaves. *Australian Journal of Plant Physiology* 12: 657-668.
- Bohinski, Robert C. 1991. Bioquímica. 5ª Ed. Ed. Pearson Educación. D. F. México. 739 p.
- Caruso, T.; P. Inglese; D. Giovannini; E. Turci; M. Tagliavini G. H. Neilsen; P. Millard. 1995. Rootstock influence on dry matter and nutrient above-ground content and partitioning in Maravilla peach trees. *Acta Horticulturae* 383: 105-114.
- Caruso, T.; P. Inglese; F. Sottile; F. P. Marra. 1999. Effect of planting system on productivity, dry-matter partitioning and carbohydrate content in above-ground components of 'Flordaprince' peach trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 124 (1): 39-45.
- Chalmers, D. J. 1989. An analysis of growth and productivity of peach trees. *Acta Horticulturae* 254:91.101.

- Chalmers, D. J.; R.L. Canterford; P.H. Jerie; T.R. Jones and T.D. Ugalde. 1975. Photosynthesis in relation to grow and distribution of fruit in peach trees. Aust. J. Plant. Physiol. 2:635:345.
- Chalmers, O. y B. Van den Ende. 1974. Productivity of peach trees: factors affecting dry-weight distribution during tree growth. Annals of Botany 39: 423-432.
- Childers, N. F. 1978. Modern Fruit Science. Ed. The California University Publishing. Los Angeles California, U. S. A. Vols. 1 y 2.
- Coletto, M. J.M. 1989. Crecimiento y Desarrollo de las Especies Frutales. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 140 p.
- Conn, E. E.; P. K. Stumpf; G. Bruening; R. H. Doi. 2001. Bioquímica Fundamental. 4^a Ed. Ed. Limusa. D. F. México. 736 p.
- Connors, C. H. 1919. Growth of fruit of peach. New Jersey Agric. Exp. Stn Annu. Rep. 40, 82-88
- DeJong, T. M. and J. Goudriaan. 1989. Modeling the carbohydrate economy of peach fruit growth and crop production. Acta Horticulturae 254:103-108.
- DeJong, T. M. and Y. L. Grossman. 1994. A supply and demand approach to modeling annual reproductive and vegetative growth of deciduous fruit trees. HortSci. 29:1435-1442.
- DeJong, T. M. and Y. L. Grossman. 1995. Quantifying sink and source limitations on dry matter partitioning to fruit growth in peach trees. Physiol. Plant. 95: 437-443.
- Esau, K. 1972. Plant Anatomy Ed. John Wiley and Sons. U. S. A. 767 pp.
- Espinoza, E., J.R. 2000. Efecto de dos regimenes termicos sobre el crecimiento de

- arboles de durazno (*Prunus persica* L. Batsch.). Tesis de doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 124 p.
- Espinoza E., J.R.; Ortiz C.; M. C. Mendoza C.; J. A. Villaseñor A.; C. Pena V.; G. Almaguer V. 1998. Modelos matemáticos para la estimación del peso y volumen de ramas de durazno (*prunus persica* L. Batsch.). Revista Chapingo Serie Horticulturs 4(2): 125-131.
- Flore, J. A.; D. R. Layne. 1996. *Prunus*, pp. 825-859. *In*: Photoassimilate distribution in plants and crops. Sours-sink relationship. E. Zamski; A.A. Schaffer (eds) Marcel Dekker Inc. Michigan, U. S. A. 950 pp.
- Gil, S. G F.; 1999. Fruticultura., El Potencial Productivo. 2ª Ed. Ed. Alfaomega. D.F. México. 342 p.
- Grossman, Y. L. and T.M. DeJong. 1994. Carbohydrate requerements for dark respiration by peach vegetative organs. *Tree Physiology* 14: 37-48.
- Grossman, Y. L. and T.M. DeJong. 1995. Maximun vegetative growth potential and seasonal pattern of resource dynamics during peach growth. *Ann. Bot.* 76: 473-482.
- INEGI-CONAL. 1994. Sector Alimentario en México. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México, Aguascalientes, México. 43 p.
- Jackson, J. 1980. Ligth interception and utilization by orchard systems. *Hort. Rev.* 2: 208-267.
- Letham, R. T.; T. G. V. Wikins; R. S. Higgins. 1978. Phytohormones and related compounds Ed. Elsevier-North Halland. The Netherlands. Vols. 1 y 2.
- Loornis, R. S. 1993. Productivity of Horticultural Systems. *Encyclop. Plant. Physiol. N. S.* Vol. 12D:151-172.

- Martin, G. C. 1987. Apical dominance. *HortSci.* 22(5):824-833.
- Moore J. N. y Janick, J. 1993. *Avances en la Genotecnia de Frutales*. Ed. AGT. D. F. México, 792 p.
- Negm, F. B; W. H. Loescher. 1981. Characterization and partial purification of aldose-6-phosphate reductase (alditol-6-phosphate: NADP 1-oxidoreductase) from apple leaves. *Plant Physiology* 67: 139-142.
- Patrick, J. W. 1988. Assimilate partitioning in relation to crop productivity. *HortScience* 23(1):33-40.
- Pavel, E. W. and T. M. DeJong. 1993. Source-and sink-limited growth periods of developing peach fruits indicated by relative growth rate analysis. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118:820-824.
- Regland, C. H. 1934. The development of peach fruit, with special reference to split-pit and gumming. *Proc. Amer. Soc. Hortic. Sci.* 31:1-21.
- Reeve, R. M. 1959. Histological and histochemical changes in developing and ripening peach II. The cell walls and pectins. *Amer. J. Bot.* 46:241-248.
- Roberts, L. W.; P. B. Gahan; R. Aloni. 1988. Vascular differentiation and plant growth regulators. Ed. Springer-Verlang. 154 pp.
- Robinson, T. L. and Lakson, A. N. 1992. Bases of yield and production efficiency in apple orchard systems. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 116: 188-194.
- Ryugo, K. 1988. *Fruit culture: its science and art*. John Wiley y Sons, Davies, Cal. Pp.107-118.
- SAGARPA. 2001. *Anuario de producción 2000*. Ed. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.

- Salisbury, F. B. y C. W. Roos. 1994. Fisiología Vegetal. Ed. Iberoamericana. D. F. México. 759 p.
- Sowden, J. C. 1957. Occurrence, properties and synthesis of the monosaccharides, pp. 77-137. *In: The Carbohydrates. Chemistry, Biochemistry, Physiology*, W. Pigman (ed.) Academic Press Inc. New York. USA.
- Taiz, L. and E. Zieger 1998. Plant Physiology. Ed. The Benjamin/cummings Publishing company, Inc U. S. A. 559 pp.
- Tan, C. S. and B. R. Buttery. 1986. Photosynthesis, stomatal conductance, and leaf water potential in response to temperature and light in peach. *HortScience* 21(5):1180-1182.
- Turgeon, R. 1989. The sink-source transition in leaves. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 40: 119-138.
- Wareing, P. F. and J. Patrick. 1975. Source-sink relations and the partition of assimilates in the plant, pp. 481- 499. *In: Photosynthesis and Productivity in Different Environments*. J. P. Cooper (ed.) Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K.
- Westwood, M. N. 1982. Fruticultura de Zonas Templadas. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 461 p.
- Zamski; E.; A. A. Schaffer. (eds.). 1996. Photoassimilate distribution in plants and crops. Ed. Marcel Dekker Inc. New York U. S. A. 904 pp.
- Zucconi, F. 1986. Peach, pp. 303-321. *In: Handbook of fruit Set and Development*. Shaul P. Monselise (ed.). CRC Press, Florida U. S. A..

blanca, haciéndose una sola aplicación por tratamiento. En éste período se registró en el invernadero un rango de temperatura de 10 a 30°C y una humedad relativa entre el 70 y 75%.

La aplicación (aspersión) de los tratamientos fue alrededor de las 6:00 h, y el primer conteo de individuos vivos se hizo 12 h después para determinar el descenso poblacional. Posteriormente se realizaron otros dos conteos, uno a las 24 h y otro a las 36 h.

3.3.3.2. Medición del rendimiento de tomate

Una semana después de aplicar los extractos se registró el rendimiento de cada unidad experimental en: peso (g) y diámetro (cm) de cada fruto, y peso total (g) de frutos por cada unidad experimental, con la finalidad de evaluar la influencia de los tratamientos en el rendimiento. Todas las plantas se podaron a 110 cm, quitándoles los brotes axilares, y dejándoles seis hojas y cuatro racimos de los cuales se hicieron cuatro cortes.

3.3.3.3. Análisis estadístico

Se realizó un Análisis de Varianza (ANAVA) y una prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para detectar el mejor o mejores tratamientos, con el programa computacional System Analysis Statistics (SAS), versión 8.0. El análisis estadístico Probit (Finney, 1971) permitió calcular la Concentración

Letal Media (CL_{50}). Los resultados obtenidos se graficaron con el programa SigmaPlot 2001.

3.3.3.3.1. Variables respuesta

Las variables medidas en el laboratorio fueron: número de moscas blancas adultas vivas y número de moscas blancas muertas, para obtener el porcentaje de mortalidad en cada unidad experimental.

Las variables medidas en el invernadero fueron: número de moscas blancas adultas vivas y por diferencia, con respecto al total de individuos contados en cada unidad experimental antes de la aplicación de los tratamientos, el número de moscas blancas muertas, para obtener el porcentaje de descenso poblacional (porcentaje de mortalidad de moscas blancas muertas) por cada unidad experimental. Además se registró el peso (g) y diámetro (cm) de frutos por planta, y el peso total de frutos por unidad experimental con la finalidad de evaluar la influencia de los tratamientos en el rendimiento (ver Anexo 1).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Toxicidad del extracto acuoso de *P. alliacea* sobre *T. vaporariorum*

Las diferentes concentraciones del extracto acuoso de *P. alliacea* presentaron un porcentaje de mortalidad mayor en adultos de *T. vaporariorum* en la evaluación en laboratorio, en comparación con el experimento realizado en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero (Figura 18), y quizá para este último experimento la radiación solar actuó como degradante del extracto vegetal aplicado, dado que los extractos vegetales acuosos son sensibles a sufrir fotodegradación aún con escasa luz solar (Prabhaker *et al.*, 1999), y posiblemente por esta razón se obtuvo un porcentaje de mortalidad menor en condiciones de invernadero (58.33, 47.50 y 35.85%), en comparación con el experimento de laboratorio (86.88, 94.18 y 98.35%), para los tratamientos de 10, 15 y 20% de concentración, respectivamente .

En el experimento de laboratorio el mejor tratamiento fue el de la concentración 20%, registrando una mortalidad de *T. vaporariorum* del 98.35%, sin superar significativamente a los tratamientos con 15 y 10% de concentración, los cuales mostraron una mortalidad respectiva del 94.18% y 86.68%. Todos los tratamientos del extracto acuoso (10, 15 y 20%), superaron significativamente al tratamiento con imidacloprid, que alcanzó un porcentaje de mortalidad del 62.50%, y al testigo con un porcentaje de mortalidad de 3.33%.

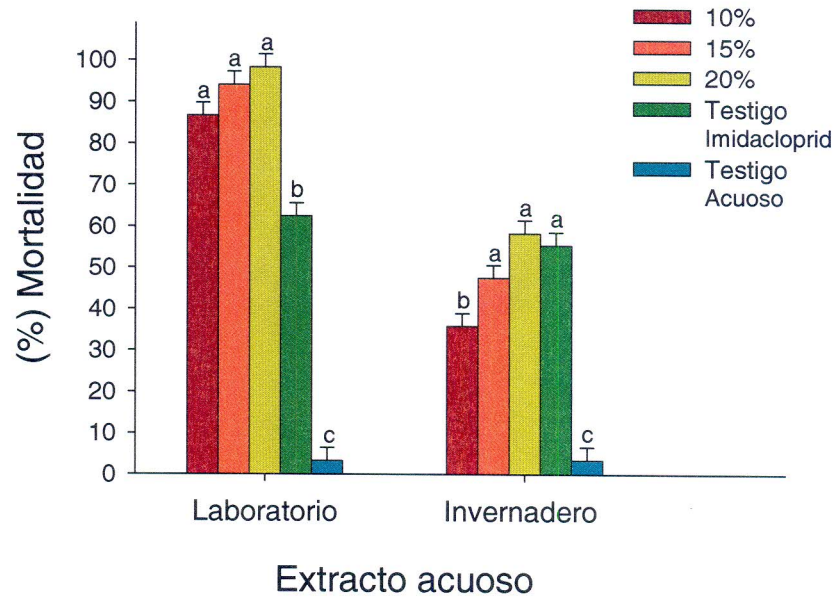


Figura 17. Mortalidad en adultos de *T. vaporariorum* por efecto del extracto acuoso de *P. alliacea* en laboratorio e invernadero. *Tratamientos con la misma letra producen efectos estadísticamente similares, es decir, no se diferencian significativamente ($p \leq 0.05$).

Para el caso del experimento en condiciones de invernadero el mejor tratamiento también fue el de 20% de concentración, registrando 58.33% de mortalidad, el cual no supero significativamente al tratamiento con 15% de concentración, ni al tratamiento con imidacloprid, que ocasionaron el 47.50% y 55.43% de descenso poblacional, respectivamente. Estos tratamientos superaron significativamente a los tratamientos 10% y testigo, los cuales causaron un descenso poblacional de *T. vaporariorum* de 35.85% y 3.20%, respectivamente (Figura 17).

4.2. Toxicidad de los extractos metanólico y de diclorometano de *P. alliacea* sobre *T. vaporariorum*

Después de macerar el tejido vegetal con el respectivo disolvente (metanol y diclorometano), se pesó la extracción libre de disolvente y humedad y se obtuvo el rendimiento: para el caso del extracto crudo metanólico fue de 23.4 g por cada 100 g de peso seco de hoja, y para el extracto crudo diclorometano se obtuvieron 15.7 g de extracto por cada 100 g de peso seco de hoja de *P. alliacea*.

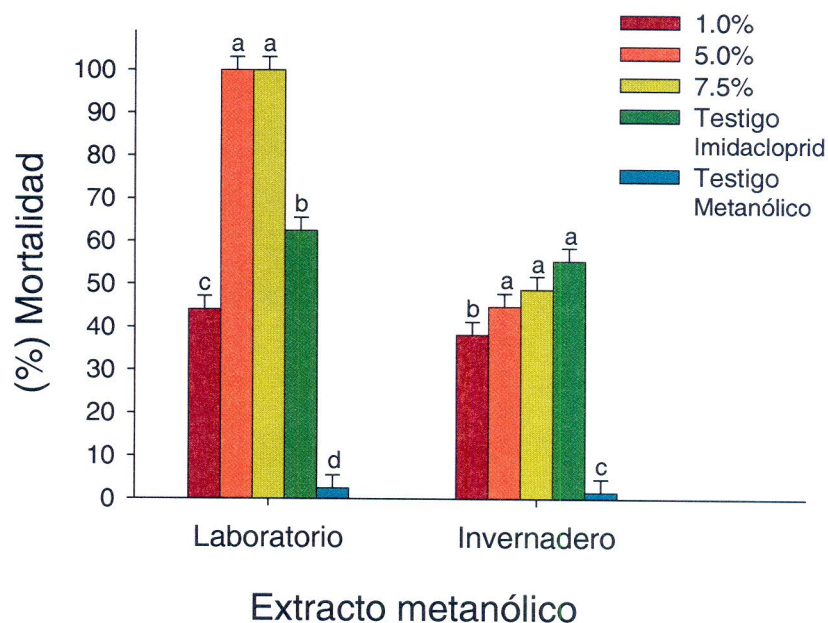


Figura 18. Mortalidad en adultos de *T. vaporariorum* por efecto del extracto metanólico de *P. alliacea* en laboratorio e invernadero. *Tratamientos con la misma letra producen efectos estadísticamente similares, es decir, no se diferencian significativamente ($p \leq 0.05$).

Al evaluar la toxicidad del extracto metanólico en la etapa adulta de *T. vaporariorum* se observó que los tratamientos de mayor concentración (5.0% y 7.5%) no presentaron diferencias significativas entre ellos, obteniendo el 100% de mortalidad y superaron significativamente a los tratamientos: imidacloprid (62%), 1.0% de concentración (44.15%) y testigo con 2.50% de mortalidad (Figura 18).

Para el extracto crudo de diclorometano se observó también el mayor porcentaje de mortalidad (100%) a las mismas concentraciones que en el extracto anterior cuando se evaluó en el laboratorio, observándose también diferencias significativas con respecto a la concentración más baja (1%), al tratamiento imidacloprid y al tratamiento testigo (Figura 19).

En condiciones de invernadero, ambos extractos (metanólico y de diclorometano) presentaron entre ellos una tendencia similar, encontrándose que los tratamientos de mayor concentración (5.0 y 7.5%) no mostraron diferencias significativas con el tratamiento imidacloprid, y superaron significativamente al tratamiento de la concentración más baja (1.0%) y al testigo (0%). El porcentaje de mortalidad más elevado correspondió al tratamiento imidacloprid, siendo de 55.43% (Figura 18 y 19).

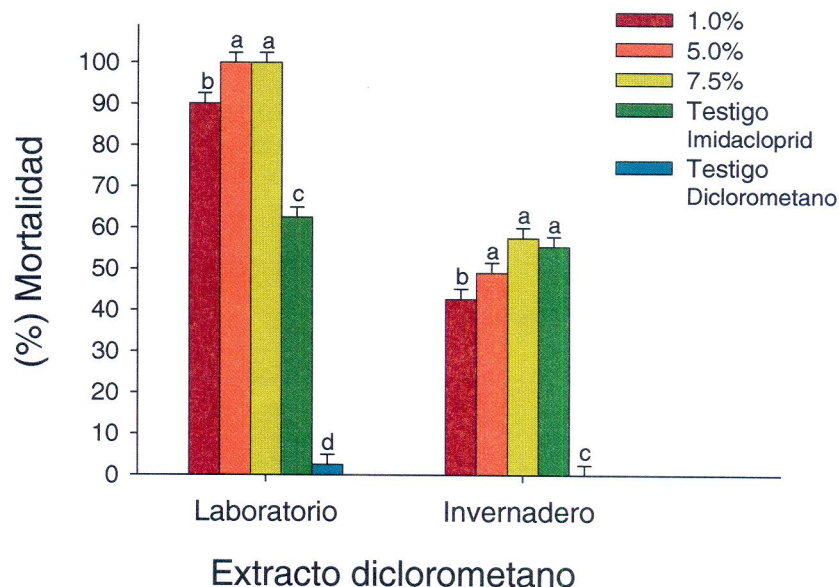


Figura 19. Mortalidad en adultos de *T. vaporariorum* por efecto del extracto diclorometano de *P. alliacea* en laboratorio e invernadero. *Tratamientos con la misma letra producen efectos estadísticamente similares, es decir, no se diferencian significativamente ($p \leq 0.05$).

Al comparar el comportamiento de los extractos metanólico y de diclorometano en ambos experimentos, se presentó la misma tendencia que en el extracto acuoso, observándose nuevamente el elevado porcentaje de mortalidad de *T. vaporariorum* en el laboratorio (alrededor del 40% más que en invernadero), en comparación al observado en invernadero (Figuras 18 y 19).

Algunos autores señalan que los extractos vegetales son mas susceptibles de sufrir una pronta degradación ambiental, lo cual podría justificar la diferencia de resultados obtenidos en ambos experimentos, dado que para el experimento en invernadero la radiación solar, el viento y otros factores ambientales pudieron

actuar como degradantes de los extracto vegetales aplicados (Yee y Toscano, 1998; Ortega, 1997).

Son pocos los estudios que evalúan previamente la toxicidad de un extracto vegetal en condiciones de laboratorio, para posteriormente ser evaluado en campo o invernadero, aunque en el primero existe un control de las condiciones del bioensayo. Lewis y van Endmen (1986), señalan que los ensayos realizados con insectos en campo pueden confirmar los resultados obtenidos en el laboratorio, aunque estos últimos no pueden ser extrapolados a los realizados en campo o invernadero, debido a la alteración de las sustancias por factores ambientales, adaptación del insecto y al uso de sustratos artificiales en el laboratorio.

Al comparar los tres extractos evaluados en el laboratorio el comportamiento fue similar (ver Anexo 1), ya que el extracto crudo de diclorometano mostró el mismo porcentaje de mortalidad que los dos restantes, sin embargo se observó que éste en las primeras horas alcanzó la mortalidad total de *T. vaporariorum* para los tratamientos 5.0 y 7.5% de concentración, dato no observado en los otros extractos. El extracto crudo metanólico presentó mayor mortalidad al observado en el extracto acuoso, aunque no existieron diferencias significativas entre ellos (Figura 20).

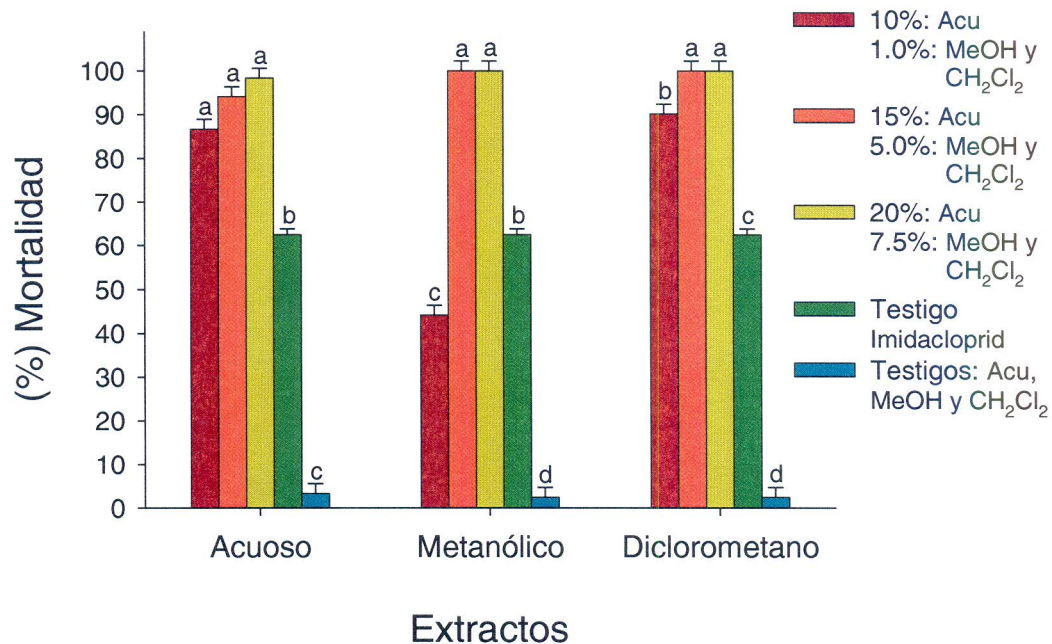


Figura 20. Mortalidad en adultos de *T. vaporariorum* por efecto de los extractos acuoso, metanólico y diclorometano de *P. alliacea* en laboratorio a las 24 h. *Tratamientos con la misma letra producen efectos estadísticamente similares, es decir, no se diferencian significativamente ($p \leq 0.05$).

La Figura 21 muestra, que en condiciones de invernadero no existen diferencias significativas del descenso poblacional de *T. vaporariorum* entre los tres extractos vegetales en las concentraciones mas altas y el insecticida imidacloprid (ver Anexo 1).

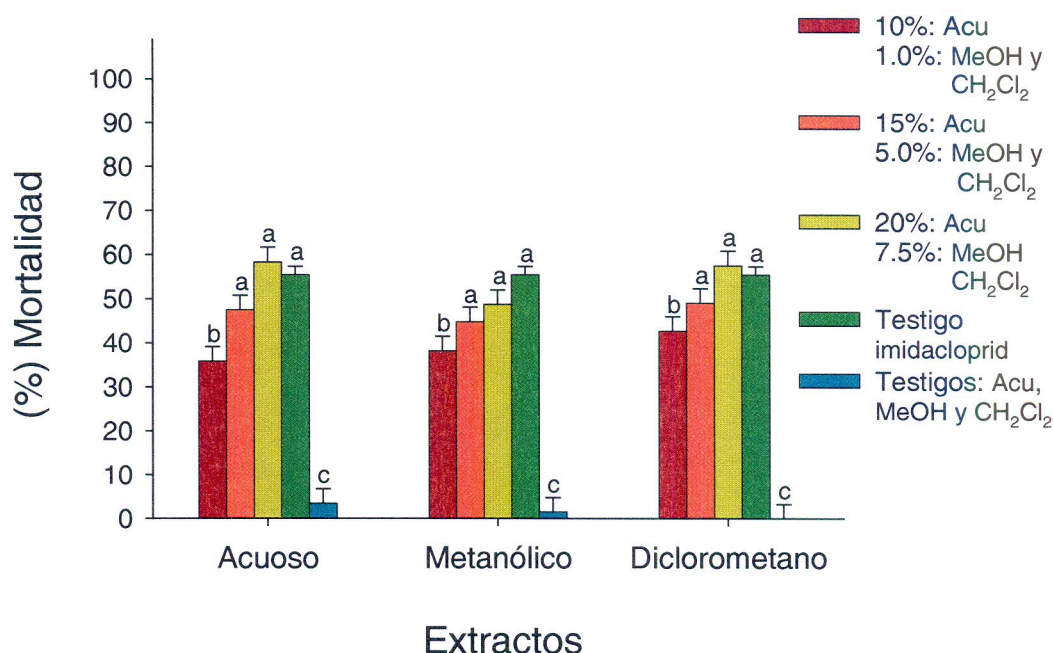


Figura 21. Mortalidad en adultos de *T. vaporariorum* por efecto de los extractos acuoso, metanólico y diclorometano de *P. alliacea* en invernadero a las 24 h. *Tratamientos con la misma letra producen efectos estadísticamente similares, es decir, no se diferencian significativamente ($p \leq 0.05$).

En esta investigación se obtuvo un porcentaje de mortalidad en *T. vaporariorum* (55.43%) menor al reportado por Bernal (2003) para imidacloprid (90-96%), debido probablemente a que los sitios de muestreo de las poblaciones de mosca blanca empleadas en el desarrollo de los experimentos han adquirido resistencia por el uso constante de dicho insecticida (Georghiou y Taylor, 1986), lo cual justifica los resultados. Al respecto, la mortalidad de imidacloprid fue semejante tanto en condiciones de laboratorio (62.5%), como en invernadero (55.43%), esto por su efectividad rápida y residualidad ambiental (Bernal, 2003).

4.3. Concentración Letal Media (CL₅₀)

La CL₅₀ proporciona la concentración a la que los extractos de *P. alliacea* pueden matar el 50% de la población de *T. vaporariorum*, por lo que en la Figura 22 es posible observar las CL₅₀ para cada extracto utilizado (acuoso, metanólico y de diclorometano), tanto en condiciones de laboratorio como en invernadero.

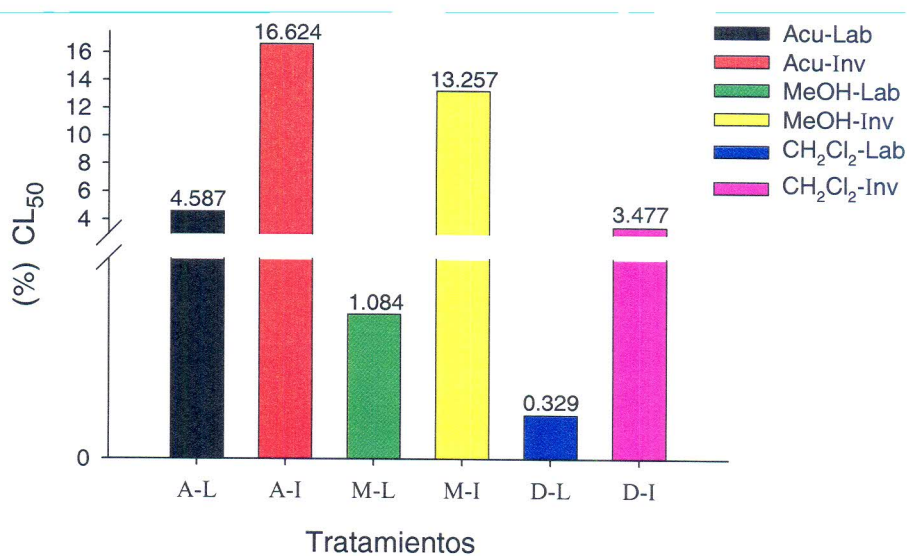


Figura 22. Concentración Letal Media (CL₅₀) de los extractos acuoso, metanólico y diclorometano de *P. alliacea* para el control de *T. vaporariorum*.

Es preciso señalar, que los valores de las concentraciones requeridas para matar a la mitad de la población tratada fueron mucho más bajas en condiciones de laboratorio (4.6%, 1.1% y 0.3%), que en invernadero (16.6%, 13.3% y 3.5%), debido a que los extractos vegetales son mas susceptibles de

sufrir una pronta degradación ambiental (Ortega, 1997), y en condiciones de invernadero la radiación solar, la temperatura y el viento, y otros factores ambientales pudieron actuar como degradantes (Yee y Toscano, 1998; Prabhaker *et al*, 1999). Estos resultados contrastan con el mayor porcentaje de mortalidad de la población de mosquita blanca observado en los bioensayos realizados en laboratorio en comparación a los de invernadero.

Adicionalmente, para las condiciones en invernadero se detectaron las mismas tendencias de toxicidad que en laboratorio, en donde el extracto de diclorometano mostró la menor CL_{50} (3.477), resultado que confirmó su toxicidad mayor en comparación con los otros dos extractos: acuoso y metanólico (CL_{50} = 16.624 y 13.257, respectivamente).

Es importante mencionar que la efectividad de un insecticida obedece a su mecanismo de acción, y por ende dependerá de su penetración en el cuerpo a través del tegumento o por vía respiratoria, lo cual perturbará el desarrollo de sus procesos vitales (Hassall , 1990; Wilkinson, 1976).

Se encuentra descrito en la literatura que la naturaleza lipofílica de algunos insecticidas es una propiedad importante para atravesar la capa cerosa del tegumento, y por vía respiratoria pueden penetrar al organismo sustancias más volátiles como los aceites esenciales (Hassall , 1990; Wilkinson, 1976). Al respecto, el aumento de la actividad de los extractos metanólico y de diclorometano, puede deberse a la lipofilidad, facilitando su absorción y

translocación en el insecto y también su movimiento a través de las membranas hacia el sitio de acción (Ujváry *et al.* 1992; Brooks, 1990). Estos resultados permiten inferir que en el extracto de diclorometano, de naturaleza menos polar que el metanólico, se pueden encontrar sustancias de naturaleza lipofílica, como son los reportados por Kubec *et al.* (2002a) en *P. alliacea*.

Kubec *et al.* (2003; 2002a; 2000b; Chiam *et al.*, 1999), reportan la identificación de compuestos sulfurados como algunos tiosulfatos (aliicina), mono, di y trisulfuros, derivados de sulfóxidos de cisteína (aliina), algunos químicamente no polares, estos últimos quizás sean los responsables de la actividad tóxica observada en el presente estudio. Los autores también señalan que estos compuestos se transforman en sustancias responsables del olor (alildisulfuros) y efecto lacrimógeno (S-óxido del tiobenzaldehído) característico de *P. alliacea* y responsable del olor a ajo o a zorrillo.

Lyndon *et al.* (1997) asocian la actividad insecticida y acaricida reportada en esta especie por la presencia de polisulfuros. En la literatura no se ha encontrado descrita la actividad insecticida de *P. alliacea*, ni la toxicidad de compuestos sulfurados sobre *T. vaporariorum* en condiciones de invernadero o de campo, así mismo, existen muy pocos estudios de la evaluación de la toxicidad de extractos vegetales en el insecto en dichas condiciones.

Aunque la volatilidad de algunos de estos compuestos, parte de ellos presentes en ajo, puede ser otra de las causas que expliquen la toxicidad de los extractos

metanolico y de diclorometano. Won-IL *et al.* (2003) demostraron que muchos de los aceites esenciales derivados del ajo, son efectivos al contacto directo en el combate de *T. vaporariorum*, porque penetran en gran medida por su volatilidad, pues de esa manera pueden penetrar directamente al sistema respiratorio. Chiam *et al.* (1999) señalan que los compuestos alildisulfuros son los productos de mayor reacción y olor, por lo que se les atribuye cierta responsabilidad contra los insectos.

Por lo tanto la actividad tóxica observada en *P. alliacea* puede deberse no solo a la lipofilicidad de los metabolitos presentes, sino también a la volatilidad de los compuestos sulfurados que contiene, como se ha reportado en las especies de *Allium* sp.

4.4. Rendimiento de tomate

La aplicación de los extractos vegetales se realizó en la etapa de fructificación del cultivo de tomate cuando los frutos habían alcanzado la madurez, por lo que se evaluó el rendimiento expresado en: peso (g) y diámetro (cm) por fruto, y peso total de fruto por planta (g), con la finalidad de evaluar el posible daño de los extractos y su influencia en el rendimiento (ver Anexo 2).

Los datos del Cuadro 7 muestran que no existen diferencias estadísticas significativas en las variables que expresan el rendimiento, con respecto a los

tratamientos, por lo que se infiere que los extractos no influyeron en el rendimiento del cultivo.

Cuadro 7. Rendimiento promedio del cultivo de tomate por tratamiento

Tratamiento	Peso por fruto (g)	Diámetro por fruto (cm)	Peso de fruto por planta (g)
Acuoso			
Testigo (T _A)	165.25 a	22.13 a	1253.03 a
10% (T ₁)	126.20 a	20.33 a	1092.93 a
15% (T ₂)	197.03 a	23.45 a	1480.93 a
20% (T ₃)	136.58 a	21.25 a	1045.53 a
Metanólico			
Testigo (T _M)	157.30 a	21.63 a	1824.88 a
1% (T ₄)	145.33 a	21.40 a	1383.05 a
5% (T ₅)	133.30 a	20.53 a	1242.03 a
7.50% (T ₆)	117.83 a	19.48 a	906.48 a
Diclorometano			
Testigo (T _D)	143.90 a	21.43 a	1117.08 a
1% (T ₇)	146.00 a	20.98 a	1234.05 a
5% (T ₈)	139.95 a	20.70 a	1239.40 a
7.50% (T ₉)	167.45 a	22.13 a	1508.25 a
Insecticida			
Imidacloprid (T _C)	143.75 a	20.90 a	1232.58 a

Testigos = 0% de concentración y 1% de Tween-20®.

Imidacloprid (Confidor 350 SC) = 0.08% de ingrediente activo.

*Valores con letras iguales no se diferencia significativamente ($p \leq 0.05$).

V. CONCLUSIONES

1. En laboratorio los porcentajes de mortalidad en mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) no mostraron la misma tendencia, siendo los mejores extractos el metanólico (5.0 y 7.5% de concentración) y el de diclorometano (5.0 y 7.5% de concentración), dado que alcanzaron el 100% de mortalidad.
2. En condiciones de invernadero los tres extractos utilizados (acuoso, metanólico y de diclorometano) mostraron la misma tendencia de mortalidad de *T. vaporariorum*, por lo que cualquiera de ellos es viable de utilizarse.
3. En el experimento en laboratorio los tratamientos de los extractos acuoso, metanólico y de diclorometano, no aumentaron significativamente la mortalidad de *T. vaporariorum* conforme aumentó su concentración, dado que no existieron diferencias significativas entre ellos.
4. En el experimento en invernadero no existieron diferencias significativas del porcentaje de mortalidad de *T. vaporariorum* entre los tratamientos acuoso (20% de concentración), metanólico (7.5%), diclorometano (7.5%), y el testigo imidacloprid, obteniéndose los siguientes valores: 58.33%, 48.75%, 57.55% y 55.43%, respectivamente; los cuales superaron significativamente a los tratamientos: extracto acuoso (10% de concentración) y los extractos

metanólico y diclorometano (1.0%), con 35.85%, 38.20% y 42.68% de mortalidad, respectivamente.

5. Las Concentraciones Letales Medias (CL_{50}) entre los experimentos de laboratorio e invernadero fueron marcadamente diferentes, obteniéndose valores menores en el experimento de laboratorio: 4.6% para el extracto acuoso, 1.1% para el metanólico y 0.3% para el de diclorometano; en comparación con las obtenidas en el invernadero: 16.6%, 13.3% y 3.5%, respectivamente, para los mismos extractos.
6. El rendimiento de tomate en condiciones de invernadero no presentó diferencias significativas entre tratamientos, por lo que se infiere que los tratamientos no influyeron sobre este.

VI. LIRERATURA CITADA

1. Agoitia G., J. 2003. Jitomate: tendencias y perspectivas de exportación. EIANCOMEX. Distrito Federal. México. pp 1-9.
2. Aguila A., M., O. Pino, B. Díaz y M. Ramos. 1996. Optimización del método de obtención en un extracto acuoso de maíz con propiedades acaricidas. Rev. Protección Veg. 11(3): 137-140.
3. Arnal, E. y F. Ramos. 2000. Incorporación de registros de interés a la lista de moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) de Venezuela. Bol. Entomol. Venez. 15(1): 97-107.
4. Anónimo. 2002. Estadísticas agrícolas mundiales: superficie, rendimiento y producción de cultivo. Food and Agriculture Organization (FAO). Roma, Italia. 458 p.
5. Anónimo. 2001a. Concepto, historia y evolución de la hidroponia. Productora Agropecuaria San Miguel. Jalisco, Guadalajara. pp 6-8.
6. Anónimo. 2001b. Diccionario de la lengua española. Real Academia Española. 22ª edición. ESPASA. Barcelona, España. 6:785-950.
7. Anónimo. 2001c. La Biblioteca de la Agricultura. Servicios de Comercialización. Barcelona, España. Tomo 1: 70-75.
8. Anónimo. 2000. Perspectivas del medio ambiente mundial 2000. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 334-340.
9. Anónimo. 1999. Los mercados de las hortalizas como base para elegir las especies a producir en el Estado de Morelos. Campo experimental Zacatepec. Instituto Nacional de Investigaciones forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR). Zacatepec, Morelos. México. Núm. 16. 83 p.
10. Anónimo. 1998. El jitomate, la hortaliza de excelencia en importación. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA). Claridades Agropecuarias 62: 3-29.
11. Anónimo. 1996. El jitomate mexicano: complemento del mercado Estadounidense. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA). Claridades Agropecuarias 48:3-40.

12. Anónimo. 1995. Diccionario enciclopédico. Océano uno color. OCÉANO. Barcelona, España. 1784 p.
13. Anónimo, 1992. Programa Nacional de manejo de mosquita blanca. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Dirección General de Sanidad Vegetal. Distrito Federal, México. 44 p.
14. Anónimo. 1989. Municipios del Estado de Veracruz. Enciclopedia de los Municipios de México. Secretaría de gobernación. Distrito Federal, México. 28: 245-246.
15. Anónimo. 1981. El cultivo de jitomate en Morelos. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Dirección General de Sanidad Vegetal. Distrito Federal, México. 40 p.
16. Bernal V., J. 2003. Efecto de algunos insecticidas de origen natural y sintéticos sobre *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) del tomate en Panamá. Rev. Protección Veg. 18(1): 32-37.
17. Brooks G., T. 1990. Penetration and Distribution of insecticides. *In*: The biochemistry and Uses of Pesticides. Universidad de Mississippi. Mississippi, U.S.A. pp 3-57.
18. Byrne D., N. y T. Bellows, Jr. 1991. Whitefly biology. Annu. Rev. Entomol. 36:431-457.
19. Cáceres A., B. 1999. Plantas de uso medicinal en Guatemala. Editorial Universitaria. Guatemala. 402 p.
20. Carrillo C., M., E. Chinchilla, L. González, R. Toledo, y H. Zambrana G. Prevención del colera aviar, con extractos acuosos de plantas, en pollos de engorde. Agronom. Mesoamericana 8(2): 152-158.
21. Coelho B., P., M. Young, A. Giesbrecht, N. Roque, y V. Bolzani S. 2001. Antifungal polysulphides from *Petiveria alliacea* L. Phytochemistry 57(5): 743-747.
22. Chiam W., Y., Y. Huang, S. Chen, y S. Ho H. 1999. Toxic and antifeedant effects of allyl disulfide on *Tribolium castaneum* (Coleoptera: tenebrionidae) and *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Stored-Product and Quarantine Entomology 92(1): 239-245.
23. Chu Ch., T. Freeman, J. Buckner, T. Henneberry, D. Nelson, G. Walker, y E. Natwick T. 2000. *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) colonization on upland cottons and relationships to leaf morphology and leaf age. Ann. Entomol. Soc. Am. 93(4): 912-919.

24. Cuevas S., J. 2001. Fotosíntesis. Publicaciones del Programa Nacional de Etnobotánica. Número 8. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp1-6.
25. Da-Ponte J., J., A. Franco, y J. Silveira F. 1996. Preliminary investigation on the nematocidal potential of Guine's plants (*Petiveria alliacea*). Fitopatol. Venez. 9(1):14-15.
26. Delle M., F. y L. Cuca S. 1992. 6-C-formyl and 6-C-hydroxymethyl flavones from *Petiveria alliacea*. Phytochemistry 31(7): 2481-2482.
27. De-Sousa J., R., A. Demuner, J. Pinheiro, E. Breitmaneir, y B. Cassels K. 1990. Dibenzyl trisulphide and trans-N-metil-4methoxyproline from *Petiveria alliacea*. Phytochemistry 29(11): 3653-3655.
28. Echeverría, A. y D. Torres I. 2001. Efecto de un extracto de *Petiveria alliacea* Lin. sobre el crecimiento de *Giardia lamblia in vitro*. Rev. Cubana Med. Milit. 30(3): 161-165.
29. Estrella, E. 1994. Plantas medicinales amazónicas: realidad y perspectivas. Tratado de Cooperación Amazónica. Secretaría Pro Tempore. Lima, Perú. pp. 35-45.
30. Finney, D. J. 1971. Probit Analysis. 3rd. ed. Cambridge University Press. London. 333 p.
31. García A., C. 1998. El ajo: cultivo y aprovechamiento. Mundi-prensa. Barcelona, España. pp. 41-43.
32. Georgiou G., P. y Ch. Taylor E. 1986. Factors influencing the evolution of resistance. In: Pesticide resistance. Strategies and tactics from management. National Academy Press Washington, D. C. pp. 157-169.
33. Harborne J., B. 1989. Recent advances in chemical ecology. Nat. Prod. Reports 6(1): 85-109.
34. Hassall K., A. 1990. The biochemistry and uses of pesticides. Second Edition. VCH. New York, U.S.A. pp. 50-79.
35. Hemphill, D. 2002. Guía del Tomate. University of Oregon. Oregon, U.S.A. 65 p.
36. Hoy, C., G. Head, y F. Hall R. 1998. Spatial heterogeneity and insect adaptation to toxins. Annu. Rev. Entomol. 43:571-594.

37. Hoyos L., S., W. Au, M. Heo, D. Morris, y M. Legator S. 1992. Evaluation of the genotoxic effects of a folk medicine, *Petiveria alliacea* (Anamu). *Mutat. Res.* 280(1): 29-34.
38. Huggins, Ch. 2002. Herbal remedy may be effective against cancer. *Reuters Health* 11: 45-49.
39. Jauset A., M., M. Sarasúa, J. Avilla, y R. Albajes. 1998. The impact of fertilization of tomato on feeding site selection and oviposition by *Trialeurodes vaporariorum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 86: 175-182.
40. Jensen M., H y P. Rorabaraugh. 2000. Growing hydroponic tomatoes. University of Arizona. Texas, U.S.A. 32 p.
41. Jensen M., H. 1991. New developments in hydroponic systems: descriptions, operating, characteristics, evaluations. University of Arizona. Texas, U.S.A. 25 p.
42. Jiang Y., X., C. de Blas, L. Barrios, y A. Fereres. 2000. Correlation between whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) feeding behavior, and transmission of tomato yellow leaf curl virus. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93(3): 573-579.
43. Jin-Jun, W., H. James, D. Wei, Z. Zhi-Mo, y L. Lung S. 2001. Toxic effects of six plant oils alone and in combination with controlled atmosphere on *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera: Liposcelididae). *Stored-Product and Quarantine Entomology* 94(5): 1296-1301.
44. Jones J., B. 1999. Tomato plant culture. CRC Press. New York, U.S.A. 150 p.
45. Kenneth, H y R. Snyder. 2001. Budget for Greenhouse Tomatoes. Universidad de Mississippi. Mississippi, U.S.A. pp 1-6.
46. Klein G., E., B. Jansen, y A. Groot. 2002. Insect antifeedant activity of clerodane diterpenes and related model compounds. *Phytochemistry* 61: 737-770.
47. Kubec, R., S. Kim, y R. Musah A. 2003. The lachrymatory principle of *Petiveria alliacea*. *Phytochemistry* 63(1): 37-40.
48. Kubec, R., S. Kim, y R. Musah A. 2002a. S-Substituted cysteine derivatives and thiosulfinate formation in *Petiveria alliacea*- part II. *Phytochemistry* 61(6): 675-680.

49. Kubec R., y R. Musah. 2000b. Cysteine sulfoxide derivatives in *Petiveria alliacea*. *Phytochemistry* 58(6): 981-985.
50. Lagunes T., A. y C. Rodríguez H. 1992. Los extractos acuosos vegetales con actividad insecticida: el combate de la conchuela del frijol. En: Temas selectos de manejo de insecticidas agrícolas. USAID. CONACYT. Sociedad Mexicana de Entomología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp. 3-53.
51. Lagunes T., A. y J. Rodríguez M. 1989. Los mecanismos de resistencia como base para el manejo de insecticidas y acaricidas agrícolas. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 228 p.
52. Lawrence A., D., T. The, M. Gardner, C. Fletcher, A. Naravane, N. Gibbs, y R. Fleishhacker. 1997. Immunomodulatory activities of *Petiveria alliacea*. *Phytotherapy Research* 11(3): 251-253.
53. León, J. y L. Poveda. 2000. nombres comunes de las plantas en Costa Rica. Guayacán. San José, Costa Rica. 13 p.
54. Lewis A., C. y H. van Emden F. 1986. Assays for insect feeding. In: Insect-Plant Interacciones. Miller, J. R. y Miller, T. A. (eds). Springer-Verlag. New York. pp. 95-19.
55. Li S., Y., A. Skinner, T. Rideout, D. Stone, H. Crummey y G. Holloway. 2003. Lethal and sublethal effects of a neem-based insecticide on balsam fir sawfly (Hymenoptera: Diprionidae). *Forest Entomology* 96(1): 35-42.
56. Liu, T. y P. Stansly. 2000. Response of *Trialeurodes abutiloneus* (Homoptera: Aleyrodidae) to sweet potato and two species of *Hibiscus*. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93(4): 850-855.
57. Lyndon, J., W. Lawrence y R. Earle V. 1997. An insecticidal an acaricidal polysulfide metabolite from the roots of *Petiveria alliacea*. *Pesticide Science* 50(3): 228-232.
58. Malpezzi A., E., S. Davino, L. Costa, J. Freitas, A. Giesbrecht y N. Roque F. 1994. Antimitotic actino of extracts of *Petiveria alliacea* on sea urchin egg development. *Brazilian J. Med. Biol. Res.* 27(3): 749-754.
59. Martínez G., M. 2002. Producción de jitomate con ferti-irrigación en la zona media de San Luis Potosí. Campo Experimental Palma de la Cruz. Matehuala, San Luis Potosí. Folleto núm. 34. pp 5-7.

60. Montealegre L., A. 1996. Situación actual de la mosca blanca en México. XIX Congreso Nacional de Control Biológico y *Simposium* de Control Biológico de Mosca Blanca. Culiacán, Sinaloa. México. pp 1-3.
61. Moreno V., G. 1997. Determinación de la especie de mosquita blanca (Homoptera: Aleyrodidae) del guayabo (*Psidium guajava*) y patogenicidad de un producto a base del hongo *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 20 p.
62. Musabyimana, T., R. Saxena, E. Kairu, C. Ogol y Z. Khan R. 2001. Effects of neem seed derivatives on behavioral and physiological responses of the *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae). Horticultural Entomology 94(2): 449-454.
63. Neal J., W. Jr, B. Leonhardt, J. Brown, J. Bentz, y E. Devilbiss D. 1994. Cuticular lipids of greenhouse whitefly and sweetpotato whitefly type A and B (Homoptera: Aleyrodidae) pupal exuviae on the same hosts. Ann. Entomol. Soc. Am. 87(5) :609-618.
64. Ocampo A., E. 2003. Actividad repelente y tóxica de tres extractos de *P. allieacea* L. en mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum* (West.). Tesis profesional para obtener el título de Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 56 pp.
65. Ochoa M., J. 1985. Catálogo de semillas de tomates autóctonos. Banco de Germoplasma de Plantas Hortícolas de Zaragoza. Servicio de Investigación Agroalimentaria. pp 13-17.
66. Orozco M., A. 1998. El jitomate y la biotecnología. Abriendo surcos. Jalisco, Guadalajara. pp 1-2.
67. Ortega A., L. 2001. Control alternativo de mosca blanca. Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad. Montecillo, Edo. de México. 16p.
68. Ortega A., L., F. García y C. Rodríguez H. 1999. efecto del endosulfán sobre la abundancia de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (West.) y sus parasitoides en Morelos, México. Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad. Montecillo, México. pp 1-9.
69. Ortega A., L. 1997. Opciones para el manejo de la mosquita blanca. Boletín de la red de acción sobre plaguicidas y alternativas en México. Distrito Federal, México. Boletín 18: 10-13.

70. Ortega A., L. 1996. Resistencia a insecticidas en adultos de mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum* West. (Homoptera: Aleyrodidae) procedentes de Tepoztlan, Morelos. Tesis de Doctorado en Ciencias. Programa de Entomología y acarología. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. México. 79 p.
71. Ortega A., L. y J. Rodríguez M. 1995. Detección y manejo de la resistencia a insecticidas. Una estrategia para el control de la mosquita blanca en hortalizas. *Fitofilo* XLVIII(88): 113-125.
72. Phillipson, D. J. 2001. Phytochemistry and medicinal plants. *Phytochemistry* 56(3): 237-243.
73. Prabhaker, N., N. Toscano y T. Henneberry J. 1999. Comparison of neem, urea, and amitraz as oviposition suppressan and larvicides against *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Insecticide Resistance and Resistance Management* 92(1): 40-46.
74. Raguraman, S. y R. Sing. 1999. Biological effects of neem (*Azadirachta indica*) seed oil on an egg parasitoid, *Trichogramma chilonis*. *Ecotoxicology* 92(6): 1274-1280.
75. Ramawat K., G. 1999. Secondary plant products in nature. Series Publishes, Inc. USA. pp. 11-37.
76. Rausher M., D. 2001. Co-evolution and plant resistance to natural enemies. *NATURE* 411(14): 857-864.
77. Raymond, D. 1985. Horticultura Práctica 2. Blume. Barcelona, España. 198p.
78. Raymond P., P. 1980. Horticulture: principles and practical applications. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs. New Jersey, U.S.A. 652 p.
79. Resh H., M. 2000. Oportunidades de la hidroponia en América Latina. Watercress Inc. California, U.S.A. 8 p.
80. Resh H., M. 1992. Cultivos hidropónicos: nuevas técnicas de producción. 3ª. edición. Mundi-Prensa. Madrid, España. 369 p.
81. Rodríguez G., E. 1989. Cultivos Hidropónicos. ICA-Infoma. Bogotá, Colombia. 14 p.
82. Rodríguez H., C. 1998. Recetas de plantas contra mosca blanca. Memorias del I *Simposium* internacional y IV Nacional sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas. Acapulco, Guerrero. pp. 49-67.

83. Rodríguez H., C. 1995. ¿Habrá una planta insecticida mejor que el nim?. Boletín de la red de acción sobre plaguicidas y alternativas en México. Distrito Federal, México. Boletín 10: 3-5.
84. Romero R., F. y C. Villanueva V. 2000. Resistencia vegetal a insectos y ácaros: los conceptos y las bases. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 318 p.
85. Schuster J., D. 1997. Diseases and damage caused by arthropods. En: compendium of tomato diseases. Minesota, USA. 73 p.
86. Seymour, J. 1980. Guía práctica ilustrada para la vida en el campo 2: el horticultor autosuficiente. Blume. Barcelona, España. 256 p.
87. Simmons A., M., G. McCutcheon, R. Dufault, R. Hassell, y J. Rushing W. 2000. *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) attacking species of medicinal herbal plants. Ann. Entomol. Soc. Am. 93(4) : 856-861.
88. Snyder, R. 2001. Greenhouse, importance of the industry. Coordinated Acces to the Research and Extension System. University of Mississippi. Mississippi, U.S.A. pp 21-35.
89. Souza B., A. y A. Souza B. 1993. Forty years of brasilian medicinal plant research. Journal of Ethnopharmacology 39:53-67.
90. Taylor, L. 2002. Herbal secrets of the rainforest. 2nd edition. Sage Press, Inc. Austin, Texas. pp 1-7.
91. Thompson W., M. 2002. Comparison of *Bemisia tabaci* (Homoptera : Aleyrodidae) development on uninfected cassava plants and cassava plants infected with East African Cassava mosaic virus. Ann. Entomol. Soc. Am. 95(3): 387-394.
92. Tiscornia J., R. 1979. Hortalizas de Fruto: Tomate, Pimiento, Pepino y Otras. Albatros. Buenos Aires, Argentina. 148 p.
93. Tripathi A., K., V. Prajapati, N. Verma, J. Bahl, R. Bansal, S. Khanuja, y S. Kumar. 2002. Bioactivities of the leaf essential oil of *Curcuma longa* (Var.Ch-66) on three species of stored-product beetles (Coleoptera). Stored-Product and Quarantine Entomology 95(1): 183-189.
94. Tripathi A., K., V. Prajapati, K. Aggarwal, y S. Kumar. 2001. Toxicity, feeding deterrence, and effect of activity of 1,8-cineole from *Artemisia annua* on progeny production of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Stored-Product and Quarantine Entomology 94(4): 979-983.

95. Tripathi A., K., V. Prajapati, K. Aggarwal, S. Khanuja y S. Kumar. 2000. Repellency and toxicity of oil from *Artemisia annua* to certain stored-product beetles. *Ecotoxicology* 93(1): 43-47.
96. Turchi, A. 1987. Guía Práctica de Hortalizas. CECSA. Barcelona, España. 236 p.
97. Ujváry, I., G. Matolscy y L. Varjas. 1992. Novel sulphur-containing compounds with juvenile hormone activity. *In: Inseticides: Mechanism of Action and Resistance*, Otto, D. y Weber. B. (eds). Intercept, Ltd. U.K. pp. 147-154.
98. Uribe J., S. 1994. Guía para cultivar jitomate en invernadero. ICAMEX. Desplegado No. 3. Distrito Federal, México. pp. 1-13.
99. Valadéz L., A. 1989. Producción de Hortalizas. LIMUSA. Distrito Federal, México. 298 p.
100. Valencia-Luna, L., L. Ortega-Arenas y C. Rodríguez-Hernández. 2001. Influencia de las aplicaciones de Deltrametina y nim sobre depredadores asociados a la mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) en Tlayacapan, Morelos, México. Memorias del II Simposio Internacional y VII Nacional, sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas. Qro., Querétaro. México. pp 15-33.
101. Van-Glessen, W. y J. Peterson. 1992. Electroantenogram responses of aphids to plant volatiles and alarm pheromone. *Proceedings of the 8th International Symposium on Insect-Plant Relations*. Kluwer Academic Publiscion. Holanda. pp 167-168.
102. Villar, R., J. Calleja, C. Morales, y A. Cáceres. 1997. Screening of 17 guatemalan medicinal plants for platelet antiaggregant activity. *Phytotherapy Research* 11(6): 441-445.
103. Weber, B., D. Martin y D. Otto. 1992. Novel insecticidal effects of isothiocyanate compounds. *In: Inseticides: Mechanism of Action and Resistance*, Otto, D. y Weber. B. (eds). Intercept, Ltd. U.K. pp. 63-73.
104. Wilkinson Ch., F. 1976. *Insecticide biochemistry and physiology*. Plenum Press. New York, U.S.A. 768 p.
105. Won-IL, Ch., L. Eun-Hee, Ch. Byeoung-Ryeol, P. Hyung-Man y A. Young-Joon. 2003. Toxicity of plant essential oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *Horticultural Entomology* 96(5): 1479-1484.

106. Yee W., L. y N. Toscano. 1998. Laboratory evaluations of synthetic and natural insecticides on beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) damage and survival on lettuce. *Ecotoxicology* 91(1): 56-63.
107. Zavaleta-Mejía, E., L. Villar, M. Rojas y E. García R. 1992. Efecto de la incorporación de residuos de Crucíferas (Brassicaceae) en fitopatógenos del suelo. IV Efecto de la incorporación de col y brócoli en la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum* Berk.) de la cebolla en campo. *Revista Mexicana de Fitopatología* 10: 179-185.

VII. ANEXOS

ANEXO 1

Cuadro 8. Mortalidad en *T. vaporariorum* por efecto de los extractos de *P. alliacea* en laboratorio e invernadero

Tratamiento	Extracto	Concentración (%)	Mortalidad en Laboratorio (%)	Mortalidad en Invernadero (%)
T ₁	Acuoso	10	86.68 a	35.85 b
T ₂	Acuoso	15	94.18 a	47.50 a
T ₃	Acuoso	20	98.35 a	58.33 a
T _C	Testigo	Imidacloprid	62.50 b	55.43 a
T _A	Testigo	Testigo	3.33 c	3.20 c
T ₄	Metanólico	1	44.15 c	38.20 b
T ₅	Metanólico	5	100.00 a	44.78 a
T ₆	Metanólico	7.5	100.00 a	48.75 a
T _C	Testigo	Imidacloprid	62.50 b	55.43 a
T _M	Testigo	Testigo	2.50 d	1.50 c
T ₇	Diclorometano	1	91.10 b	42.68 b
T ₈	Diclorometano	5	100.00 a	49.08 a
T ₉	Diclorometano	7.5	100.00 a	57.55 a
T _C	Testigo	Imidacloprid	62.50 c	55.43 a
T _D	Testigo	Testigo	2.50 d	0.00 c

Testigo = 0% de concentración y 1% de Tween-20^{MR}.
 Imidacloprid (Confidor 350 SC) = 0.08% de ingrediente activo.
 Valores con letras iguales no se diferencian significativamente ($p \leq 0.05$).

ANEXO 2

Influencia de los extractos de *P. alliacea* sobre el rendimiento de tomate en las plantas tratadas.

Los siguientes gráficos muestran que no existen diferencias significativas en las variables que expresan el rendimiento con respecto a los tratamientos, por lo que se infiere que los tratamientos no influyeron directa ni indirectamente en el rendimiento del cultivo.

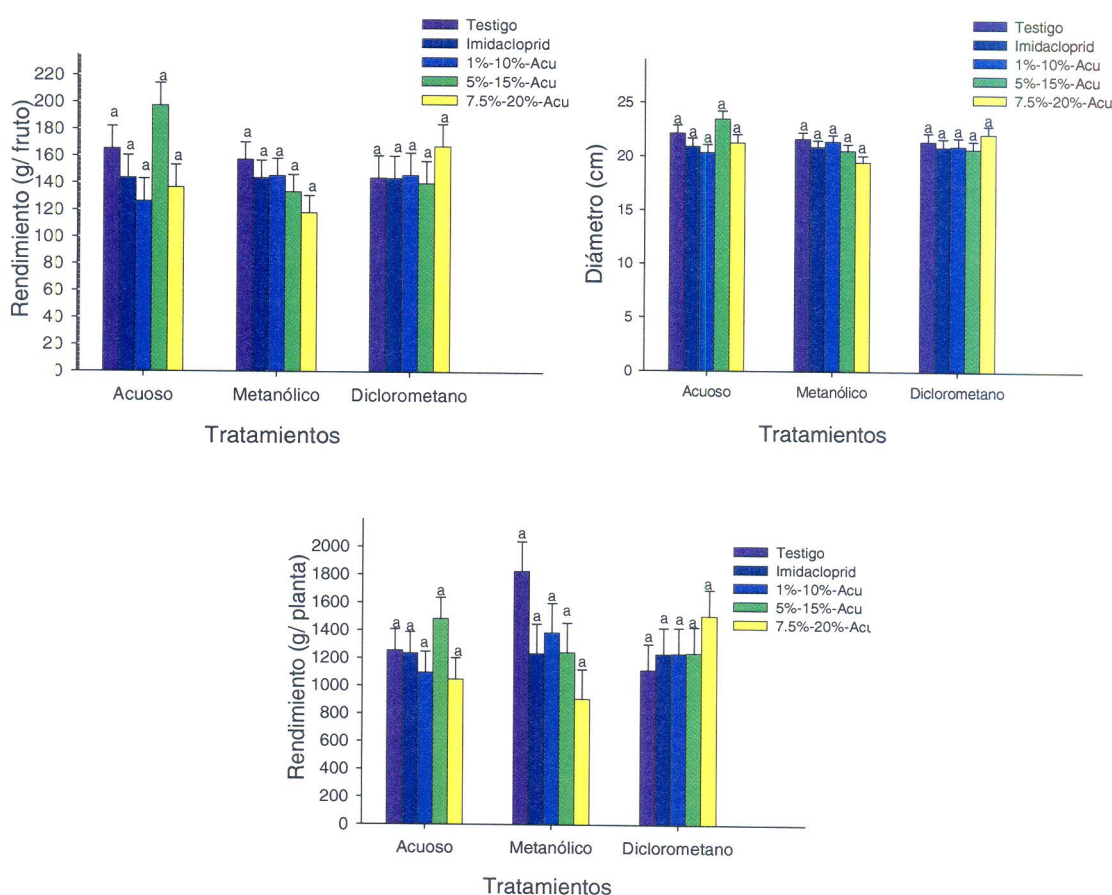


Figura 23. Prueba de comparación de medias entre tratamientos, en un cultivo de tomate en invernadero, con respecto al rendimiento expresado en: peso (g) y diámetro (cm) por fruto, y peso total de fruto por planta (g). *Tratamientos con la misma letra producen efectos estadísticamente similares, es decir, no se diferencian significativamente ($p \leq 0.05$).