

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS
POSGRADO INTERINSTITUCIONAL EN CIENCIAS
AGRICOLAS Y FORESTALES



EVALUACIÓN DE LA NARANJA (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) EN EL TROPICO SECO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:
GILBERTO ZAPIAIN ESPARZA

LAS AGUJAS MPIO. DE ZAPOPAN, JALISCO; FEBRERO DEL 2002



POSGRADO INTERINSTITUCIONAL
EN CIENCIAS AGRICOLAS Y
FORESTALES

PICAF

Esta tesis titulada "EVALUACIÓN DE LA NARANJA (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) EN EL TROPICO SECO" fue realizada bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:



UAA



UAAAN



UdeC



UdeG




UMSNH





UAN

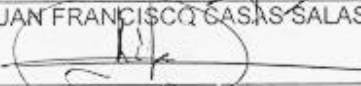
MAESTRIA
EN CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

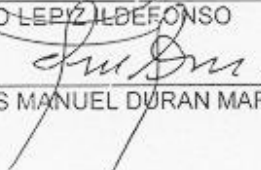
CONSEJO PARTICULAR

TUTOR:  _____
M.C. VICTOR MANUEL MEDINA URRUTIA

ASESOR:  _____
DR. JOSE ARIEL RUIZ CORFAL

ASESOR:  _____
DR. JUAN FRANCISCO CASAS SALAS

ASESOR:  _____
DR. ROGELIO LEPÍZ ILDEFONSO

ASESOR:  _____
M.C. CARLOS MANUEL DURAN MARTINEZ

Las Agujas Zapopan Jal., febrero del 2002

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por el don maravilloso de la existencia efímera, y la promesa de eternidad compartida con El cuando la muerte pise mi huerto.

Al Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica (COSNET), por el apoyo financiero otorgado para lograr mis estudios de Maestría.

A la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria, por haberme becado para la realización de mis estudios.

Al Centro de Bachillerato Tecnológico agropecuario 106 de Tequila, Jalisco, por haberme permitido alcanzar mi meta académica.

A la División de Agronomía del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, por la formación académica recibida.

Al Campo Agrícola Experimental Tecomán (CAETECO), por las facilidades y los apoyos brindados para la realización de éste trabajo.

Al M.C. Víctor Manuel Medina Urrutia, por la dirección de esta investigación y por las ideas y consejos aportados durante el desarrollo de éste estudio; y la revisión del documento.

Al Dr. José Ariel Ruiz Corral por la asesoría de éste trabajo y las ideas y consejos aportados durante el desarrollo de éste trabajo y la revisión del documento.

Al MC. Luis Antonio González Eguiarte, Jefe de Campo del Campo Agrícola Experimental Tecomán, por el apoyo brindado permanentemente.

Al Dr. Salvador Becerra Rodríguez; al M.C. José Guadalupe Garza López y al M.C. M.Manuel Robles González por sus comentarios y su constante apoyo.

Al Ing. Luis Ignacio Gutierrez Hernández, Coordinador del Enlace Operativo de la DGETA en el estado de Jalisco,

Al personal directivo, docente, administrativo y manual del Centro de Bachillerato Tecnológico agropecuario 106 por brindarme su amistad, su apoyo y por darme la oportunidad de realizar una etapa más de mi desarrollo profesional.

A los trabajadores de campo, del Campo Agrícola Experimental Tecomán: Armando “El charas”, Salvador, “El chino”, Lalo, Gerardo, Hugo, Navel y Pepe; por su apoyo durante los trabajos realizados en la investigación.

Al M.C Santiago Sánchez Preciado, Dr. Marcelino Vázquez García y Dr. Francisco Casas Salas; por su amistad y su apoyo constante.

A mi hija Maria de los Angeles Zapiain Arellano, por su valiosa colaboración y decidido apoyo en la redacción electrónica de este documento.

A Ana María y Esther, secretarias de la Coordinación del Posgrado del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, por su amistad y su ayuda.

DEDICATORIA

A mi padre:

Valente Zapiain Tovar (q.e.p.d.)

A mi madre:

Gabriela Esparza Flores (q.e.p.d.)

“ Lo que soy es por ellos, lo que no soy es por mi ”

A mi esposa:

Maria del Rosario Arellano Rafel

A mi hija:

Maria de los Angeles Zapiain Arellano

A mis hermanos:

David, Víctor Manuel, Martha Leticia, Maria del Carmen y Cecilio

A mis compañeros y amigos.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS	i
LISTA DE FIGURA	ii
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS EN EL APENDICE	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
III. HIPOTESIS	3
IV. REVISION DE LITERATURA	4
4.1 Descripción botánica del naranjo	4
4.2 Origen y distribución	4
4.3 Requerimientos agroclimáticos y edáficos	5
4.4 Fenología agrícola	7
4.4.1 Variables que controlan la fenología de cultivos	9
4.4.1.1 Fecha de siembra	9
4.4.1.2 Temperatura	10
4.4.1.3 Grados día de desarrollo	11
4.4.1.4 Fotoperíodo	12
4.4.1.5 Humedad del suelo	12
4.4.1.6 Disponibilidad de nutrimentos	13
4.4.1.7 Componente genético	13
4.5 Productividad de los cítricos	14
4.5.1 La temperatura y el agua en la brotación vegetativa y floral en los cítricos	14

4.5.2 Crecimiento del árbol	23
4.5.2.1 Dinámica del crecimiento del árbol	23
4.5.2.2 Estimulos ambientales que afectan el desarrollo de la planta	23
4.5.3 Rendimiento	25
4.5.3.1 Factores que determinan variación en el rendimiento	25
4.5.4 Epoca de cosecha	26
4.5.5 Hábito de producción	26
4.5.6 Crecimiento del fruto de naranja	26
4.5.7 Calidad de la fruta	28
4.5.7.1 Características externas	28
4.5.7.2 Composición interna	30
4.5.7.3 Normas de calidad de la fruta	31
4.5.7.4 Factores que afectan la calidad	33
V. MATERIALES Y METODOS	35
5.1 Area de estudio	35
5.2 Clima y suelo	35
5.3 Material vegetativo	36
5.4 Manejo de la huerta	37
5.5 Diseño experimental	37
5.6 Cálculo de unidades calor	38
5.7 Variables registradas	38
5.7.1 Fenología	38
5.7.1.1 Epocas de brotación vegetativa y floral	38
5.7.1.2 Fases fenológicas	39
5.7.2 Crecimiento del árbol	39
5.7.2.1 Altura total del árbol	39
5.7.2.2 Diámetro de la copa	39
5.7.2.3 Altura de la copa	40
5.7.2.4 Volumen de copa efectiva	40
5.7.3 Rendimiento	40

5.7.4 Epoca de cosecha	40
5.7.5 Hábito de producción	41
5.7.6 Crecimiento del fruto	41
5.7.7 Calidad de la fruta	41
5.7.7.1 Peso medio del fruto	42
5.7.7.2 Contenido de jugo	42
5.7.7.3 Sólidos solubles totales	42
5.7.7.4 Acidez total	43
5.7.7.5 Índice de madurez	43
5.8 Variables climatológicas	43
5.9 Análisis estadísticos	44
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
6.1 Fenología	45
6.1.1 Brotación vegetativa	45
6.1.1.1 Epocas de brotación vegetativa	45
6.1.1.2 Producción anual de brotes vegetativos	51
6.1.2 Brotación floral	52
6.1.2.1 Epocas de brotación floral	52
6.1.2.2 Producción anual de brotes florales	57
6.1.3 Fases fenológicas	61
6.2 Crecimiento del árbol	68
6.2.1 Altura total del árbol	68
6.2.2 Diámetro de copa	70
6.2.3 Altura de copa	72
6.2.4 Volumen de copa	73
6.2.5 Correlación crecimiento – producción	75
6.3 Rendimiento	77
6.3.1 Toneladas de fruta/ha ⁻¹	77
6.3.2 Eficiencia productiva	81
6.4 Epoca de cosecha	83
6.5 Hábito de producción	84
6.6 Crecimiento del fruto	85
6.7 Correlación crecimiento del fruto - unidades calor	86

6.8 Calidad de fruta	91
6.8.1 Calidad interna	91
6.8.1.1 Peso de fruto	91
6.8.1.2 Porcentaje de jugo	92
6.8.1.3 Sólidos solubles totales	92
6.8.1.4 Acidez	92
6.8.1.5 Índice de madurez	92
VII. CONCLUSIONES	94
VIII. BIBLIOGRAFIA	96
IX. APENDICE	105

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1 Producción anual de brotes vegetativos/m ² registrados de diez variedades de naranja establecidas en el trópico seco de Colima (1997 – 1999)	51
Cuadro 2 Producción anual de brotes florales/m ² registrados en diez variedades de naranja establecidos en el trópico seco de Colima (1997 – 1999)....	57
Cuadro 3 Secuencia de las fenofases brotación vegetativa, floración, amarre de fruto y fructificación de diez variedades de naranja en Colima (1997 – 1998).....	62
Cuadro 4 Fechas y duración de las fenofases de la naranja en Colima (1997 – 1998).....	65
Cuadro 5 Altura de árbol (m) de diez variedades de naranja en Colima	70
Cuadro 6 Diámetro de copa (m) oriente – poniente de diez variedades de naranja en Colima	71
Cuadro 7 Altura de copa (m) de diez variedades de naranja en Colima	73
Cuadro 8 Volumen de copa efectiva (m ³) de diez variedades de naranja en Colima	74
Cuadro 9 Incrementos promedio anuales de volumen de copa efectiva de diez cultivares de naranja en Colima	75
Cuadro 10 Coeficiente de correlación entre las variables volumen de copa efectiva y rendimiento (kg/árbol) en diez variedades de naranja en Colima en 1997	76
Cuadro 11 Rendimiento promedio anual (ton/ha ⁻¹ /año ⁻¹) de diez variedades de Naranja en Colima	79
Cuadro 12 Eficiencia productiva (kg fruta/m ³) de diez variedades de naranja en Colima	82

Cuadro 13 Época de cosecha de diez variedades de naranja en Colima	83
Cuadro 14 Hábito de producción de diez variedades de naranja en Colima	84
Cuadro 15 Comparación de medias en diámetro de fruto (cm) promedio de diez variedades de naranja en Colima (1996 – 2000)	86
Cuadro 16 Correlación entre unidades calor y diámetro de fruto en diez variedades de naranja en Colima	86
Cuadro 17 Tasa diaria de crecimiento (mm) del fruto de diez variedades naranja en Colima	90
Cuadro 18 Valores promedio de calidad de fruta en diez variedades de naranja en Colima (1998 – 2000)	91

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Epocas de brotación vegetativa en diez variedades de naranja y su relación con la temperatura y la precipitación en Colima en 1997	46
Figura 2 Epocas de brotación vegetativa en diez variedades de naranja y su relación con la temperatura y la precipitación en Colima en 1998	48
Figura 3 Epocas de brotación vegetativa en diez variedades de naranja y su relación con la temperatura y la precipitación en Colima en 1998	50
Figura 4 Epocas de brotación floral en diez variedades de naranja y su relación con la temperatura y la precipitación en Colima en 1998	53
Figura 5 Epocas de brotación floral en diez variedades de naranja y su relación con la temperatura y la precipitación en Colima en 1998	55
Figura 6 Epocas de brotación floral en diez variedades de naranja y su relación con la temperatura y la precipitación en Colima en 1999	56
Figura 7 Etapas fenológicas de naranjas tipo Valencia y su relación con la temperatura y la precipitación en Colima	63
Figura 8 Etapas fenológicas de naranjas tipo Navel y su relación con la temperatura y la precipitación en Colima	64
Figura 9 Etapas fenológicas de naranjas (Queen, Marrs, Pineapple) y su relación con la temperatura y la precipitación en Colima	65
Figura 10 Altura de árbol (m) de diez cultivares de naranja en Colima ...	69
Figura 11. Diámetro de copa (m) oriente – poniente de diez variedades de naranja en Colima	71

Figura 12. Altura de copa (m) de diez cultivares de naranja en Colima	72
Figura 13. Volumen de copa (m ³) de diez cultivares de naranja en Colima ...	74
Figura 14. Tasa de crecimiento del diámetro ecuatorial (mm) de fruto de diez variedades de naranja y su relación con unidades calor en Colima en 1998	88

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS EN EL APENDICE

	Página
Cuadro 1 A Valores de alternancia y clasificación del hábito de producción de cítricos.....	106
Figura 1 A Fases fenológicas del naranjo dulce.....	107

RESUMEN

Se evaluaron diez variedades de naranja en el trópico seco de Colima, clasificadas en tres grupos. El grupo I correspondió a las valencias y lo formaron Valencia Campbell, Valencia Olinda, Valencia Frost, Valencia Midknigth, y Valencia Cutter; el grupo II fueron las tipo Navel, y lo integraron Lane Late Navel y Atwood Navel; mientras que el grupo III denominado otros tipos estuvo constituido por las variedades Queen, Marrs y Pineapple.

Se estudió la fenología, la dinámica de crecimiento del árbol y del fruto, así como la productividad de cada variedad. Todas las variedades de naranja emitieron varios flujos vegetativos y florales durante el año, pero el más importante ocurre a finales del invierno y principios de la primavera (febrero - marzo). Además, las variedades presentaron las fases fenológicas con diferencias en la cantidad de unidades calor para el inicio y la terminación de cada una de ellas.

Las variedades del grupo I requirieron 4371 unidades calor de floración a cosecha; en tanto que las variedades de los grupos II y III requirieron 3387 unidades calor para el mismo periodo. En relación a la dinámica de crecimiento del árbol, en seis años de mediciones, las variedades Lane Late Navel, Valencia Frost, Valencia Campbell, Marrs y Valencia Cutter registraron los mayores valores.

La variedad Valencia Midknigth presentó el menor crecimiento de árbol y la menor producción (5.6 ton/ha⁻¹) de todas las variedades, lo que demuestra que las condiciones agroclimáticas de la zona no son adecuadas para su desarrollo.

El rendimiento promedio durante los primeros cinco años de cosecha (1996 – 2000), mostró que las variedades más productivas son: Pineapple (29.3 ton/ha⁻¹), Valencia Cutter (23.4 ton/ha⁻¹), Valencia Frost (19.3 ton/ha⁻¹), Marrs (19.5 ton/ha⁻¹), y Queen (18.6 ton/ha⁻¹).

Las diez variedades alcanzaron adecuados índices de madurez y una aceptable calidad interna para su consumo, sin embargo, los frutos de todas las variedades al madurar, mostraron coloración verde o verde amarillo en la piel (flavedo), debido a la falta de bajas temperaturas.

ABSTRACT

There were ten varieties of orange in the dry tropical climate of Colima, México; that were studied and classified in three groups. The first group of them was the one of the Valencias and it was formed by Valencia Campbell, Valencia Olinda, Valencia Frost, Valencia Midnight, Valencia Cutter; the second group denominated Navel was formed by Lane Late Navel and Atwood Navel; the third group was classified as "different kinds", which was formed by the varieties Queen, Marris and Pineapple.

Crop phenology and tree and fruit growth was studied as well as its productivity. All the varieties of orange sprouted several vegetative and floral flows during the year, but the most important flows happen at the end of winter and at the beginning of spring (February – March). In addition the varieties showed difference in heat units (HU), required for initiation and ending phenological phases.

The varieties of first group (Valencias) required 4371 HU since flowering through harvesting period, while varieties of the second and third group required 3387 HU for the same period.

As regards to tree growth dynamic during six years of measurements, the varieties Lane Late Navel, Valencia Frost, Valencia Campbell, Marris and Valencia Cutter registered the major values.

The variety Valencia Midnight showed the lowest growth rate and production (5.6 ton/ha^{-1}) which means that agro climatic conditions of the zone are not adequate for its development.

Average yield during the first five years (1996 – 2000), showed that the best varieties are: Pineapple (29.3 ton/ha^{-1}), Valencia Cutter (23.4 ton/ha^{-1}), Valencia Frost (19.3 ton/ha^{-1}) Marris (19.5 ton/ha^{-1}) and Queen (18.6 ton/ha^{-1}).

The ten varieties reached adequate mature grades and an acceptable internal quality to be consumed. However fruits from all varieties showed a yellowish green peel when got mature, due to lacking of low temperatures.

I. INTRODUCCION

La fruticultura en México es una de las actividades agrícolas de mayor importancia para el país. Los cinco principales frutales que se cultivan en México son: manzano, vid, plátano, cítricos y mango. Entre los cítricos, la naranja es el cultivo más extendido. Los estados productores más importantes de esta especie en México son: Veracruz, San Luis Potosí, Nuevo León, Tamaulipas, Tabasco, Yucatán y Sonora. La producción de naranja se realiza bajo condiciones de riego y temporal, siendo el rendimiento promedio nacional de 12.1 toneladas por hectárea. Durante 1998 la superficie plantada con naranjo fue de 262,315 ha, distribuida en 29 estados y con un valor de la producción de 2,072 millones de pesos. La región trópico seco en México comprende aproximadamente el 17% del territorio nacional y en esta región se cultivan aproximadamente 4 millones de hectáreas bajo condiciones de temporal y 1.5 millones bajo condiciones de riego (INIFAP, 1998).

El fruto de la naranja se consume principalmente en fresco y en forma de jugo industrializado. La primer forma es característica de los países productores en vías de desarrollo y la segunda de los países industrializados (Saunt, 1991).

México compite con los productores de Florida y con Brasil por el mercado de Estados Unidos y Europa. En nuestro país el consumo de frutas varía durante el año y depende de las épocas de producción y de los precios en el mercado. El patrón de consumo de frutas indica que el primer lugar lo ocupan el plátano y el mango, y de acuerdo a la temporada, naranja, guayaba, piña y aguacate y en mucho menor proporción uva, manzana y durazno. El consumo *per capita* de naranja de la población en México se ha mantenido estable en 26 Kg/*per capita* por año, lo que demuestra la preferencia que se tiene por esta fruta (Gómez *et al.*, 1994).

En la actualidad, el establecimiento de plantaciones de frutales comerciales se ha realizado apoyándose en la observación y selección de individuos sobresalientes de las especies que se encuentran en una región determinada y su posterior propagación asexual. Otro procedimiento comúnmente empleado para la expansión de la fruticultura, es la introducción de especies y cultivares, de los cuales se pretende conocer su comportamiento bajo determinadas condiciones ambientales (Tabuenca, 1965).

Colima es un importante productor de cítricos de limón en México. La superficie plantada con este frutal asciende a 32,592 ha, con una producción de 414,040 ton (SAGAR, 1998).

Sin embargo la productividad de este cultivo, está limitada por varios factores, entre los que sobresalen: establecimiento de huertas asociadas con cocotero, deficiencias en el aprovechamiento del agua y fertilización, podas inadecuadas, daños por plagas y enfermedades, deficiencias en los sistemas de comercialización, industrialización y organización de productores. Entre los problemas fitosanitarios de mayor peligro potencial está la tristeza de los cítricos (Orozco, 1991).

En su conjunto, los problemas fitosanitarios y de comercialización por abatimiento de precios, han preocupado en los últimos años a los productores de limón, que requieren información de cultivos alternativos. Entre los cítricos alternativos para el trópico seco de Colima, la naranja puede ser una buena opción. Sin embargo, aún cuando existen evidencias del aceptable comportamiento productivo de la naranja en clima tropical, no se conocen resultados de evaluación en el trópico seco.

II. OBJETIVOS

General.

- 1) Evaluar el potencial de producción de diez variedades de naranja dulce en el trópico seco de Colima.

Específicos.

- 1) Caracterizar la fenología de diez variedades de naranja bajo las condiciones de trópico seco.
- 2) Evaluar la dinámica de crecimiento de los arboles y el fruto, bajo las condiciones específicas de la región.
- 3) Determinar la época de cosecha, el hábito de producción y el rendimiento de las variedades en cinco años de producción.
- 4) Identificar la calidad de la fruta producida en las condiciones climáticas de Tecomán, Colima.

III. HIPOTESIS

- 1) La naranja dulce se adapta y tiene buen potencial de producción en el trópico seco del estado de Colima.
- 2) Existen diferencias entre variedades con respecto al comportamiento fenológico, dinámica de crecimiento de árbol y fruto, rendimiento, época de cosecha, hábito de producción y calidad de fruta.

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1. Descripción botánica del naranjo.

El naranjo dulce *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, pertenece a la familia Rutaceae. Se caracteriza por desarrollar árboles moderadamente grandes, de 4 a 10 metros de altura. Su raíz es ramificada y relativamente superficial. Las hojas son ovaladas a oblongas de 8 a

13 centímetros de largo, de color verde oscuro en el haz y verde claro en el envés, presentan pecíolo corto con alas pequeñas y espinas cortas en las axilas y pueden persistir por dos o más ciclos (Jackson, 1983).

Las flores son blancas, perfectas y completas, es decir contienen todas las partes florales. La mayoría de los cultivares se autopolinizan, aunque las abejas ayudan en este proceso. Algunos cultivares pueden tener poco o nada de polen viable y/o pocos o ningún óvulo fértil, por lo que desarrollan fruta con pocas o ninguna semilla. El fruto es conocido botánicamente como hesperidio, y su tamaño depende del cultivar y el manejo, aunque normalmente es de 6 a 10 centímetros de diámetro. La cáscara y pulpa son de color naranja, pero la intensidad de la coloración está en función del clima y el cultivar (Jackson y Sauls, 1983).

4.2. Origen y distribución.

Calles (1995), comenta que la literatura señala el origen de los cítricos en las regiones tropicales y subtropicales de Asia (China, India), su dispersión y propagación está ligada a grandes acontecimientos históricos como fueron las expediciones de Alejandro Magno, la expansión árabe, el descubrimiento de América y los grandes viajes de españoles y portugueses. Los antecedentes de los cítricos en México datan de 1518, fecha en que el naranjo fue introducido en una expedición de Juan de Grijalva, en la región de Tonalá, Veracruz.

4.3. Requerimientos agroclimáticos y edáficos.

Los cítricos pueden cultivarse con éxito dentro de una gama moderadamente amplia de condiciones ambientales y edáficas. La mayor parte de la producción comercial, sin embargo, se limita a las regiones situadas en latitudes entre los 40° norte-sur, donde las temperaturas mínimas suelen ser superiores a -7° . Dentro de estas latitudes existen varias regiones microclimáticas y toda la producción cítrica se da únicamente en regiones

climáticas tropicales o subtropicales. Los factores ambientales asociados con estos climas, tienen una pronunciada influencia sobre el crecimiento y desarrollo del árbol, rendimiento y calidad de fruta; y son responsables en su mayor parte de la diversidad de los registros de producción de las plantaciones maduras del mundo, que pueden ser tan altas como las 100 toneladas ha⁻¹ de las zonas subtropicales o tan bajas como las 15 toneladas ha⁻¹ de las zonas tropicales (Davies y Albrigo, 1994).

Las regiones subtropicales se ubican entre los 23.5° y los 40° de latitud norte y sur e incluyen las regiones de cultivo más importantes de éstos árboles en el mundo, por ejemplo: Brasil, Estados Unidos, España, Italia, Japón, Israel, Argentina, México y China. Las regiones subtropicales se caracterizan por temperaturas medias anuales comprendidas entre 15° y los 18° C, pero presentan mayores fluctuaciones diurnas de temperaturas que las regiones tropicales. Las regiones subtropicales se dividen en húmedas, semiáridas y áridas (Burke, 1967).

Davies y Albrigo (1994), señalan que en las regiones tropicales (situadas entre los 23.5° al norte y al sur del ecuador) las temperaturas medias anuales son superiores a 18° C. Las temperaturas mínimas nunca están por debajo de los 0° C, excepto las zonas de mayor altitud. Las regiones tropicales pueden dividirse en tierras tropicales bajas, medias o altas y en regiones lluviosas (húmedas) o secas (áridas o semiáridas). Las regiones tropicales bajas se sitúan entre el nivel del mar y los 500 m de altitud; tienen las temperaturas medias más elevadas y por tanto la mayor acumulación de unidades calor. Las regiones tropicales bajas, medias y altas, varían no sólo en temperaturas (acumulación de unidades calor), sino también en la precipitación y en la captación de luz solar.

Moss (1969), indica que el clima es el factor básico para seleccionar los sitios aptos para establecer el naranjo dulce. Este factor determina la sobrevivencia del cultivo, y además es el principal responsable de la calidad de la fruta. En tanto que el suelo y el agua determinan la productividad del cultivo. El elemento del clima que más influye para determinar las regiones idóneas para establecer naranjo es la temperatura, que incluso

puede llegar a ser limitante, de importancia secundaria son la precipitación pluvial, la evaporación y los vientos.

Amoros (1969), explica que el naranjo dulce logra una mejor calidad bajo clima subtropical ya que la variación entre las temperaturas del día y de la noche promueven la formación de ácidos, mejorando su sabor. Las temperaturas frescas durante la noche, favorecen el desarrollo del color naranja intenso de la cáscara, mientras que la acumulación total de calor determina la cantidad de azúcares y la época de madurez. Esta especie puede resistir sin daños apreciables, temperaturas mínimas de 2° C bajo cero. El grado de tolerancia al frío depende del cultivar y las condiciones de la planta en cuanto a edad, estado nutricional, sanitario e hídrico. El naranjo soporta temperaturas máximas de 50° C sin daño aparente, siempre que exista alta humedad ambiental y del suelo.

Jackson y Sauls (1983), refieren que el rango de temperaturas óptimas para el desarrollo de este frutal es de 23 a 32° C, en tanto que Webber (1943) considera que las temperaturas base para el desarrollo de la planta son: mínima de 12.8° C y máxima de 35° C respectivamente.

Morin (1985), indica que el naranjo crece de manera adecuada en diferentes tipos de suelos, desde arena gruesa hasta arcillas pesadas. La influencia del suelo está relacionada con los portainjertos utilizados. En general, cuando crecen en suelos con buen drenaje y profundos, sustentan árboles bien desarrollados, productivos y de larga vida. Se acepta que el mejor suelo para el naranjo es aquel que presente una textura media de origen aluvial reciente, uniforme, profundo y fértil; que tenga un buen drenaje interno y esté libre de sales dañinas.

Por su parte Davies y Albrigo (1994), mencionan que el naranjo puede cultivarse en una amplia gama de condiciones edáficas, que van desde los suelos arenosos escasamente fértiles a los limosos arenosos, suelos arcillosos moderadamente pesados o suelos de turba. Indican además estos investigadores, que el mejor crecimiento de los árboles y la mayor productividad se obtienen en suelos profundos, arenosos o arenos-arcillosos, con tal de que la temperatura, la luz y el agua no sean factores limitantes.

El crecimiento de los cítricos se reduce en suelos mal drenados, o donde hay capas de arcilla impenetrables o capas muy duras cerca de la superficie. Además el crecimiento del árbol y la raíz se restringe también en suelos que tienen un contenido de arcilla superior al 50 %.

4.4. Fenología agrícola.

El término fenología es una forma contractada de fenomenología, rama de la ecología que estudia las relaciones entre las condiciones ambientales (temperatura, luz, humedad, y otras) y los fenómenos y acontecimientos periódicos en la vida vegetal y animal. Estudia fenómenos recurrentes que sean fácilmente observables. Cuando se aplica al estudio de las plantas se denomina fitofenología o simplemente fenología (Elías y Castellví, 1996).

Uno de los fenómenos más evidentes es el que las plantas aumentan de tamaño en forma o menos continua y desarrollan nuevos órganos en forma intermitente durante su vida (Villalpando y Ruíz, 1993). Todas las plantas cultivadas pasan por diferentes etapas: crecimiento, desarrollo y reproducción, influenciadas por sus relaciones con el medio ambiente (Mc Cloud *et al.*, 1964).

Elías y Castellví (1996), refieren que la duración de cada etapa está determinada por las características genéticas de los cultivares, la disponibilidad de calor, de nutrimentos, de agua y del tipo de suelo. Fuentes (1981) explica que la fenología agrícola estudia el impacto de las condiciones climáticas y del suelo, sobre el ritmo de los eventos biológicos en plantas de importancia. Queda claro entonces que la fenología se ha utilizado para el pronóstico de fechas de algunas fases dentro del desarrollo del cultivo como: la floración, madurez, momento de la brotación, entre otras.

El estudio de la fenología permite comprender las respuestas de los vegetales al medio ambiente y la variación de estos a lo largo de su período vital. Si se llegan a conocer cuales son los períodos o etapas críticas de las plantas cultivadas, es posible incrementar la producción, así como ahorrar insumos disponibles, incrementando de esta manera los beneficios (Azzi, 1943).

Por su parte Font Quer (1968), define la fenología como el estudio de los fenómenos biológicos, acomodados a ciertos ritmos periódicos; como la brotación vegetativa, la brotación floral, la maduración de los frutos y la cosecha; y como es natural estos fenómenos se relacionan con el clima de la localidad en que ocurren. En tanto

Frómata (1976) menciona que la fenología depende de las propias características de la especie y del dinamismo del ambiente, especialmente del ciclo climático; y considera que los factores fundamentales que determinan la ocurrencia y el desarrollo de las distintas fenofases en los cítricos son la temperatura y la humedad del suelo.

Hinojosa (1979), explica que la fenología permite conocer y atender las fases críticas de los cultivos en un medio ambiente específico, con lo que se incrementa la producción así como el ahorro de insumos, maximizando de esta manera los beneficios.

La respuesta en crecimiento y producción de las plantas siempre va a estar en función de las condiciones climáticas, edáficas y bióticas, en las cuales se estén desarrollando, pero también va haber una relación directa con las prácticas agronómicas, de tal manera que se puede esperar una fase fenológica en un tiempo predeterminado (Castaños, 1980).

Lomas *et al.* (1970) y Edey (1947), citados por Robertson (1983) señalan que las actividades agrícolas, con frecuencia requieren información anticipada sobre las fechas de ocurrencia de las etapas de desarrollo de los cultivos. Un pronóstico temprano de las fechas de madurez, tiene considerable ventaja económica. El pronóstico provee de un valioso tiempo para organizar de manera anticipada operaciones como la cosecha, empaque y transporte.

Nogueira y Franco (1992), indicaron que en los cítricos, como en todas las plantas en las cuales el fruto es el órgano que se aprovecha; hay dos requisitos necesarios para obtener producción. Primero deben producirse flores y segundo, una cantidad aceptable de esas flores deben fijarse como fruto y persistir en el árbol hasta que maduren. La producción final también depende del tamaño final del fruto, lo cual está determinado por su crecimiento y desarrollo, así como de los factores que los afectan.

Esto es importante para poder programar las prácticas de manejo y las estrategias para predecir la época y cantidad de cosecha.

Las fases fenológicas identificadas en los cítricos son: brotación vegetativa-floración, floración-amarre de fruto y amarre de fruto-cosecha; a esta última etapa se le llama desarrollo del fruto.

Seeman *et al.* (1979), indican que la diversidad de las aplicaciones de la fenología encuentra su esencia en la importancia práctica que ha adquirido. Con base en datos de observaciones fenológicas precisas, recopiladas durante varios años, es posible:

- a) Definir las regularidades en el crecimiento de una planta en relación con su medio, así como sus requerimientos agroecológicos.
- b) Hacer el pronóstico estacional de las operaciones agrícolas.
- c) Proponer calendarios para el control de plagas, enfermedades y malezas de acuerdo con las épocas de mayor incidencia.
- d) Realizar una zonificación agrícola con base en mapas fenológicos.
- e) Pronosticar fechas de floración o de madurez y elaborar calendarios de cosechas escalonadas.
- f) Programar la asistencia técnica con base en la fenología de los cultivos.
- g) Prevenir las contingencias climáticas.
- h) Obtener modelos fenoclimáticos para definir regiones agrícolas potenciales para diferentes cultivos.

4.4.1. Variables que controlan la fenología de cultivos.

4. 4.1.1. Fecha de siembra.

La fecha de siembra, en el caso de cultivos anuales, o la fecha en que da inicio un nuevo ciclo vegetativo para las especies perennes, determinan las disponibilidades climáticas que tendrá el cultivo durante su desarrollo, influenciando de esta manera su respuesta fenológica (Robinson, 1971; Unger y Thompson, 1982; Miller, *et al.*, 1984; Carlson y Gage, 1989).

4.4.1.2. Temperatura.

Desde el punto de vista biológico, el desarrollo de las plantas está controlado por una serie de hormonas, que regulan los diversos cambios morfológicos que se van produciendo progresivamente en las células vegetales. La producción de estas hormonas, promotoras e inhibidoras, constituye una característica genética de cada especie o cultivar vegetal. Su producción o destrucción, se hallan estrechamente ligadas al medio ambiente externo. La temperatura es uno de los factores predominantes que determina la velocidad de las reacciones químicas, que producen las hormonas. El efecto de la temperatura sobre la producción de hormonas puede variar según los genotipos o etapas de desarrollo (Robertson, 1983 citado por Ruiz, 1991).

La influencia de la temperatura sobre el desarrollo de la planta, comienza desde el día de la siembra; ya que es una variable que condiciona significativamente la tasa de germinación de las semillas (Covell *et al.*, 1986; Ellis *et al.*, (1986); Ellis *et al.*, 1987; Mohamed *et al.*, 1988). De la siembra a la emergencia, la planta es afectada más por la temperatura del suelo que por la temperatura del aire. La temperatura del aire, comienza a ser importante en el momento en que el meristemo apical aparece sobre el nivel del suelo.

La temperatura del aire afecta la tasa de desarrollo de los cultivos de la manera siguiente: debajo de una temperatura umbral mínima determinada genéticamente, el desarrollo no ocurre o es insignificante. Sobre dicha temperatura, el desarrollo se incrementa hasta llegar a un pico o intervalo, donde la velocidad del desarrollo es máxima (Ruiz *et al.*, 1993). A partir de ahí, el desarrollo decrece nuevamente hasta llegar a ser nulo en una temperatura umbral máxima (Arnold, 1959; Orchard, 1976; Tyldesley, 1978).

Algunas plantas requieren un período de frío para que la iniciación floral pueda ser inducida. A este fenómeno se le denomina vernalización. Unas cuantas semanas con temperaturas cercanas al punto de congelación para que el trigo se prepare para la inducción floral durante los días más largos de la estación de primavera (Blondin *et al.*, 1975; citados por Hodges y Doraiswamy, 1979).

Pimienta *et al.* (1996), explica que en los climas tropicales, la variabilidad estacional en la disponibilidad del agua determina el tiempo de ocurrencia de las fenofases, mientras que en climas templados son los cambios estacionales en la temperatura.

4.4.1.3. Grados día de desarrollo.

La idea del concepto grados-día de desarrollo (GDD), se inició a partir de los trabajos de Reamur (1935), pero con el paso del tiempo se ha mejorado y se sigue usando como sinónimo de unidades calor (U.C.), unidades térmicas (U.T.) y unidades de desarrollo (U.D.). Todos estos, se manejan como marco de referencia para el estudio de la relación organismo-desarrollo-temperatura.

Los grados-día deben considerarse unidades de temperatura efectiva en el cálculo de acumulación de temperatura porque son unidades de desarrollo y no unidades físicas (energía calorífica). El término GD puede ser definido como días transcurridos en términos de grados sobre una temperatura umbral (Fry, 1983).

Shaffer (1983), menciona que el crecimiento y desarrollo de un cultivo, depende de la cantidad de calor que este recibe. Esto quiere decir, que un cultivo alcanzará una determinada etapa fenológica cuando reciba una cierta cantidad de calor, independientemente del tiempo transcurrido.

Las temperaturas bajas retardan el desarrollo, mientras que las altas temperaturas (hasta cierto punto) lo aceleran y acortan el ciclo vegetativo de las plantas.

Neild y Seeley (1977); Warnock (1978), Shaffer (1983) y Sammis *et al.* (1985), consignan que entre las múltiples aplicaciones de este parámetro se encuentran las siguientes:

- Programación de fechas de siembra o ciclos de cultivo
- Pronóstico de fechas de cosecha
- Determinar el desarrollo esperado en diferentes fechas de ciclo de cultivo
- Determinar el desarrollo esperado de diferentes genotipos
- Pronosticar coeficientes de evapotranspiración para distintos cultivos
- Pronóstico de la aparición de plagas y enfermedades

La mayoría de éstas aplicaciones, se sustentan en modelos de grados día para describir el desarrollo de plantas e insectos; de ahí que el concepto de GD se utilice más bien como grados día de desarrollo (GDD).

Davies y Albrigo (1994), mencionan que las diferencias en la acumulación de unidades calor, humedad, precipitación, radiación solar y viento, tienen un marcado efecto sobre el crecimiento de los cítricos; desarrollo del árbol, productividad y calidad de la fruta.

Además indican que la acumulación anual de unidades calor en regiones tropicales de tierras bajas (0-500 msnm) está por encima de 5000 UC como en Kenya, Colombia y Sri Lanka; en regiones tropicales de tierras de altitud media (500-1500 msnm) se acumulan 3500 UC como en Palmira Colombia; mientras que en regiones tropicales altas como en Conocoto Ecuador (2500 msnm) se acumulan únicamente 1000 UC.

4.4.1.4. Fotoperíodo.

La producción, conversión o distribución de varias hormonas; es sensible a la duración tanto de los períodos de obscuridad como de los períodos de luminosidad deficiente (Robertson, 1983). Uno de los mayores efectos del fotoperíodo sobre el desarrollo de las plantas, es la determinación del tiempo a la floración (Major, 1980).

Algunas especies estimulan su floración al acortarse la duración del día, y otras se ven estimuladas a florecer cuando los días se alargan. Este fenómeno ha sido utilizado para clasificar a las plantas sensibles al fotoperíodo, en plantas de día corto y plantas de día largo, respectivamente.

4.4.1.5. Humedad del suelo.

La falta de humedad del suelo en forma severa, puede retrasar el desarrollo de los cultivos, que son capaces de suspender el desarrollo para entrar en un estado de letargo. Algunos frutales soportan perfectamente un estrés de sequía por períodos largos.

En respuesta a esta práctica, la planta pierde gran parte de su follaje y es capaz de volver a brotar inmediatamente después de que se reanuda el suministro de agua. Además si la defoliación excede el 50% de hojas, puede disminuir la producción de fruta (González, 1989).

Ekimov (1955), señala que la absorción de agua por las células recién formadas, tiene lugar durante la fase de crecimiento visible en longitud de los brotes vegetativos de los cítricos. Así que resulta fácil comprender que este factor tiene gran importancia para el crecimiento vegetativo.

4.4.1.6. Disponibilidad de nutrimentos.

Tanto los elementos mayores como los elementos menores, tienen influencia en el desarrollo de las plantas.

Dos de los elementos más estudiados son el nitrógeno y el fósforo. Se sabe por ejemplo; que el exceso de nitrógeno acelera el crecimiento vegetativo e inhibe la floración, mientras el exceso de fósforo acelera el desarrollo (Tisdale y Nelson, 1966; citados por Hodges y Doraiswamy, 1979).

4.4.1.7 Componente genético.

A través de miles de años se han obtenido miles de genotipos de plantas, los cuales presentan respuestas diferentes a los factores ambientales mencionados con anterioridad (Hodges y Doraiswamy, 1979). La expansión de los cítricos hacia regiones lejanas de su área de origen, demuestra la gran facultad que tiene esta especie para adaptarse a diversos climas. A pesar de su carácter mesofítico por sus hojas anchas, la ausencia de mecanismos y dispositivos que limiten la transpiración y la evaporación, el débil desarrollo de pelos y la carencia casi total de protección de la yema mediante escamas; pueden ser cultivados con éxito bajo climas muy calurosos y muy secos y en regiones de invierno relativamente severo. Sin embargo, esta facultad de adaptación de los cítricos a climas muy alejados de su región de origen, tiene límites (Webber, 1943).

4.5. Productividad de los cítricos.

El agroclima es el conjunto de condiciones climáticas principales, determinantes de otras que son su consecuencia en sus valores de intensidad, duración, frecuencia y época que habilitan el cultivo económico de los cítricos (Burgos, 1958). Cada especie vegetal para alcanzar un desarrollo óptimo necesita particularmente condiciones climáticas y edáficas particulares. De aquí la importancia que reviste el conocer las áreas que ofrecen mejores condiciones edáficas para el desarrollo de un determinado cultivo. El rendimiento de un cultivo por debajo de su capacidad genética no es más que una respuesta a su manejo y a las condiciones del medio donde tienen primordial importancia factores climáticos y edáficos sobre la planta (De la Cruz, 1991).

La productividad de los cítricos, depende de muchos factores, tanto del medio físico (clima y suelo), como del manejo controlado por el hombre en el caso de las plantas cultivadas. Las plantas que se pretenden explotar comercialmente tienen que estar en las condiciones más adecuadas del medio físico para que se logre obtener la mayor productividad en forma sostenida y como consecuencia las mayores utilidades respecto a las inversiones que se realizan, así como lograr la mayor eficiencia energética y la conservación de los recursos (Nuñez *et al.*, 1994).

Rojas y Ramírez (1978), exponen que las fases del desarrollo vegetal dependen de la constitución genética del individuo y de los factores ambientales. De estos últimos, dos de ellos son críticos en la secuencia de las fases (no en la supervivencia); las horas luz (fotoperíodo) y las horas de frío (termoperíodo). Cuando las condiciones del medio no cubren las exigencias genéticas en alguna fase del desarrollo, los cambios fisiológicos no ocurren y la secuencia de las fases se detiene. Así, si una planta requiere para florecer 14 horas de luz al día y si solamente recibe 10 horas, permanece en estado vegetativo indefinidamente, lo mismo sucede en relación con las horas frío. Cuando hay una concordancia entre las exigencias genéticas y el medio, el desarrollo es normal y los cambios de crecimiento y diferenciación se sincronizan.

4.5.1 La temperatura y el agua en la brotación vegetativa y floral en los cítricos.

Sobre el crecimiento vegetativo influyen diferentes factores que pueden dividirse en internos y externos.

Entre los primeros, se pueden citar aquellas sustancias que se producen en el organismo vegetal y que tienen una función reguladora, acelerando el crecimiento en ciertos casos y en otros retardándolo, entre estas sustancias se pueden mencionar las auxinas, giberelinas, cinetinas, los inhibidores de crecimiento y otros. Entre los factores externos se encuentran la luz, temperatura, agua, sustancias nutritivas, aire, factores bióticos y otros (Leopold, 1964; Turkova, 1967; Devlin, 1970; citados por Frómata, 1976).

Davies y Albrigo (1994), exponen que los factores ambientales, particularmente la temperatura y el agua, regulan el tiempo y magnitud de la floración en los cítricos. Por lo tanto, la intensidad y duración de la producción de flor también varía con la región climática. Además, los factores medioambientales regulan el tipo de flores que se producen, su distribución sobre el árbol, el porcentaje de fruta cuajada y en última instancia el rendimiento resultante. La floración de los cítricos consta de los períodos de inducción y diferenciación, que preceden a la antesis. La inducción de yemas florales comienza con una detención del crecimiento vegetativo, durante el “descanso” invernal en los trópicos o en los períodos secos en las regiones tropicales. El frío y el estrés hídrico son los factores inductivos primarios, siendo el frío el factor principal en climas subtropicales y el estrés hídrico en los climas tropicales. Estos mismos autores explican que la antesis (floración) se produce después de la inducción y de la diferenciación cuando existen condiciones favorables de temperatura y de humedad edáfica.

Salisbury y Ross (1994), establecen que el crecimiento vegetal es extremadamente sensible a la temperatura. A menudo un cambio de pocos grados da lugar a un cambio significativo en la tasa de crecimiento. Cada especie o variedad posee, en cualquier estado determinado de su ciclo de vida y en cualquier conjunto determinado de condiciones de estudio, una temperatura mínima debajo de la cual no crece, una temperatura óptima, en la que crece con una tasa máxima y una temperatura máxima por encima de la cual no crecerá y con la que incluso puede morir. En general, el crecimiento de varias especies está adaptado a las temperaturas de sus ambientes naturales. y las plantas que están cerca de las temperaturas mínima ó máxima de crecimiento y desarrollo con frecuencia

están bajo tensión o estrés; además, distintos tejidos dentro de una misma planta poseen temperaturas optimas diferentes.

Webber (1943), determina que la temperatura vital de la naranja se considera 12.8°C, mientras esta no exceda este punto el crecimiento será insignificante o nulo en cualquier parte del árbol; indicando también que la temperatura umbral máxima es de 35°C. En el naranjo la parte aérea de la planta, está sujeta a la exposición directa de los rayos solares por varias horas cada día y la temperatura frecuentemente se iguala con el optimo de crecimiento. Probablemente esta es la respuesta al hecho de que el crecimiento es más temprano en las ramas que en las raíces. Los árboles jóvenes tienden a producir nuevas brotaciones de un modo más continuo que los de mayor edad y por ello son más propensos a las alteraciones o enfermedades que inciden solamente sobre las hojas y los tejidos jóvenes.

Por su parte Cassin *et al.* (1969), consignan que en los países tropicales las temperaturas medias mensuales y las media mínimas mensuales no descienden por debajo de 12.8°C; consecuentemente, las temperaturas son un factor constante para el crecimiento activo, pero el abastecimiento de agua por abajo de 100 - 150 mm por mes, puede tener los mismos efectos que las temperaturas bajas y los árboles entran en un período de reposo.

Medina (1984), en un estudio realizado en árboles de limón asociado con cocotero en el trópico de Colima reportó que en esta especie se presentan tres brotaciones: una en enero, otra en mayo - junio y la última en julio, siendo la más importante la primera y la última, aunque la segunda tuvo una duración de 35 días. En el caso de la huerta de limón sin asociar, también se presentaron tres brotaciones, pero en períodos diferentes y con mayor duración que la observada en el limón asociado. La primera se inició a mediados de diciembre y finalizó en febrero (70 días) y la segunda se inició en abril y terminó a mediados de junio (70 días) y la tercera se registró en los meses de verano que dura de julio a agosto (45 días).

Mendel (1968), señala que la brotación de los cítricos en la costa de Israel, tiene lugar en cualquier tiempo, cuando la temperatura de suelo excede de 12°C. La brotación comienza entre febrero 4 y 15, cuando las temperaturas del suelo están alrededor de 12 - 13°C. En regiones subtropicales las temperaturas son notoriamente más bajas que en las tropicales y constituyen un factor decisivo entre la primera y segunda oleada de floración. Las temperaturas altas favorecen la descomposición de sustancias inhibitoras del crecimiento y decrecen su tasa de acumulación. La brotación de los cítricos en la costa de Israel, tiene lugar en cualquier tiempo, cuando la temperatura de suelo excede de 12°C.

La brotación comienza entre febrero 4 y 15, cuando las temperaturas del suelo están alrededor de 12 - 13°C. En regiones subtropicales las temperaturas son notoriamente más bajas que en las tropicales y constituyen un factor decisivo entre la primera y segunda oleada de floración. Las temperaturas altas favorecen la descomposición de sustancias inhibitoras del crecimiento y decrecen su tasa de acumulación.

González (1968), menciona que las flores de los agrios, comúnmente conocidas como azhar (del árabe "azhar": flor), nacen aislados o en racimos más o menos corimbiformes y a veces en cimas, que pueden ser terminales o desarrollarse en las axilas de las hojas. Por su parte Sauer (1951), señala que la floración es el comienzo de la etapa reproductiva del ciclo de formación de la cosecha de los cítricos, por lo que se considera una fase de importancia decisiva para la producción de frutos. La floración se relaciona estrechamente con el clima de cada región y con las variaciones anuales de los distintos factores. La temperatura y la humedad del suelo, son entre otros; los factores de mayor influencia sobre la floración. Las brotaciones de los cítricos con frecuencia presentan diferentes características morfológicas y los brotes se pueden clasificar en:

- 1) brotes con flores, pero sin hojas
- 2) brotes con flores y con pocas hojas pequeñas
- 3) brote con varias flores y varias hojas grandes
- 4) brote con hojas y una sola flor terminal
- 5) brotes vegetativos

Hall *et al.* (1977) y Moss (1969), identifican también cinco tipos de brotes florales para la naranja: unifloral con hojas; unifloral sin hojas; multifloral sin hojas; mixto con

número de hojas mayor a la mitad de las flores y mixto con número de hojas menor a la mitad de las flores.

Guardiola *et al.* (1982), clasifican los brotes florales en cuatro grupos, reuniendo en uno solo los dos últimos tipos de brotes mixtos. Por su parte, los investigadores Southwick y Davenport (1986), clasifica los brotes en solo dos tipos, mixtos y generativos. Davenport (1990), refiere que los factores de control de la floración más probables son carbohidratos, hormonas (menor producción de giberelinas y mayor producción de ácido absólico), temperatura, nutrición y las relaciones hídricas.

Davies y Albrigo (1994), señalan que la inducción de las yemas florales comienza con una parada del crecimiento vegetativo durante el descanso invernal (ausencia de crecimiento aparente) en los subtrópicos o en los períodos secos en las regiones tropicales. Generalmente en los árboles maduros de naranja, el crecimiento de los tallos cesa y la tasa del de las raíces disminuye conforme lo hacen las temperaturas del invierno, aunque no sean inferiores a 12.5° C y es en este período cuando las yemas vegetativas desarrollan su capacidad para florecer. La inducción incluye los procesos que dirigen la transición desde el crecimiento vegetativo a la producción de flores.

Davenport (1990), expresa que por lo tanto, la inducción incluye los sucesos que dirigen la transición desde el crecimiento vegetativo a la producción de las flores; mientras que la diferenciación implica cambios histológicos y morfológicos en los meristemas vegetativos para que lleguen a ser meristemas florales.

Por otra parte Lord y Eckard (1987), citan que la forma de cúpula del meristemo apical se ensancha, aplanada y comienza la organogénesis con la formación de los primordios de los sépalos seguida por el desarrollo de los carpelos. Una vez que se han formado los primordios de los sépalos, la yema floral no revertirá a su condición vegetativa ni con la aplicación de ácido giberélico, el cual es un regulador de crecimiento que inhibe la floración. En tanto que Lovatt *et al.* (1984), mencionan que la tasa de desarrollo de la flor desde que rompe la yema hasta la antesis, es independiente del tipo de floración desarrollada por el brote o de la posición de la flor y se correlaciona positivamente con la gradación de los días.

En el área subtropical de California, las yemas en estado durmiente experimentan una rotura microscópica (se aflojan sus escamas) entre noviembre y diciembre; la diferenciación macroscópica de la yema ocurre durante diciembre y enero, haciéndose visible las yemas florales en febrero. Aclaran también que la antesis ocurre en abril (Lord y Eckard, 1985).

Davies y Albrigo (1994), aclaran que el tiempo de inducción y la antesis varían considerablemente de una temporada a otra, dependiendo de la disponibilidad de agua y de la temperatura. Además señalan que las yemas florales son inducidas por las bajas temperaturas o el estrés por sequía y que el momento de la floración también depende de la temperatura.

Además aunque estos procesos estén probablemente bajo control hormonal, únicamente GA₃ ha mostrado jugar un papel inhibitorio claro, y que parte de la dificultad en comprender el control de la floración puede estar en que algunas yemas parecen muy fáciles de inducir a flor, mientras que otras, aparentemente iguales y situadas sobre la misma rama, requieren un estrés ambiental mucho mayor para ser inducidas. Al respecto Rappaport y Sachs (1979), citados por Pimienta, (1985) indican que la iniciación floral se define como la transformación del meristemo vegetativo a un eje potencialmente reproductivo.

Randhawa y Dinsa (1947), citados por Ayalón y Monselise (1960), definen al estado de prediferenciación (iniciación), cuando el domo de la yema se aplana, como la primera evidencia de la diferenciación morfológica. Abbott (1935), señala que este momento generalmente se alcanza en las yemas auxiliares después de que el eje principal del brote se ha alargado un poco. Las yemas empiezan a hincharse a principios de enero pero las primeras evidencias de prediferenciación ocurren dos semanas más tarde.

Lord y Eckard (1985), dividen la ontogenia floral del naranjo "Washington Navel" en las fases siguientes: a) apertura microscópica de la yema (mediados de noviembre), definida como el aflojamiento de las brácteas florales que encierran el meristemo, b) apertura macroscópica (mediados de enero), que corresponde al abultamiento de la yema y separación de las brácteas florales, tal como se observa en el campo, c) organogénesis, que corresponde a la apertura macroscópica coincide con la iniciación (formación de sépalos) de la flor terminal. El meristemo toma una forma cónica al momento de la

iniciación del primer sépalo y se ensancha y aplana con la formación de los demás sépalos y de los pétalos. Una forma cónica aparece otra vez con la iniciación de estambres y nuevamente se aplana cuando se inicia el carpelo. De la iniciación de sépalos a la iniciación de carpelos agregados, transcurren dos semanas; la antesis ocurre tres meses después.

Se requiere un período corto de sequía o de bajas temperaturas para que los cítricos transformen sus yemas vegetativas en reproductivas (Abbot 1935; Davenport 1990; Lovatt *et al.*, 1980)

Erickson (1968), señaló que en las regiones con clima tropical cercanas al Ecuador, todos los cítricos tienden a florecer a través de todo el año, excepto cuando son afectados por períodos de sequía.

Al respecto, González (1968), menciona que en clima mediterráneo, el naranjo (*Citrus senesis* L. Osbeck), el mandarino (*Citrus reticulata* Blanco), y el pomelo *Citrus grandis* Osbeck, ordinariamente florecen una sola vez al año; en cambio, el limonero (*Citrus limon* L. Burn), el cidro (*Citrus medica* L.) y el limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Chistm Swingle), lo hacen en cualquier época del año dentro del período de brotación vegetativa, pero con mayor intensidad en primavera.

Al respecto Medina (1983), consigna que en la región de Tecomán, Colima, el limón mexicano produce flores durante todo el año; sin embargo se distingue por su masividad los flujos florales de invierno, primavera y otoño.

Como la inducción floral se produce desde la etapa de reposo relativo al final del año, es a partir de ese momento que se debe estudiar la influencia de los factores climáticos sobre la floración. Torres (1989), explica que existe una relación de la temperatura media y la lluvia con el comienzo, intensidad y duración de la floración.

Utilizando datos de 22 años sobre el período de floración de la naranja Washington Navel en California, Webber (1943), observó que la floración media ocurrió entre marzo 25

a mayo 10. Como la temperatura fue el factor de mayor influencia en el crecimiento durante la época de primavera, los períodos de floración media pudieron correlacionarse con las temperaturas media mensuales que ocurrieron en los diferentes años. Destacando que el período de floración de todas las variedades de cítricos en los valles Imperial y de Coachella en California, comúnmente se presenta 4 semanas más temprano que en aquellas áreas costeras de montañas en la misma latitud. Esto es evidente debido al mayor calor de invierno y primavera en el valle interior. El período de floración en los cítricos de Florida, es también comúnmente de 2 a 4 semanas más temprano que de aquella de la costa y el valle interior de California y al comienzo de la primavera, las cuales estimulan un crecimiento primaveral más temprano.

En tanto que el principal período de floración de los agrios en España, es en la primavera; poco después de iniciarse la primera brotación, generalmente en marzo y abril. En este aspecto la temperatura tiene una influencia preponderante en la floración, siendo de gran importancia las medias mensuales de febrero y marzo, si son altas, la floración se adelanta y en caso contrario la floración será tardía.

En un estudio de evaluación del efecto de la duración de la temperatura baja en la floración de naranjo, Washington Navel. Lovatt *et al.* (1987), observaron que las plantas sometidas por 4 semanas a temperaturas de 15 - 18° C durante el día y 10 - 12° C durante la noche, produjeron mayor número de flores que las que permanecieron en esas mismas condiciones por seis semanas.

Moss (1969), consigna que en los cítricos en Australia, la temperatura es el principal factor en el control de la floración en naranjo dulce; ésta ocurre en cualquier brote joven que ha dejado de crecer y que ha estado expuesto durante varios meses a temperaturas inferiores a 15° C.

En otro trabajo Moss (1976), concluye que las plantas de naranja de un año de edad produjeron una floración abundante después de someterse a temperaturas de 15°C durante el día y 10°C durante la noche (15/10°C) por cinco semanas y posteriormente a (24/19°C); sin embargo, cuando las condiciones posteriores de temperatura fueron de

(36/31°C) se formaron pocas flores y además se desprendieron antes de su apertura. También se produjo una escasa floración cuando el sistema radical de las plantas se mantuvo con bajas temperaturas (9 a 13°C), mientras que la copa fue tratada a (27/22°C) con pre-tratamiento de (36/31°C) durante cuatro semanas y concluye que la inducción e iniciación floral es afectada por el ambiente (temperatura) del brote, mientras que el proceso de desarrollo floral puede ser suprimido por altas temperaturas en el brote y es afectado muy poco por las altas temperaturas de la raíz. El análisis de éstos datos mostró que la fecha de la floración media depende de la fecha de la primera lluvia efectiva y no de la longitud del período seco precedente.

Ekimov (1955), expone que durante la fase de crecimiento visible en longitud de los brotes vegetativos, tiene lugar la absorción de agua por las células recién formadas, de ahí que el factor agua tiene gran importancia para el crecimiento vegetativo. Al respecto Ziegler y Wolfe (1961), expresan que una vez que los árboles han comenzado a brotar; para el normal crecimiento de los brotes es necesario un suministro de agua constante. En Florida el periodo más crítico de falta de humedad es usualmente la primavera, cuando los nuevos brotes de crecimiento son tiernos, pues estos fácilmente se marchitan si la humedad es insuficiente y parecen tener una demanda prioritaria de humedad en el árbol.

Así mismo Mendel (1968), Reuther y Ríos-Castaño (1969) y Cassin *et al.* (1967), concuerdan en que la actividad vegetativa en los cítricos en la zona tropical, donde existe la temperatura óptima para el crecimiento; está determinada por el suministro de agua. En estas zonas la falta de agua provoca un receso vegetativo y el comienzo de la actividad vegetativa en aquellas zonas caracterizadas por periodos más o menos largos de sequía, está determinado por el comienzo de las lluvias o por el riego.

La humedad del suelo ya sea por la lluvia o por el riego, ejercen una influencia notable sobre el período de floración, fundamentalmente en aquellos lugares donde las temperaturas medias se mantienen todo el tiempo en grado óptimo para la actividad vegetativa. En Italia, se demostró que la suspensión del riego hasta que el árbol presenta

síntomas de marchitez, es una práctica tradicional en el cultivo del limón para acentuar la floración de verano (Barbera *et al.*,1985). En tanto que en Filipinas, país con clima cálido; parece ser que las condiciones naturales de sequía toman el lugar de las bajas temperaturas para que ocurra la diferenciación floral y cuando se evita dicho agobio hídrico mediante el riego, los árboles florecen irregular y escasamente (Monselise y Halevy,1964).

4.5.2. Crecimiento del árbol.

4.5.2.1. Dinámica de crecimiento del árbol.

Rojas (1979), señala que el cuerpo vegetal, así como cada uno de sus órganos, no crece a la misma velocidad cada día, sino que lo hacen con unas tasas de crecimientos variables, que en la mayoría de los casos generan una curva sigmoide, en la cual se identifican tres fases: logarítmica, lineal y de senescencia.

En tanto Bidwell (1979), indica también que la cinética de crecimiento de una planta anual, sigue una curva sigmoide, en la que se distinguen tres partes, las que se describen a continuación: 1) fase logarítmica o exponencial, es un período temprano de corta duración en el que el crecimiento es lento, correspondiente al estado de plántula; 2) fase lineal, es un período central de rápido crecimiento, que corresponde al período vegetativo de la planta, y 3) fase de declinación de la tasa de crecimiento llamada envejecimiento o senilidad, es un período final en que el crecimiento va siendo cada vez menos acelerado, hasta hacerse nulo.

Salisbury y Ross (1994), exponen que en los meristemas se producen células nuevas con la capacidad de crecer y diferenciarse, las que dejan un registro de su crecimiento y dan un indicio de potencial crecimiento futuro, ya que entre las células de un tallo o raíz en crecimiento siempre está ocurriendo alguna de las fases del desarrollo, como división, elongación y diferenciación celular. La historia de una célula diferenciada puede inferirse a partir de las células más jóvenes que están cercanas a la punta, y viceversa; el futuro de una célula joven puede predecirse examinando las células maduras que están más apartadas del ápice.

4.5.2.2. Estímulos ambientales que afectan el desarrollo de la planta.

Rojas (1979), menciona que muchos estímulos ambientales o externos afectan el desarrollo de la planta. Pueden tomar parte sustancias químicas producidas por otros organismos, pero la clase de factores que se consideran generalmente, son los físicos como la luz, temperatura, nutrimentos y otro. Estos factores se sobreponen y a menudo minimizan los controles genéticos y orgánicos del individuo.

Los estímulos ambientales a menudo inician eventos como sería de esperar, ya que para tener éxito en crecer y reproducirse se requiere una efectiva coordinación con las estaciones del año. El funcionamiento de un mecanismo de control del ambiente requiere de tres pasos:

1. Debe ser percibido o medido por la planta
2. Debe existir un mecanismo por el que la planta reaccione y traduzca el estímulo
3. Debe de tener cierto grado de permanencia durante el cual tenga lugar la reacción al estímulo

Muchos estímulos tienen efecto permanente ó semipermanentes; es decir, la planta continúa reaccionando mucho después que el estímulo ha cesado de actuar. Los principales estímulos ambientales que afectan el desarrollo de la planta son los siguientes: luz (intensidad, calidad, duración y periodicidad), temperatura, precipitación, sonido, campo magnético, reacciones electromagnéticas, gravedad, nutrimentos y estímulos mecánicos.

Cassin *et al.* (1968), refieren que el inicio del crecimiento del tallo en el naranjo, está regulado por la temperatura base (12.8° C) en las zonas subtropicales y por la disponibilidad de agua en las regiones tropicales, y que la elongación acumulativa estacional de los tallos o la acumulación de materia seca suele ser mayor en días uniformemente largos y con un promedio de temperaturas diurnas y nocturnas elevadas, típico de las áreas tropicales bajas.

Por otra parte Davies y Albrigo (1994), dicen que dándoles la debida humedad y fertilización, los árboles duplican su actividad de crecimiento. Las especies cítricas varían su crecimiento según las elevaciones donde se cultiva.

Jackson y Sauls (1983), señalan que la forma del tronco y la copa de los cítricos, está determinada por muchos factores; incluyendo la tendencia natural de la variedad, el patrón, la separación entre árboles, su edad, la poda y el tipo de injerto. El volumen de copa efectivo de los árboles está ubicado a partir de la periferia hasta los 90 cm al interior de la copa, pues ahí es donde se localiza la fructificación. El espaciamiento de los árboles debe ser suficiente para que la luz del sol llegue a la copa, en caso de plantaciones rectangulares, las hileras deben orientarse norte-sur para que el sol llegue a ambos lados de la copa.

4.5.3. Rendimiento.

4.5.3.1. Factores que determinan variación en el rendimiento.

Uno de los parámetros de mayor importancia es el rendimiento de los árboles. Davies y Albrigo (1994), exponen que el clima afecta a la floración, fructificación, caída de fruta y número de frutos por árbol, y es lógico esperar que también se vea afectado el rendimiento de la cosecha. Además, el tamaño de la fruta, otro componente del rendimiento es afectado por el clima, en particular por la humedad y la temperatura. Las prácticas culturales, así como la elección del patrón, el cultivar y la nutrición también influyen en el rendimiento. Generalmente, el número de años hasta la producción de una cosecha es menor en zonas tropicales bajas que en las subtropicales húmedas o en las regiones de clima mediterráneo. Los principales factores asociados con las variaciones en el rendimiento incluyen las temperaturas durante la floración, la caída fisiológica y a lo largo de toda la temporada de crecimiento.

El rendimiento en las regiones tropicales está influenciado en algunos casos por los suelos pobremente drenados o con deficiencias de nutrimentos y en la mayoría de las regiones las presiones importantes por plagas y enfermedades. Los rendimientos de las zonas bajas tropicales se reducen significativamente debido a estos problemas. Además los árboles tienden a ser excesivamente vegetativos bajo las condiciones de humedad de muchas regiones tropicales. En áreas tropicales de nuestro país, el promedio de los rendimientos de naranjos dulces únicamente alcanzan 15-20 ton/ha⁻¹ básicamente por carencia de riego, fertilización y control eficiente de las plagas y enfermedades (Reuther, 1973).

Reuther (1973), menciona que el rendimiento máximo y la variación de un año a otro que se obtiene en huertos maduros está en función del clima, aunque factores tales como el tipo de suelo, la selección del cultivar y del patrón, la capacidad tecnológica y las limitaciones a causa de enfermedades, también influyen en el rendimiento dentro de una determinada región climática; señala además que el rendimiento en las regiones tropicales está influenciado en algunos casos, por los suelos pobremente drenados o con deficiencias de nutrimentos y en la mayoría de las regiones por las presiones importantes causadas por plagas y enfermedades.

4.5.4. Época de cosecha.

Gómez *et al.* (1994), explican que si bien existe naranja durante todo el año, la temporada “alta” o de mayor producción de este cítrico abarca generalmente seis meses de cada año, de diciembre a mayo: que es cuando Veracruz prácticamente satura el mercado. Cuando desciende ésta, durante el lapso de junio a noviembre, se presenta entonces la temporada “baja” o bien de menor producción.

4.5.5. Hábito de producción.

Coletto (1989), señala que la producción anual de un árbol frutal es el resultado de la interacción de una serie de procesos sobre los que los factores del medio ejercen una influencia principal. La aleatoriedad de los factores del medio provoca variaciones entre las cosechas de dos años consecutivos, pero debido precisamente a su aleatoriedad, no pueden ser los responsables de un ritmo bianual de producción, solamente alterado por

manifestaciones muy severas o inoportunas de estos factores (heladas primaverales, sequías intensas y otras). Las causas de la alternancia hay que buscarlas pues, en factores internos que se pueden ser: interferencia entre el crecimiento vegetativo y la iniciación floral; interferencia entre crecimiento de frutos y crecimiento vegetativo y agotamiento de las reservas de carbohidratos en las raíces de los árboles. Los factores mencionados corresponden a hipótesis manejadas por diversos, pero las investigaciones realizadas hasta ahora no permiten asignar una causa clara, responsable del fenómeno del hábito de producción en los cítricos.

4.5.6. Crecimiento del fruto de naranja.

Salisbury y Ross (1994), señalan que el crecimiento del fruto, es un incremento irreversible de tamaño, generalmente acompañado por un aumento de peso seco. El proceso de desarrollo lo constituyen los cambios de forma por el fruto. Así, el crecimiento en términos generales es un proceso cuantitativo relacionado con el aumento en masa del fruto, mientras que el desarrollo es cualitativo y se refiere a los cambios experimentados por el fruto durante su crecimiento. El crecimiento se puede expresar cuantitativamente en términos de longitud, diámetro, peso, volumen y otros, midiendo los cambios cuantitativos de los organismo en función del tiempo(cinética del crecimiento).

Y además señalan que las curvas de crecimiento sigmoideal, exhibidas por numerosas plantas anuales ó una parte individual de éstas, señalan que durante el crecimiento se presentan tres fases: una logarítmica, una fase lineal y una fase de senescencia. La fase logarítmica presenta una tasa de crecimiento (incremento en tamaño por unidad de tiempo) baja al inicio, debido al escaso número inicial de células, incrementándose continuamente a medida que se reproducen las células. En fase lineal, el incremento en tamaño continúa, siendo la tasa de crecimiento constante, la razón es que las células crecen rápidamente en longitud. La fase de senescencia se caracteriza por una disminución en la tasa de crecimiento. La cual se inicia cuando el fruto alcanza la maduración. El crecimiento de frutos ha sido estudiado sin duda en parte por su importancia económica.

Las curvas de crecimiento de cítricos, manzana, pera, tomate, plátano, mango, fresa, dátil, aguacate, melón, pepino y piña son sigmoides; en tanto que la frambuesa, uva

arándano, higo, grosella, aceituna y todos los frutos de hueso (durazno, albaricoquero y ciruela) muestran una interesante curva de crecimiento doble sigmoideal, que puede considerarse como dos curvas sigmoides sucesivas (Coonbe,1976; Bollar, 1970; Díaz, 1980; Weaver, 1980; Salisbury y Ross, 1994; Primo *et al.*, 1977; Cotoli *et al.*, 1973; Carpena *et al.*, 1973; Del Valle, 1974).

Rehuther y Ríos Castaño (1969), expresan que el clima tiene un efecto importante sobre el crecimiento y la calidad de la fruta de los cítricos. Bain (1958) citado Davies y Albrigo, 1994 menciona que el crecimiento de la fruta es función del estatus hídrico del árbol, del reparto de carbohidratos, además de la temperatura, y que el crecimiento de la fruta de los principales cultivares de cítricos sigue un modelo sigmoideo que puede subdividirse en cuatro fases: La fase I es la de división celular, en la que se producen casi todas las células de la fruta madura. Este número inicial de células es el que en última instancia determinará el tamaño final de la fruta. La duración de esta fase oscila entre un mes y mes y medio después de la floración, dependiendo de las condiciones del clima y del cultivar. Durante la fase II, las células se diferencian en los diversos tipos de tejidos tales como sacos de jugo, albedo, flavedo, y otros. En la fase III, las células se agrandan, produciéndose un aumento rápido en el tamaño de la fruta y en el porcentaje de sólidos solubles totales (SST). Durante esta fase las células pueden aumentar 1000 veces su volumen. La duración de esta tercera varía según la especie de dos a tres meses para limones y limas a más de seis meses en pomelos y naranjas dulces.

El color de la piel comienza a cambiar del verde al amarillo o al naranja (a excepción de las naranjas en regiones bajas tropicales) hacia el fin de la fase IV, que es la fase de maduración, y que se caracteriza porque se nivela el crecimiento y un ligero aumento gradual de los SST, junto con una rápida disminución de la acidez total (AT). La fase de maduración puede prolongarse durante 9-10 meses en naranjos "Valencia" bajo algunas condiciones subtropicales mediterráneas, pero es de uno a dos meses más corta en tierras húmedas subtropicales y apreciablemente más corta aún en las zonas bajas tropicales. El tiempo transcurrido desde la floración hasta la obtención de una relación SST/AT aceptable oscila entre 6-7 meses en los bajíos tropicales y de 14-16 meses en los climas de tipo mediterráneo para naranjos "Valencia". La tasa de crecimiento de la fruta dentro de cada región climática es función principalmente de la temperatura durante cada etapa de desarrollo y de la humedad del suelo, particularmente durante las fases III y IV. Las temperaturas medias más elevadas proporcionan las mayores tasas de crecimiento de

la fruta y las temperaturas medias más bajas dan lugar a las tasas de crecimiento más bajas. El clima tiene un efecto importante sobre el crecimiento de la fruta, como demostraron claramente Reuther y Ríos-Castaño (1969), cuando compararon diversos factores del crecimiento y la calidad de la fruta entre regiones tropicales de Colombia con regiones subtropicales costeras y áridas de California. En Colombia, las regiones fueron subdivididas en tierras de zonas bajas, medias y altas y las de California en áridas y costeras, que difieren en temperaturas medias y extremas, precipitaciones y humedad. El último evento importante durante el desarrollo del fruto, es la acumulación de los constituyentes químicos asociados con el sabor y el aroma. A finales del verano, cuando el contenido de jugo en los segmentos es alto; la acumulación de azúcar se eleva a niveles aceptables para el consumo. De aquí a la madurez, los sólidos solubles aumentan lentamente en la medida que la temperatura permite niveles razonables de fotosíntesis.

4.5.7. Calidad de la fruta.

4.5.7.1. Características externas.

Davies y Albrigo (1994), señalan que el fruto del naranjo es una baya, botánicamente conocida como hesperidio. Esta baya difiere de otras como la uva y el tomate, en que tiene una piel correosa que circunda la porción comestible de la fruta. La piel de la naranja tiene un exocarpio exterior coloreado (flavedo) y un mesocarpio interior blanco, esponjoso (albedo).

La porción comestible (endocarpio) comprende la parte interna de los carpelos que se conforman en segmentos (gajos) que contienen semillas y vesículas con sacos, derivadas de las membranas carpelares. La presencia de la piel correosa protege la fruta de los posibles daños durante la manipulación y desecación en el almacenamiento.

Davies y Albrigo (1994), determinan que los factores que se valoran como calidad externa, que incluyen el color de la piel, la incidencia de imperfecciones y la forma de la fruta, se ven afectados significativamente por el clima. El color de la piel de las naranjas es el resultado de una combinación de pigmentos tales como clorofila, carotenoides, antocianinas y licopenos entre otros. Explican estos mismos autores que el agua representa una importante porción de la masa de la fruta (85-90% en peso), contribuyendo

los carbohidratos al 75-80% de los SST. La regulación de los carbohidratos que se incorporan a la fruta tienen un gran impacto sobre la calidad interna de la fruta.

Jackson y Sauls (1983), indican que los frutos cítricos no son climatéricos y carecen por lo tanto del drástico aumento de etileno y de la respiración, típico de los frutos climatéricos, como la manzana, asociado con el hecho de hacerse comestibles (maduros). Las frutas cítricas también tienen unas reservas pobres de almidón y por ello su calidad interna experimenta cambios muy lentos durante el almacenamiento. El mantenimiento prolongado en almacén disminuye el contenido de ácidos, que se convierten en azúcares y en CO₂ utilizado en la respiración.

Ramírez (1983), menciona también que el fruto de los cítricos no es climatérico o sea que no aumenta su respiración al llegar a la madurez, lo que permite almacenar la mayoría de las variedades de cítricos en el árbol sin detrimento de su calidad, especialmente las naranjas tipo Valencia.

Ekimov (1955) y Bain (1958), aclaran que el proceso de maduración está determinado por una disminución de la acidez y un aumento de la concentración de los sólidos totales, así como el cambio del color del fruto, que pasa del verde al amarillo o anaranjado, más o menos intenso según la especie, el cultivar, el ambiente y el manejo. Chandler (1967) y Erickson (1968), dicen que los frutos cítricos se caracterizan por su maduración lenta, lo cual está en marcado contraste con muchos otros frutos, los cuales los cambios finales ocurren en pocos días.

4.5.7.2. Composición interna.

Davies y Albrigo (1994), señalan que el agua representa una importante porción de la masa de la fruta (85-90% en peso), contribuyendo los carbohidratos al 75-80% de los SST. La regulación de los carbohidratos que se incorporan a la fruta tienen un gran impacto sobre la calidad interna de la fruta. El agua representa una importante porción del peso de la fruta (85-90%), contribuyendo los carbohidratos al 75-80% de los sólidos solubles totales (SST).

Gran parte del aumento en el consumo de jugo de naranja se vincula a los beneficios potenciales para la salud del mismo, y a partir de la década de 1990 los consumidores se han interesado por los alimentos pobres en grasa y ricos en minerales y vitamina C (Nagy y Attaway, 1980).

Erickson (1968), expone que los sólidos solubles totales (SST) incluyen carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas grasas y diversos minerales, y constituyen del 10 al 20% del peso fresco de la fruta. Un 70 – 80% de los SST de la fruta cítrica son carbohidratos. Los grupos importantes de estos carbohidratos incluyen monosacáridos (glucosa, fructosa). Oligosacáridos (sacarosa) y polisacáridos (celulosa, almidón, hemicelulosa, pectinas). La sacarosa es el principal azúcar no reductor y es el principal carbohidrato translocable. La fructosa y la glucosa son los principales azúcares reductores y están presentes en cantidad igual o mitad a la de sacarosa en la mayoría de los jugos. También se han encontrado pequeñas cantidades de manosa y galactosa en el jugo de los cítricos. La relación SST:AT es un determinante principal de la comestibilidad de la fruta y está vinculada a las normas de madurez. De los polisacáridos, el almidón está presente en cantidades pequeñas, particularmente cuando la fruta madura y el almidón se convierte en sacarosa, fructosa y glucosa. La pectina es un polisacárido importante de la pared celular. La acidez total (AT) de los jugos cítricos es un factor importante en el conjunto de la calidad del jugo y es determinante para definir el momento de la cosecha (Harding *et al.*, 1940). En las principales regiones citrícolas, la relación entre los SST y los ácidos titulables determina si la fruta es recolectable. Los ácidos orgánicos contribuyen significativamente a la acidez total del jugo.

Para la obtención de fruta cítrica con calidad comestible, tienen más importancia la tasa de descenso de la acidez titulable (AT) que los sólidos solubles totales (SST). El jugo de naranja de áreas tropicales bajas suele ser insípido a causa de la carencia de acidez. Del mismo modo, los niveles de ácidos totales son generalmente menores en las regiones tropicales bajas debido a que disminuyen rápidamente. Esta disminución de la AT está en función en primer lugar de la temperatura (acumulación de unidades calor) y luego de la rápida respiración de los ácidos orgánicos provocada por la temperatura elevada.

Nagy y Attaway (1980), citados por Davies y Albrigo (1994), explican que desde hace muchos años se sabe que las frutas cítricas son una valiosa fuente de ácido ascórbico (vitamina C). El ácido ascórbico actúa como coenzima, siendo una parte esencial de la dieta humana. Los niveles de ácido ascórbico, sin embargo, son bastante variables entre las diversas frutas cítricas y tienden a disminuir estacionalmente. Los niveles de ácido ascórbico se expresan en mg contenidos en 100 ml de jugo y van de 18 a 20 en algunos tangelos a unos 70 en naranjas dulces (Var. Pineapple).

4.5.7.3. Normas de calidad de la fruta.

Harding y Fisher (1945), citados por Davies y Albrigo (1994), indican que las normas de calidad de la fruta, que determinan los niveles mínimos de palatabilidad y aceptación comercial, se han establecido empíricamente a través de los años para cada región de cultivo en particular. El sabor y la palatabilidad de las frutas cítricas es función de los niveles relativos de SST, AT y de la presencia o ausencia de diversos principios aromáticos o amargos. Por lo tanto, en muchas regiones citrícolas del mundo la fruta se considera vendible cuando se logra una mínima relación SST:AT. Esta relación mínima varía con las normas locales y la ubicación del huerto, pero generalmente oscila entre 7-9:1 para naranjas y mandarinas y 5-7:1 para pomelos. La palatabilidad de la fruta es también función de la cultura y tradición de los consumidores. Por ejemplo, el sabor de las naranjas dulces es el más aceptado, y el rico sabor y color anaranjado profundo de las mandarinas se aprecian en todo el mundo. Por tanto, el mercado de destino, el que la fruta sea para consumo fresco o para procesado y las particulares preferencias étnicas sobre los sabores influyen sobre los niveles de las normas de calidad.

Gomez *et al.* (1994), indican que los objetivos y tecnologías de producción difieren entre fruta fresca y fruta para procesar.

Aunque la fruta cítrica fresca debe satisfacer las normas de calidad interna, el énfasis se pone en el tamaño y aspecto externo de la fruta. Los consumidores de los mayores mercados de fruta fresca exigen naranjas con una piel de color anaranjado brillante, mandarinas con color entre naranja y rojo-anaranjado, limones amarillos y limas verdes. La fruta también debe estar dentro de ciertas normas de tamaño y carecer al máximo de imperfecciones en la piel.

Ramírez (1983), menciona que todos los factores que determinan la calidad de la fruta se conjuntan en lo que se llama “normas de calidad”, las cuales se integran después de realizar estudios de la variación estacional de la calidad y sirven para el proceso de mercadeo de los cítricos. Su objetivo no es eliminar el acceso de parte de la producción al mercado, sino clasificarla y darle su justo valor. La calidad de la fruta está dada por el tamaño, las características externas y las internas. Las externas se refieren al color, tipo y grado de daño, así como la textura de la cáscara; las internas son: el volumen de jugo, la cantidad de sólidos solubles totales, la acidez titulable y la relación sólidos/acidez.

Los azúcares más importantes en el jugo son sacarosa, glucosa y fructosa y su proporción varía con el estado de desarrollo del fruto, así como la especie y cultivar; éstos azúcares son determinados como % de sólidos solubles totales o grados Brix. La concentración de ácido cítrico, evaluado por la acidez titulable; disminuye gradualmente, lo que es debido, en parte, a un proceso de metabolización y en buena medida a un proceso de dilución y neutralización. Estos dos componentes, junto con el contenido de jugo, son considerados importantes para establecer los índices de cosecha y/o calidad en base a la relación Brix/acidez. Así, para naranja Hamlin, se establecen como índices de madurez y/o calidad; 9.2 % de SST (sólidos solubles totales), 1.05 % de ácido cítrico, 8.7 en la relación Brix/ácido, y 49% de contenido de jugo. Por otra parte, para la naranja Navel se requieren como índices de madurez y/o calidad; 8.0 % de SST, 1.14 % de ácido cítrico, 7.0 de relación Brix/ácido y 33 % de contenido de jugo (Saucedo, 1982).

Según Erickson (1968), en California la base para la maduración legal de las naranjas es una relación sólidos solubles / acidez de 8:1.

En México existen normas de calidad para cuatro cítricos: naranja, limón mexicano, toronja y limón persa. En general los cítricos se clasifican en tres categorías: extra, primera y segunda en orden de calidad.

Los parámetros básicos para esta clasificación son: color, tamaño, y daños; los cuales se definen como características del fruto, organolépticas (sabor y olor), físicas y químicas. Las anteriores son normas mexicanas, es decir del Gobierno Federal; no se cuenta con normas estatales. En las huertas, la fruta se clasifica en dos: primera y segunda, esta clasificación se basa principalmente en el grado de daño que se tenga en la cáscara (limpieza). Fruta con más del 30% de su superficie dañada no califica para

consumo en fresco y se considera de segunda para uso industrial. La fruta limpia, es decir con poco daño es de primera; para consumo en fresco. En las centrales de abasto un parámetro más que es el origen de la producción es tomado en cuenta. Por ejemplo, la naranja que procede de Veracruz y San Luis Potosí en general se considera de menor calidad que la de Nuevo León y Tamaulipas (Gomez *et al.*, 1994).

4.5.7.4. Factores que afectan la calidad.

El tamaño de la fruta es función de varios factores, que incluyen el cultivar, el patrón, la carga de cosecha y las prácticas culturales tales como riego y nutrición. El tamaño de la fruta puede mejorarse mediante la elección del patrón. La carga de fruta sobre los árboles tiene un impacto importante sobre el tamaño de la misma. La carga de fruta de un año productivo puede tener un tamaño pequeño inaceptable para la venta. Hay dos modos de regular la carga en el año productivo con el fin de regular el tamaño de la fruta: la poda y los reguladores de crecimiento. Ambos métodos reducen la carga del año, estimulando así un mayor tamaño en la cosecha que se obtiene y equilibrando la producción de año en año. Las prácticas culturales como riego, nutrición y poda también influyen en el tamaño de la fruta, pero pueden causar dilución de los SST (Albrigo y Davies, 1994).

Albrigo (1992), menciona que el color de la cáscara en los trópicos tiende a ser entre verde y amarillo verdoso, cuando mucho. El color de la cáscara anaranjado se puede obtener en las áreas más frescas de las altiplanicies en los trópicos. La madurez en color verde y el desarrollo de los pigmentos son muy lentos en clima tropical, mientras que el frío y las temperaturas invernales de un clima subtropical producen conversiones rápidas de los pigmentos. Los inviernos subtropicales fríos son conversiones para la acumulación de sólidos solubles debido a que la fotosíntesis ocurre a niveles bajos, si es que llega a ocurrir.

Bain (1951), señala que en los climas intermedios son superiores para el desarrollo del contenido máximo de jugo y sólidos solubles al mismo tiempo que mantiene un buen nivel de acidez para el balance que es sostenido durante un periodo relativamente largo, permitiendo con esto un periodo más extenso de cosecha con jugo de calidad aceptable. El color de la pulpa y del jugo de la naranja en los trópicos cálidos es pálido y muy raras

veces satisface las normas de calidad internacionales para producir jugo de naranja concentrado congelado.

Krezdorn (1987), señala que la naranja Valencia es la mejor variedad que se da en los trópicos cálidos y logra una excelente calidad en Centroamérica, México y el Caribe a una altitud entre los 400 y 1 600 msnm. Davies y Albrigo (1994) refieren que en algunas circunstancias es necesario mejorar el color después de la recolección de la fruta cítrica. Desde un punto de vista práctico, la obtención de piel con la mínima coloración que indican las normas generalmente no es un problema, porque la fruta puede desverdizarse usando después gas etileno.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Area de estudio.

El presente trabajo de investigación se realizó del mes enero de 1996 al mes de diciembre del 2000, en terrenos del Campo Agrícola Experimental de Tecomán Colima, México, dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

El campo experimental se encuentra ubicado en el municipio de Tecomán, en el kilómetro 35 de la carretera Colima-Manzanillo a los 18° 55' de latitud norte y 103° 53' de longitud oeste; a una altura de 40 metro sobre el nivel del mar (CETENAL, 1980).

5.2. Clima y suelo.

De acuerdo a García (1973) el clima es $BS_1(h')w(w')i$, o sea clima semiseco cálido, con una precipitación promedio anual de 711 mm, con lluvias en verano siendo los meses más lluviosos agosto y septiembre; con porcentaje de precipitación invernal menor de 5 mm y con un cociente P/T mayor de 22.9. La temperatura media anual es de 26.7° C con una oscilación térmica menor a los 5° C. La temperatura media mensual en el mes más frío es de 23.8° C y la del más caliente de 28.7° C. El área ocupada por este subtipo de clima es de 55,000 hectáreas, localizadas en los municipios de Estapilla, Tecomán, Armería, Madrid, Venustiano Carranza, Los Ortices, Pueblo Juárez, Tecolapa e Ixtlahuacan.

El suelo donde se realizó el experimento presenta una textura de migajón arcillo-arenoso con un pH de 8.3, con alto contenido de bases como calcio, magnesio y potasio. Los suelos son profundos y sin problemas de sodio, con mediano contenido de materia orgánica y alta capacidad de intercambio catiónico; el porcentaje de saturación de bases es mayor de 70. La pendiente es menor del 2% (Orozco,1979).

5.3. Material vegetativo.

En el presente estudio se comparó el comportamiento de 10 cultivares de naranja, injertados sobre naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.), establecidos en agosto de 1992.

Las distancias de plantación entre árboles fueron de 8 m entre hileras y 4 m entre árboles, resultando una densidad de 312 árboles por ha.

Los cultivares bajo estudio fueron: Grupo I (Valencia Campbell, Valencia Olinda, Valencia Frost, Valencia Midnight, Valencia Cutter); Grupo II (Lane Late Navel, Atwood Navel) y Grupo III (Queen, Marrs, Pineapple). Las yemas certificadas libres de las virosis de la tristeza, psorosis, xyloporosis y exocortis fueron adquiridas de la Universidad de California, en Estados Unidos. Por su parte, el INIFAP comprobó su condición fitosanitaria respecto a VTC mediante una prueba ELISA de Laboratorio.

5.4 . Manejo de la huerta.

Hasta principios de 1997 los árboles se regaron por goteo (goteros cada 75 cm, con un gasto de 3.5 litros por hora), pero a partir de esa fecha el sistema se cambió a microaspersión (60 litros por hora) y la fertilización se efectuó a través del sistema de riego.

El manejo para el control de plagas y enfermedades hasta la fecha es de la siguiente manera: Las malezas se controlaron con cuatro pasos de rastra en la calle entre las hileras y aplicaciones de herbicida Faena en banda y Hierbamina en la hilera de los árboles y pasos de desvaradora en las calles; la poda se realizó para eliminar mamones y ramas secas, así como para despuntar ramas demasiado largas. Se efectuaron aspersiones de Oxiclورو de Cobre y Aliette al follaje de los árboles para combatir enfermedades como la mancha grasienta (*Micosphaerella citri*. Whiteside.) y muerte regresiva en ramas (*Brotyodiplodia teobromae*). Para el control de plagas se hicieron aplicaciones al follaje de Ethion y Thiodan para evitar daños por negrilla (*Phyllocoptruta oleivora* Ashm.), araña roja (*Eutetranychus* sp) ; pulgón (*Aphis citricola*), mosca blanca (*Tetraleurodes ursorum*) y gusano perro. También se efectuaron aplicaciones de la mezcla de Agrimec más Citrolina, para el control de minador de la hoja y ácaros.

5.5 . Diseño experimental.

Los tratamientos estuvieron constituidos por las diez variedades. La parcela total se formó con tres árboles y las variables se registraron en el árbol central.

El diseño experimental fue bloques al azar con cinco repeticiones, constituyendo un árbol la parcela experimental. El gradiente de variación considerado en el experimento fue la diferencia de vigor natural mostrada por los árboles.

5.6 . Calculo de Unidades Calor (GDD).

Para calcular este índice agroclimático, se utilizó el método residual descrito por Villalpando (1985). Para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Unidades calor} = \frac{(\text{Temp. máxima} + \text{Temp. mínima})}{2} - \text{Temperatura base}$$

donde las temperaturas máximas y las temperaturas mínimas, son los valores de temperaturas registradas en un día determinado. La temperatura base corresponde al cero biológico de los cítricos la cual se reporta como 12.8° C.

5.7 . Variables registradas.

5.7.1 Fenología.

5.7.1.1 Épocas de brotación vegetativa y floral.

Las épocas de brotación vegetativa y floral, se determinaron efectuando observaciones semanales de los brotes vegetativos y florales presentes en la copa del árbol, durante los meses de enero a diciembre en los años 1997,1998,1999. Para cuantificar estas fenofases se utilizó un aro de metálico (alambrón), de 0.90 m de diámetro dividido en 4 sectores o cuadrantes. El conteo se realizó sobreponiendo el aro en la superficie exterior del follaje, en el segundo tercio de la altura de los árboles. A una profundidad de 90 cms cuantificó la cantidad de brotes en cada uno de los cuadrantes del aro.

Los conteos se realizaron únicamente en los lados este y oeste de la copa de los árboles, debido a que entre árbol y árbol dentro de la hilera, la distancia era muy corta. En base a estos datos se calculó la cantidad de brotes vegetativos y florales por metro cuadrado de follaje.

Con los datos se hicieron gráficas y análisis de varianza del principal flujo vegetativo (bv) y floral (bf) registrado durante el año de estudio. Estos datos a su vez se relacionaron con los registros de temperatura promedio y la precipitación.

5.7.1.2 Fases fenológicas.

En cada una de las variedades se marcaron 20 brotes por árbol con una cinta de plástico rojo eligiendo brotes vegetativos emergidos al comienzo del año 1997. Cada semana se tomaron lecturas de la actividad vegetativa o floral en cada brote, observando su comportamiento hasta que presentaron un nuevo brote vegetativo o floral, marcando con cinta plástica de color diferente al rojo. Lo anterior se hizo con el fin de determinar la época en que se presenta la mayor actividad de estas fenofases. Una vez determinadas las fechas de aparición de las fases fenológicas se calculó el número de días y los grados día de desarrollo necesarios para la aparición de cada fenofase.

5.7.2 Crecimiento de árbol

Para medir esta variable, cada año se midieron las variables en estudio, las cuales fueron; altura de árbol, altura de copa, diámetro de copa y con los valores de altura de copa y diámetro de copa se calculó el volumen de copa efectiva.

5.7.2.1 Altura total del árbol.

La altura total del árbol se determinó con la ayuda un tubo de aluminio de 6 m de longitud, marcado cada 10 cm.

El tubo se colocó a nivel del suelo en el centro del árbol recargado en el tronco principal, observando posteriormente el valor numérico en el tubo de aluminio correspondiente al nivel superior de la copa.

5.7.2.2 Diámetro de la copa.

El diámetro de la copa se midió con el mismo tubo de aluminio cruzando por el centro del follaje hasta las orillas de cada uno de los árboles medidos. Las lecturas se hicieron en la orientación este – oeste.

5.7.2.3 Altura de la copa.

La altura de la copa se determinó restando el valor de la altura total del árbol, del valor de la altura desde el nivel del suelo a donde comienza la falda inferior de la copa.

5.7.2.4 Volumen de copa efectiva (VCE).

El volumen efectivo de copa se refiere a la parte de la copa que carga fruta y que en cítricos se refiere a la profundidad de 90 cm de la periferia al interior del follaje. Para ello primeramente se obtuvo el volumen total de la copa el cual se calculó utilizando la siguiente fórmula $VC = 2.0944 (h) r^2$ donde VC= volumen de copa; h= altura de la copa y r^2 =radio de la copa al cuadrado. Esta fórmula corresponde al volumen de una semiesfera.

Una vez determinado el volumen total de la copa mediante la misma fórmula se determinó el volumen de copa interior mediante la misma, restándole 0.9 m a la altura y 1.8 m al diámetro. Enseguida se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen de copa efectiva (m}^3 \text{)} = \text{Vol. de copa total} - \text{Vol. de copa interior}$$

5.7.3 Rendimiento.

En cada cosecha, la fruta se peso para determinar las ton/ha de cada variedad y se contabilizó también en número de frutos por árbol.

De esta manera se obtuvo información de e variables de producción. También se obtuvo la eficiencia productiva al dividir la producción por árbol expresada en kg/árbol entre el volumen de copa efectiva.

5.7.4 Epoca de cosecha.

Se registraron las fechas en que la fruta de cada cultivar alcanzó la madurez comercial. La época de cosecha se determinó al momento en que se obtuvo el 80% de la fruta total.

5.7.5 Hábito de producción.

Se determinó usando los datos de los rendimientos de los cinco años registrados, con la fórmula consignada por Hoblyn *et al.* (1936), citada por Hield y Hilgeman (1969), y que es la siguiente:

$$I = \frac{Ra - Rb}{Ra + Rb}$$

donde:

I = índice de alternancia.

Ra = rendimiento primer año.

Rb = rendimiento segundo año.

Primero se calculó el índice de alternancia y después se clasificó el hábito productivo, usando la tabla de valores de alternancia y clasificación del hábito de producción de cítricos consignada por Hoblyn *et al.* (1936) (Cuadro 1 A).

5.7.6 Crecimiento del fruto.

Se marcaron brotes florales tipo campanero sobre los cuales se midió el crecimiento del fruto de cada cultivar. Se etiquetaron 20 frutos por árbol en cada cultivar, siendo un total de 100 frutos por cultivar. El crecimiento (diámetro ecuatorial) se midió directamente en el campo una vez a la semana con un vernier de metal. Estos datos se relacionaron con el número de días transcurridos y los grados día de desarrollo acumulados hasta la cosecha para cada cultivar. Asimismo al momento de la cosecha y en el laboratorio se obtuvo un promedio final del diámetro total de los frutos.

5.7.7 Calidad de fruta.

La calidad de la fruta de las diez variedades, se determinó al momento de la cosecha en el laboratorio de calidad de fruta del Campo Experimental Tecomán.

Las variables analizadas fueron: peso de fruto, contenido de jugo, sólidos solubles totales (grados Brix), porcentaje de acidez titulable y el índice de madurez (relación sólidos solubles/acidez).

5.7.7.1. Peso medio del fruto.

Se tomó una muestra de 20 frutos por árbol, estos se pesaron usando una báscula Marca Nuevo León con capacidad de 120 kg y para obtener el peso promedio del fruto de cada variedad se dividió el peso total de los frutos de la muestra entre el número de frutos pesados.

5.7.7.2. Contenido de jugo.

Se tomaron 25 frutos de cada árbol y se pesaron en una báscula marca Nuevo León. Se usó el extractor de jugo eléctrico marca Jugoso Potencia 2000 modelo 75 para extraerles el jugo.

La diferencia entre el peso de los frutos completos de la muestra y el peso del jugo obtenido nos indicó el porcentaje de jugo en base al peso.

5.7.7.3. Sólidos solubles totales.

Por sólidos solubles totales se entiende el total de constituyentes solubles del jugo (azúcares, ácidos grasos, sales minerales, pectinas, proteínas). El método se basó en la medida directa del índice de refracción del jugo a 20^o C y su lectura en la escala graduada en grados Brix, realizando posteriormente la corrección de ésta lectura aumentando el valor correspondiente de la tabla. Se utilizó el refractómetro de mano marca Bausch, limpiando y secando sus prismas con agua destilada y un paño suave, después de cada

observación. Se colocó la muestra en el prisma utilizando un gotero. Cerramos los prisma e inmediatamente después mediante la observación determinamos el valor de la lectura en la escala de grados Brix. La lectura anotada se corrigió por temperatura usando la tabla de correcciones, sumando el valor de tablas a los grados Brix obtenidos. El valor de tablas se agregaba a los grados Brix debido a que la temperatura del laboratorio es de 22° C.

5.7.7.4 Acidez total.

La acidez total corresponde a la suma de ácidos minerales y orgánicos libres. Primero se pasaron 25 gramos de jugo simple y se colocó en un vaso de precipitados de 100 ml, enseguida se agregaron al jugo 15-20 gotas de fenolftaleina. El vaso de precipitado se puso encima del agitador eléctrico y se le colocó dentro el imán agitador. Con el jugo agitándose se tituló el jugo con la solución de NaOH (2N) hasta que virara su color amarillo al color rosa guinda. Los resultados se expresaron en % p/p y en gramos por litro, como ácido cítrico anhidro, usando la fórmula:

$$\text{Acido cítrico anhidro} = \frac{(a) (N) (\text{Meq})}{g}$$

donde:

a = ml de sosa (NaOH) utilizados.

N = normalidad de la sosa.

meq = miliequivalente del ácido cítrico anhidro(0.064)

g = gramos de muestra.

5.7.7.5. Índice de madurez (relación sólidos solubles totales/acidez).

La relación sólidos solubles totales/acidez conocido como índice de maduración, se obtuvo dividiendo directamente el valor de los grados Brix (SST) entre el valor de la acidez total.

5.8 Variables climatológicas.

Con el propósito de explicar el comportamiento de los cultivares en términos de las variables anteriormente descritas, se realizaron mediciones de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación, utilizando para ello los instrumentos de medición de la estación meteorológica del Campo Experimental Tecomán.

5.9 Análisis estadísticos.

Para realizar los análisis de varianza, la prueba de medias y las correlaciones, se utilizó el paquete de diseños experimentales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 1989). Las gráficas y los cuadros, se realizaron usando el programa Excel 97.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Fenología.

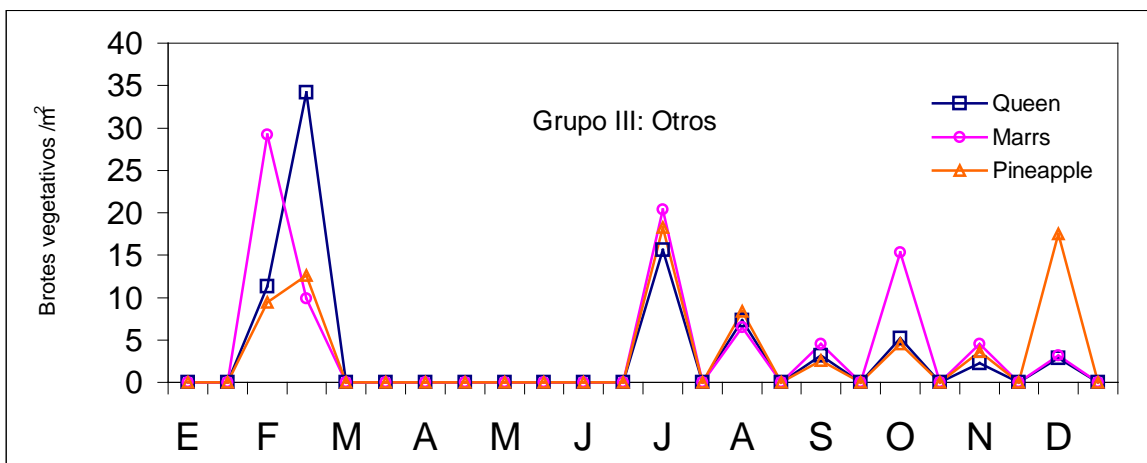
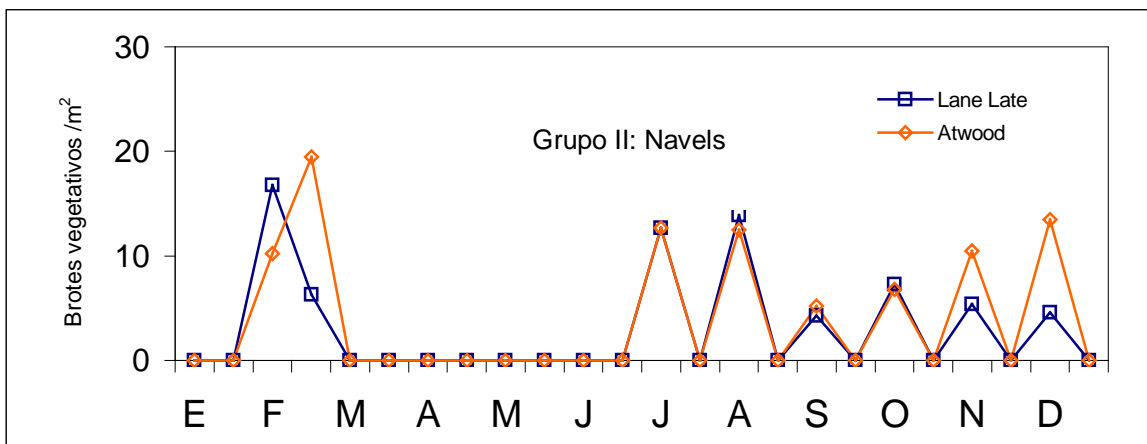
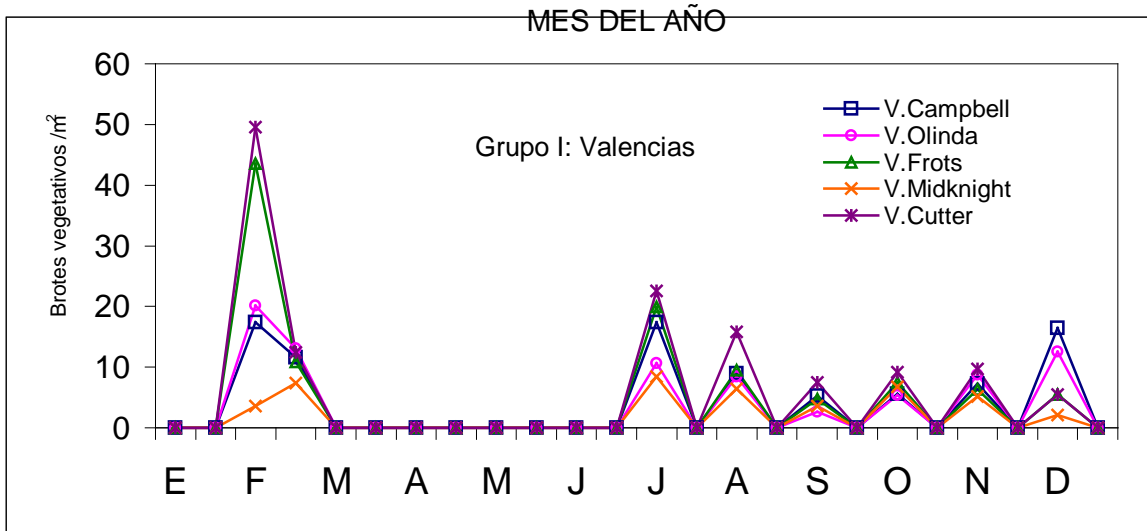
6.1.1 Brotación vegetativa.

6.1.1.1 Epocas de brotación vegetativa.

Para una mayor facilidad en la interpretación de los resultados, las variedades se formaron en tres grupos : grupo I tipo valencias (Valencia Campbell, Valencia Olinda, Valencia Frost, Valencia Midnight y Valencia Cutter); grupo II tipo Navel (Lane Late Navel y Atwood Navel) y grupo III otros tipos (Queen, Marrs y Pineapple).

Los resultados en 1997 mostraron que en los tres grupos de variedades la brotación vegetativa más importante fue la registrada en febrero, seguida de la que se presentó en julio . Estos resultados sugieren que el clima y el riego influyen en la respuesta de los árboles en relación a la brotación vegetativa. En febrero los árboles brotan abundantemente después de recibir varios riegos a partir de noviembre, especialmente las ramas que tuvieron fruto Las temperaturas bajas de diciembre, enero y febrero no parecen limitar la actividad vegetativa de invierno-primavera. En julio la emergencia de brotes nuevos coincide con la presencia de las lluvias, las cuales junto con las elevadas temperaturas estimulan la brotación vegetativa, principalmente de ramas que no tienen fruto terminal ó que por el peso del fruto tienden a doblarse.

En 1997 se registraron siete brotaciones vegetativas, aunque la más importante ocurrió en febrero (Figura 1).



E F M A M J J A S O N D

Figura 1 Epocas de brotación vegetativa en diez variedades de naranja y su relación



con la temperatura y la precipitación en Colima en 1997.

Para el mes de julio, las variedades tipo Valencia registraron similar intensidad de brotación, excepto Valencia Midnight que mostró los valores más bajos. Durante la brotación de diciembre Valencia Campbell y Valencia Olinda, fueron las que registraron la mayor cantidad de brotes vegetativos.

En cuanto a las dos variedades tipo Navel, la mayor intensidad de brotación se registró en febrero. Ambas variedades tuvieron similar brotación en esa época. En julio las dos variedades emitieron similar cantidad de brotes vegetativos. En cambio durante diciembre Atwood Navel registró mayor número de brotes.

En el grupo III que corresponde a otras variedades distintas a Valencias y Navel; Queen y Marrs presentaron los índices más elevados de brotación vegetativa en febrero del 97. Hacia el mes de Junio; las tres variedades (Queen, Marrs y Pineapple) tuvieron un

similar comportamiento, pero en la brotación de Octubre y Diciembre, Marrs y Pineapple emitieron más brotes que Queen.

En la Figura 2 se presentan los flujos vegetativos en los tres grupos de variedades de naranja registrados en 1998.

Al igual que en 1997, en este año se presentaron siete flujos vegetativos. El más importante se presentó durante la segunda quincena de febrero y la primera quincena de marzo; le siguió en importancia la brotación de julio. En fechas posteriores, la actividad de crecimiento vegetativo disminuyó sensiblemente.

Mientras que en las variedades tipo Valencia, la brotación vegetativa de febrero-marzo fue más copiosa en Valencia Cutter, seguida de Valencia Campbell y Valencia Olinda. En el resto del año la brotación fue similar en la mayoría de las variedades excepto Valencia Campbell y Valencia Olinda que en el mes de diciembre fueron las más activas.

En tanto que durante febrero-marzo las variedades tipo Navel presentaron brotaciones vegetativas con diferente intensidad, siendo más prolífica Atwood, en comparación con Lane Late; aunque en la brotación de verano, esta última, brotó con mayor intensidad; y luego en la brotación de diciembre, Atwood registró valores más altos que Lane Late.

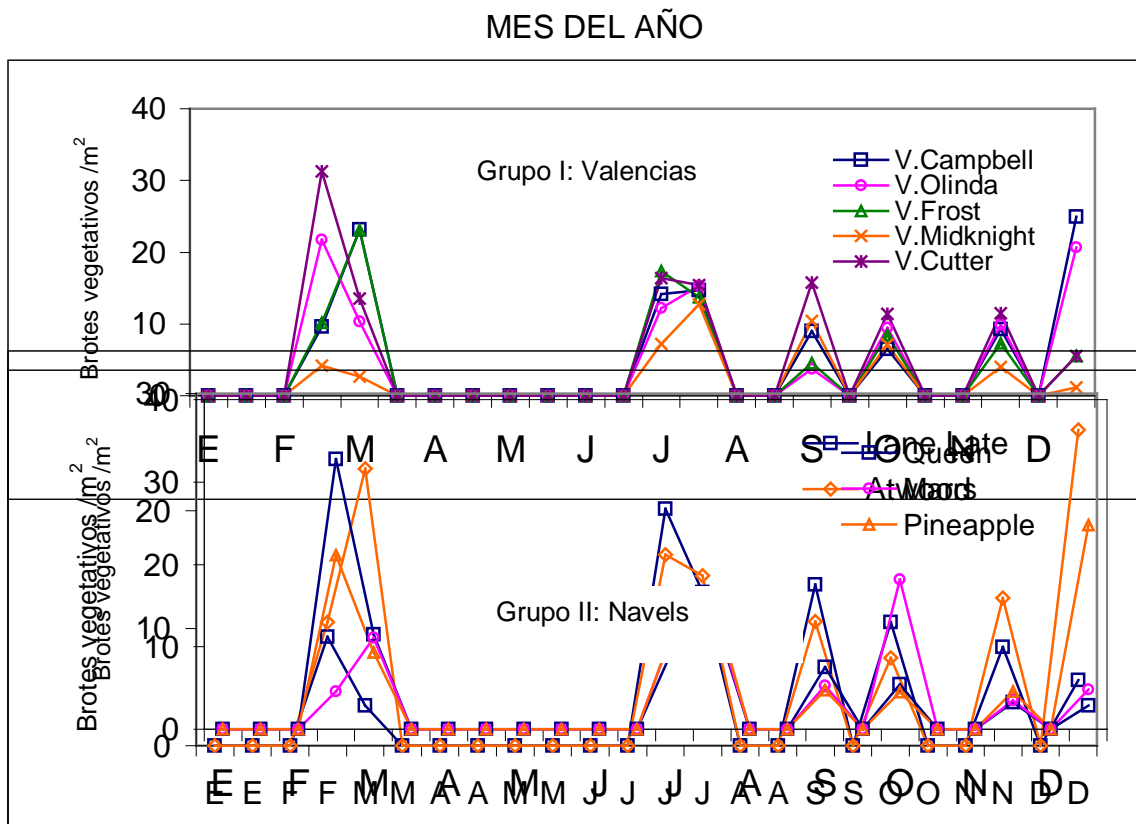


Figura 2 Epocas de brotación vegetativa en diez variedades de naranja y su relación con la temperatura y la precipitación en Colima en 1998.

Con relación al comportamiento de las variedades Queen, Marrs y Pineapple; a diferencia del año anterior, en 1998 Marrs produjo la menor, en tanto que Queen y Pineapple la mayor intensidad de brotación en el período de febrero a marzo. Posteriormente en julio, las tres variedades tuvieron una brotación similar o menor a la primera. En los flujos vegetativos posteriores las variedades Marrs y Pineapple mostraron mayor actividad en octubre y diciembre.

En la Figura 3 se presentan las épocas de la brotación vegetativa registrada durante 1999.

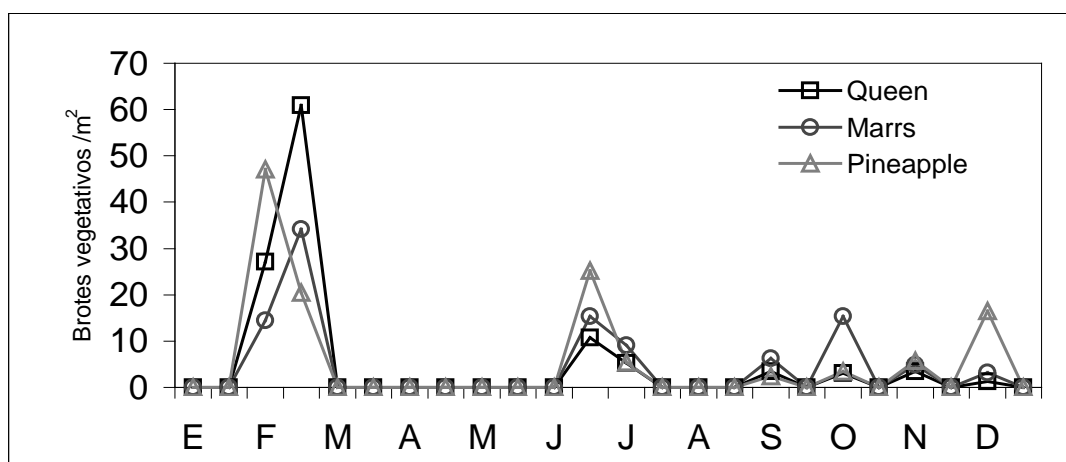
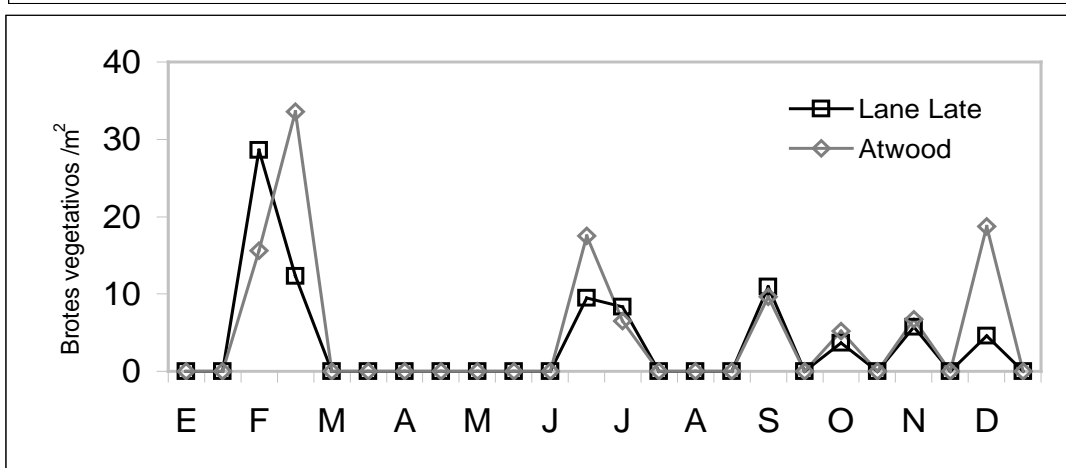
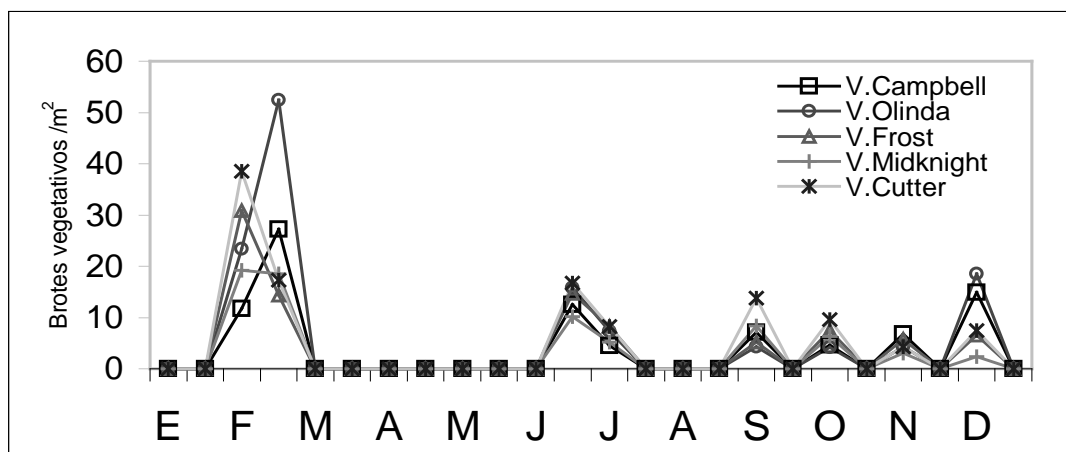
En 1999 se registraron siete brotaciones vegetativas; la primera y más importante se presentó durante todo el mes de febrero y la segunda en importancia ocurrió en el mes de julio.

Las variedades tipo Valencia mostraron una estrecha diferencia entre ellas en el mes de febrero, a excepción de Valencia Olinda que tuvo los valores más altos y Valencia Midnight la cual al igual que en años anteriores presentó el menor número de brotes. En la segunda brotación en importancia ocurrida en el mes de junio las variedades tuvieron un comportamiento similar.

Las variedades tipo Navel registraron una similar intensidad de brotación vegetativa en el mes de febrero; pero para el verano e invierno, Atwood Navel mostró mayor intensidad, en comparación con Lane Late Navel.

En el tercer grupo de variedades, Queen presentó los mayores valores en relación con las otras dos, durante la brotación principal en febrero. En el mes de julio en que inició

la brotación de verano, la variedad Pineapple emitió la mayor cantidad de brotes; en el mes de octubre la brotación más importante fue para la variedad Marrs; en tanto que durante diciembre la variedad Pineapple mostró el mayor número de brotes.



MES DEL AÑO

Grupo I: Valencias

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temp. max (°C)	32.0	35.8	35.3	35.2	38.0	38.6	37.0	37.6	36.5	36.2	36.0	36.2
Temo. Min (°C)	12.9	12.5	14.6	13.3	18.8	21.4	22.2	22.3	20.6	21.9	19.1	17.3
Temp. prom (°C)	22.4	24.1	5.6	24.2	28.4	29.6	30.0	29.9	29.6	29.0	27.5	27.3
Precipitación (mm)						202.7	150.6	191.2	37.6	105	35.3	

Figura 3. Epocas de brotación vegetativa en diez variedades de naranja y su relación con la temperatura y la precipitación en Colima en 1999.

6.1.1.2 Producción anual de brotes vegetativos.

En el Cuadro 1 se presentan la cantidad total de brotes vegetativos producidos por cada variedad durante los tres años de estudio.

Cuadro 1. Producción anual de brotes vegetativos/m² registrados de diez variedades de naranja establecidos en el trópico seco de Colima(1997-1999).

Variedad	1997		1998		1999	
Valencias						
V.Campbell	29.8	D	32.9	C	38.7	F
V.Olinda	33.2	C	31.8	C	75.6	B
V.Frost	54.6	B	33.2	C	44.3	F
V.Midnight	10.3	F	6.1	E	27.5	G
V.Cutter	62.7	A	44.8	A	55.1	D
Navels						
L.L.Navel	22.5	D	12.9	D	40.7	F
A.Navel	29.3	D	33.4	C	48.5	E
Otros						
Queen	45.4	C	43.8	B	87.2	A
Marrs	39.6	C	15.9	D	48.9	D
Pineapple	21.9	D	30.2	C	67.3	C

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey (0.05).

Las brotaciones vegetativas que se presentaron entre las variedades durante los tres años de estudio fueron de distinta magnitud. En 1997, la prueba de medias distinguió seis grupos. La Valencia Cutter fue la que produjo el mayor número de brotes, seguida de Valencia Frost y luego de Valencia Olinda, Queen y Marrs. La variedad Valencia Midnight mostró la más pobre producción de brotes vegetativos.

En 1998 se separaron cinco grupos, volviendo a ser la variedad Valencia Cutter la que mostró la mayor cantidad de brotación, seguida de Queen. Nuevamente Valencia Midnight repitió como la menos productiva.

En tanto que en 1999 se formaron siete grupos. Durante este año correspondió a la variedad Queen alcanzar el más alto valor de brotación. La variedad Valencia Midnight fue la que mostró menos actividad vegetativa.

6.1.2 Brotación floral.

6.1.2.1 Epocas de brotación floral.

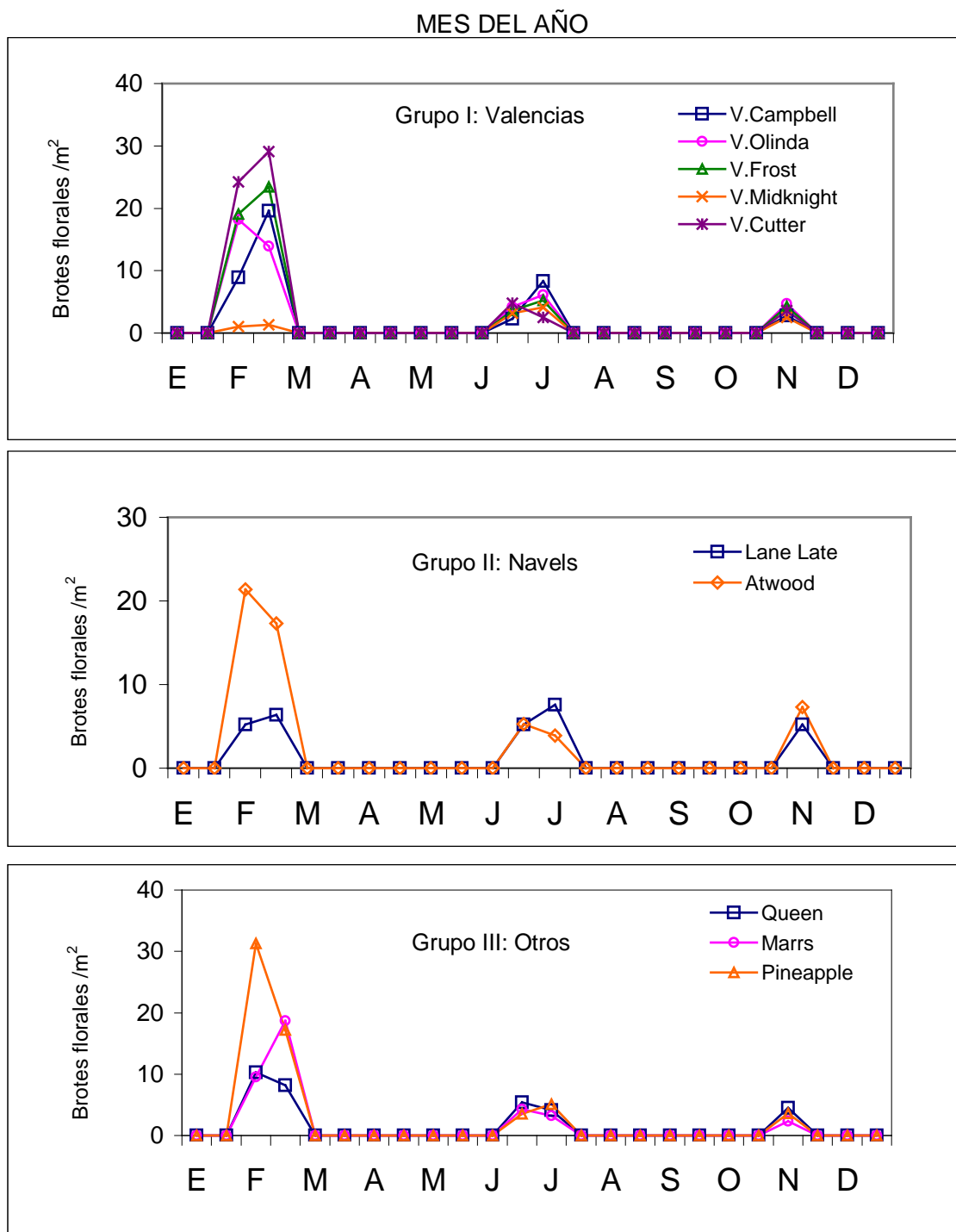
Los resultados respecto a la brotación floral indican que en los tres grupos de variedades se detectaron tres brotaciones florales durante los tres años; estas correspondieron a los meses de febrero – marzo, junio – julio y noviembre – diciembre.

Durante 1997 ocurrieron tres periodos de brotación floral, siendo la brotación de febrero la primera y más importante y se presentó simultáneamente con la mayor brotación vegetativa del año; los otros dos períodos de brotación floral presentaron escasas flores (Figura 4).

Entre las variedades tipo Valencia; la Cutter en 1997 presentó la mayor cantidad de brotes florales en febrero, seguida de Valencia Frost en tanto que Valencia Midnight registro el más bajo número de brotes florales. Durante la brotación floral de junio - julio y noviembre este grupo de variedades mostró mucha similitud en relación con la cantidad de brotes emitidos.

En las variedades tipo Navel se observó claramente que Atwood Navel registró mayor intensidad de floración en febrero que Lane Late; pero durante la brotación floral de verano, Lane Late fue ligeramente más prolífica que Atwood; y en la brotación floral de noviembre, los valores para ambas variedades fueron muy similares.

En el tercer grupo, la variedad Pineapple casi duplicó la producción de brotes florales de Marrs y triplicó la producción de Queen.



	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temp. max (°C)	33.0	34.0	35.3	36.7	36.1	37.4	38.6	36.2	36.5	35.2	37.4	36.2
Temp. min (°C)	12.5	12.6	14.6	15.6	17.5	21.4	22.3	21.4	20.6	21.7	18.4	17.3
Temp. prom (°C)	23.1	23.5	25.6	26.4	28.7	29.6	28.1	30.0	29.6	29.4	29.5	27.3
Precipitación.						70.6	128	181.2	104.7	203	37.3	

Figura 4. Epocas de brotación floral de diez variedades de naranja y su relación con la temperatura y la precipitación en Colima en 1997.

Durante 1998 también se registraron tres periodos de brotación floral. La brotación floral de febrero fué la primera y más importante, y se presentó simultáneamente con la mayor brotación vegetativa del año; los otros dos periodos de brotación floral presentaron escasas flores (Figura 5).

Entre las variedades tipo Valencia; en 1998 la Valencia Cutter presentó el doble de brotes florales en relación a las variedades que mostraron producción media que fueron Valencia Frost y Valencia Campbell, seguidas de Valencia Midnight que registró el más bajo número de brotes florales. Durante junio - julio y noviembre, la brotación floral fue tan pequeña, que no pareció haber diferencia entre las variedades de este grupo en la producción de brotes florales.

Las variedades tipo Navel, tuvieron un comportamiento similar tanto en febrero como en junio, julio y noviembre. Aunque durante el verano Atwood tendió a florecer alrededor de 30 días antes que Lane Late.

Las variedades Queen, Marrs y Pineapple registraron en invierno diferencias, Pineapple y Queen registraron el mayor número de brotes florales que Marrs. En los demás periodos de brotación floral, el comportamiento fue muy similar entre las variedades de este grupo, pero con una intensidad bastante menor que la de febrero-marzo.

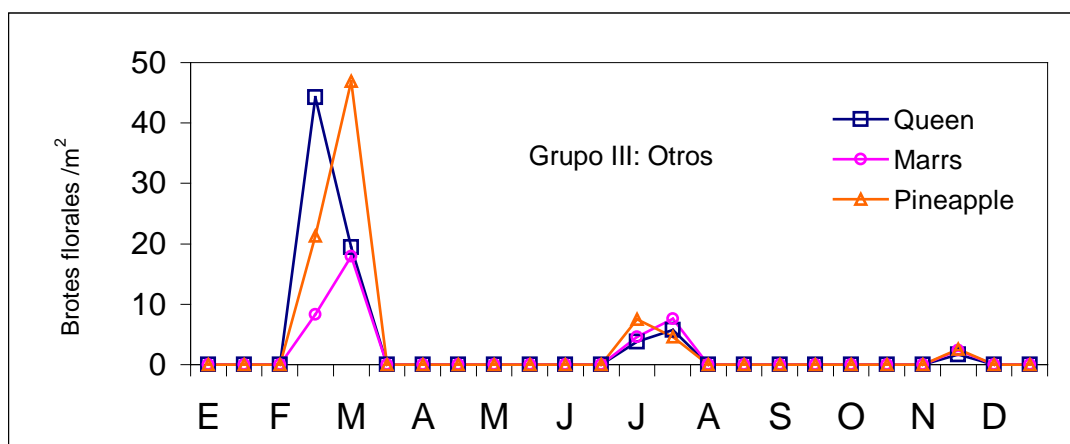
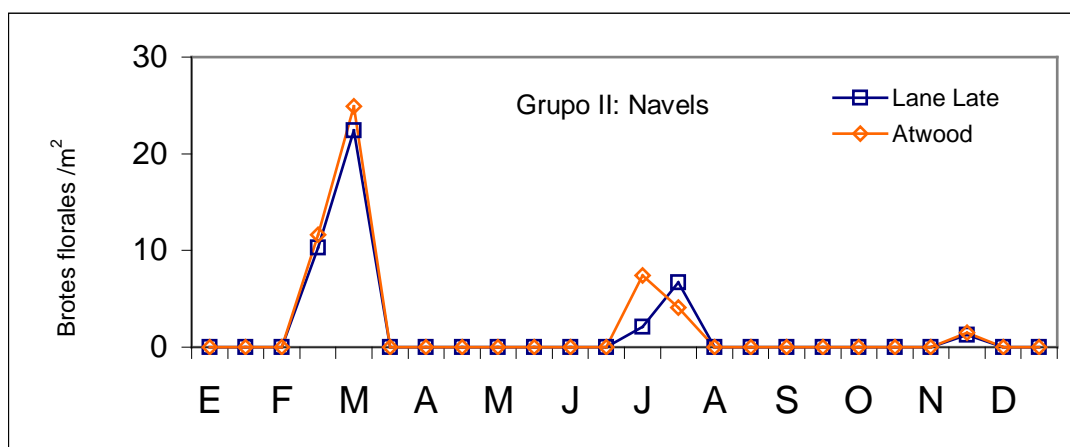
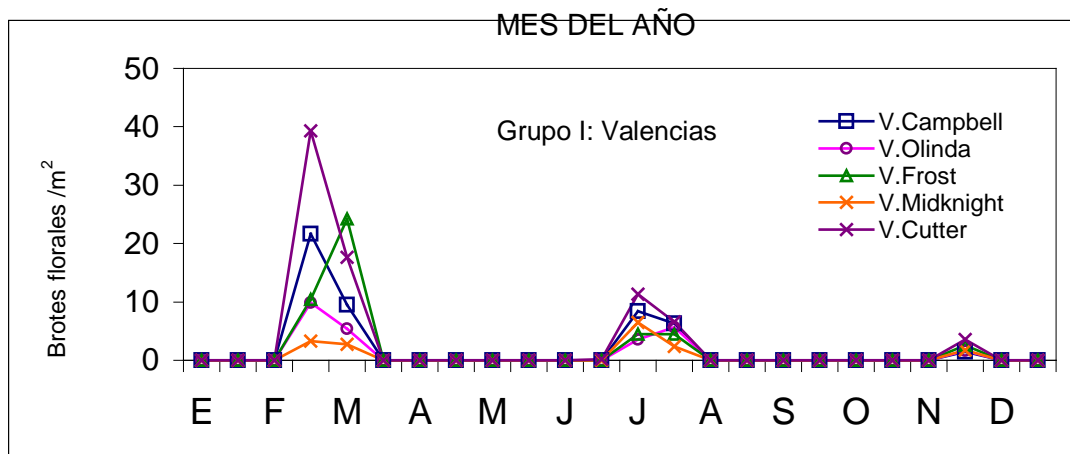
Al igual que en los dos años anteriores en 1999 ocurrieron tres brotaciones florales, la primera y más importante se presentó en febrero-marzo, simultáneamente con la mayor brotación vegetativa; la floración fue muy escasa en junio, julio y noviembre (Figura 6).

En el primer grupo, la Valencia Campbell en 1999 registró los mayores valores de brotación floral en el mes de febrero, seguida por Valencia Cutter y Valencia Frost. La

variedad Valencia Midnight tuvo el menor número de brotes florales en febrero. En las otras dos brotaciones florales hubo una tendencia similar en las cinco variedades.

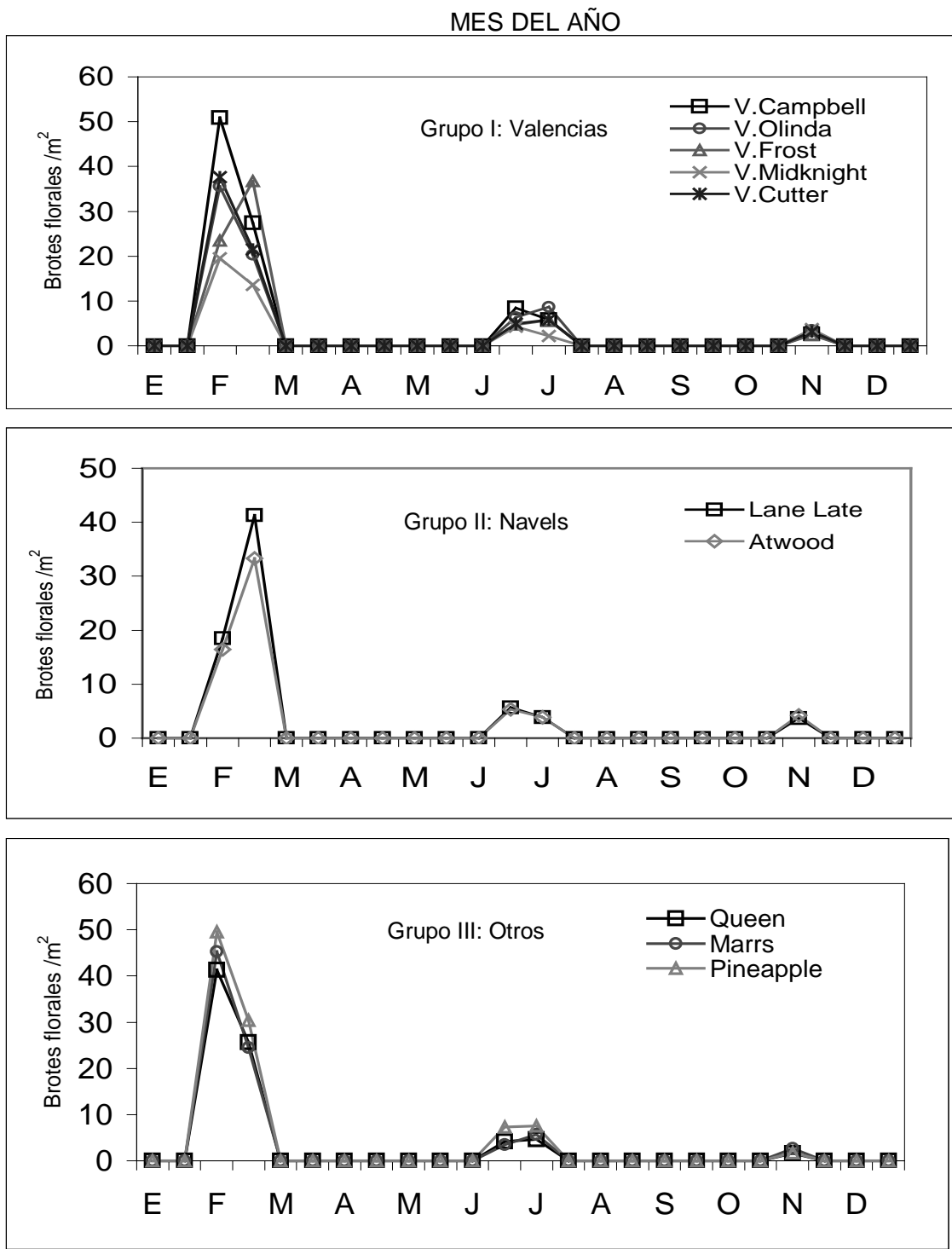
Entre las variedades tipo Navel (Lane Late y Atwood) no se registró diferencia entre valores de brotes florales en el período febrero - marzo, al igual que en la época de julio y noviembre.

Las variedades Queen, Marrs y Pineapple mostraron similar intensidad de brotación floral durante el mes de febrero, y también en la brotación floral de junio-julio y noviembre, aunque estas dos últimas fueron muy incipientes.



	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temp. max (°C)	33.0	34.0	35.3	36.7	36.1	37.4	38.6	36.2	36.5	35.2	37.4	36.2
Temp. min (°C)	12.5	12.6	14.6	15.6	17.5	21.4	22.3	21.4	20.6	21.7	18.4	17.3
Temp. prom (°C)	23.1	23.5	25.6	26.4	28.7	29.6	28.1	30.0	29.6	29.4	29.5	27.3
Precipitación (mm)						70.6	128	181.2	104.7	203	37.3	

Figura 5. Epocas de brotación floral de 10 variedades de naranja y su relación con la temperatura y la precipitación en Colima en 1998.



	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temp. max (°C)	32.0	35.8	35.3	35.2	38.0	38.6	37.0	37.6	36.5	36.2	36.0	36.2

Figura 6. Epocas de brotación floral de 10 variedades de naranja y su relación con la temperatura y la precipitación en Colima en 1999.

6.1.2.2 Producción anual de brotes florales.

En el Cuadro 2 se presentan los promedios de producción anual de brotes florales en las 10 variedades registrados durante los años 1997, 1998 y 1999.

Cuadro 2. Producción anual de brotes florales/m² registrados en diez variedades de naranja establecidos en el trópico seco de Colima (1997-1999).

Variedad	1997		1998		1999	
Valencias						
V.Campbell	25.7	D	30.7	D	77.4	A
V.Olinda	31.1	D	14.2	F	55.2	D
V.Frost	42.5	B	34.7	D	64.6	C
V.Midknight	2.3	G	5.3	G	32.7	G
V.Cutter	53.2	A	56.2	C	58.4	D
Navels						
L.L.Navel	11.2	F	32.4	D	49.8	E
A.Navel	38.6	C	35.6	D	43.3	F
Otros						
Queen	18.4	E	63.4	B	69.5	B
Marrs	27.2	D	25.6	E	71.8	B
Pineapple	48.6	B	67.1	A	79.4	A

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey (0.05).

En el año 1997 al efectuar la comparación entre tratamientos se obtuvo la separación de siete grupos. La variedad Valencia Cutter fue la que tuvo mayor cantidad de brotes florales, seguida de Valencia Frost y Pineapple; entre las tipo Navel, la Atwood presentó más brotes florales que Lane Late. La Valencia Midknight fue la que produjo menor cantidad de flores.

En el año 1998 la prueba de medias separó también siete grupos. En este año, Pineapple y Queen fueron las que produjeron mayor cantidad de flores. A estas, les siguió la variedad Valencia Cutter. Nuevamente la menos productiva fue Midknight.

En el tercer año que correspondió a 1999 la comparación de los valores medios separó del mismo modo siete grupos. En este año la producción de flores en todas las variedades tendió a aumentar en comparación con los años anteriores.

Las variedades, Pineapple y Valencia Campbell fueron las más prolíficas en cuanto a floración, seguidas de Queen y Marrs. Inclusive Valencia Frost, Valencia Olinda y Valencia Cutter en este año mostraron niveles de floración iguales ó superiores a los años anteriores.

Durante los tres años, la variedad Valencia Cutter fue la más consistente en cuanto a la cantidad de brotes florales, mostrando valores muy estables de producción de flores, siempre superior a 50 flores/m² de follaje.

Por otra parte la variedad Pineapple fue la que registró valores de floración que se incrementaron año con año, superando a todas las variedades en los dos últimos años. Valencia Campbell tuvo un comportamiento similar a la Pineapple, aunque la intensidad de floración fue menor en los primeros dos años e igual en el último a Pineapple. Queen fue baja en su primer año, pero en los últimos dos tendió a estabilizarse. Marrs fue baja en 1997 y 1998, pero subió en 1999. Entre las tipo Navel, Atwood fue más estable que Lane Late, aunque ésta superó a la primera en 1999. Entre las valencias, las más erráticas o alternantes para producir flores fueron Valencia Olinda y Valencia Frost. En tanto que Valencia Midnight fue la que menor cantidad de flores produjo en todos los años.

Es necesario aclarar que todas las variedades registraron daños por la enfermedad muerte regresiva de ramas causada por Botrodiploia la cual propició una "secazón" a las ramas (Klotz, 1978). Esta enfermedad afectó más notoriamente a la Valencia Midnight, debido a que le causa daños a la gran mayoría de sus brotes maduros, provocando con esto la escasa brotación vegetativa y floración de esta variedad.

En los meses de febrero y marzo, los árboles produjeron una alta intensidad de floración en los tres años; fenofase estimulada por las bajas temperaturas que se acumularon al bajar la temperatura a partir de noviembre hasta marzo. En las figuras 4,5 y

6 se muestra que las temperaturas mínimas en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, por lo general oscilan entre 12.5 y 15.3° C, lo cual estimula la brotación floral.

De acuerdo con Cassin *et al.* (1981), la floración es el comienzo de la etapa reproductiva y su presencia está relacionada con los cambios en el clima, por lo que se considera un fenómeno ecológico, siendo las bajas temperaturas y las condiciones de humedad del suelo, los factores que mayor influencia ejercen sobre la floración en naranja dulce.

Está documentado (Abbot, 1935; Davenport, 1990 y Lovatt *et al.*, 1980) que se requiere un periodo corto de bajas temperaturas menores a 15°C o una sequía, para que los cítricos transformen sus yemas vegetativas en reproductivas.

González – Sicilia (1968); Schneider (1968) y Agrumec (1968), también establecen que la principal floración es inducida por el reposo invernal y que en ausencia de factores limitantes, se produce de manera abundante entre el final del invierno y en el comienzo de la primavera. Varios autores (Schneider, 1968, Namber, 1931; West y Barnard, 1935 y Randhawa y Dinsa. 1947) citados por Frómeta (1976), consignan que la naranja dulce, después del período de dormancia de invierno o producido por la sequía, las flores se forman sobre el nuevo crecimiento vegetativo que surge de las yemas que se encuentran en las ramas con hojas de los brotes del crecimiento anterior.

La intensidad de la brotación vegetativa y floral sufrió variaciones en el transcurso de los tres años; la mayor intensidad de brotes vegetativos y florales ocurrió en 1999 y la menor brotación vegetativa y floral en 1997. Se señala que las variaciones entre un año y otro, en relación a la brotación vegetativa y floración se deben a cambios en los factores ambientales que afectan éstos procesos; además de los factores internos cíclico del árbol involucrados en el pasado fisiológico y la fructificación de la planta (Moss, 1976).

Durante los tres años de observación de la brotación vegetativa y floral, los mayores valores en todas las variedades se presentaron durante el año de 1999 y la menor intensidad de brotación vegetativa y floral en año 1997. Esto pudiera explicar los mayores rendimientos (ton/ha) que se registraron en el año 1999 en comparación con los registros de producción en los años 1997 y 1998.

De acuerdo con Curti *et al.* (1990), en los trópicos aparentemente de una manera natural, son las temperaturas nocturnas bajas entre los 15°C y los 18°C de noviembre a febrero y las condiciones alternas de sequía y humedad del suelo, las que determinan las floraciones en naranja dulce en Veracruz.

La mayor cantidad de brotes florales que se produjeron durante los tres años en los cultivares Pineapple y Valencia Cutter en cierta manera repercutió en un mayor rendimiento acumulado en estas variedades con relación a las demás.

Para entender el mejor comportamiento de los cultivares Pineapple y Valencia Cutter respecto a la brotación floral, sería conveniente que a futuro se estudien otros factores como son los niveles endógenos de giberelinas durante la etapa de reposo, ya que este regulador del crecimiento inhibe la floración, pudiendo generarse niveles distintos de ácido absícico, los cuales estimulan la floración (Monselise y Halevy, 1964).

La presencia de escasos brotes florales en el verano, es posible que se relacione con los períodos cortos de estrés hídrico que se registran en esa época, y a la fertilización nitrogenada que tiende a estimular el crecimiento de la planta.

Aunque, no hubo un registro y clasificación de los tipos de brotes florales emitidos por cada variedad; en naranja con frecuencia se producen brotes mixtos en verano, que consisten de brotes vegetativos nuevos sobre los cuales aparece una o pocas flores en el ápice del brote. Este comportamiento es típico en el trópico, debido al elevado contenido de giberelinas en la planta durante la época de verano.

En general, no se presentan temperaturas que limiten el crecimiento de la naranja en la región, aunque las bajas temperaturas de diciembre a marzo (<15°C) al parecer son la causa principal de la elevada concentración de flores durante el año; la cual tiende a presentarse con mayor intensidad en los meses de febrero – marzo.

Los resultados de este estudio coinciden parcialmente con los obtenidos por Durón *et al.* (1989), bajo condiciones subtropicales de Sonora, son parcialmente similares a los de este estudio; porque estos autores al evaluar las variedades de naranja Washington Navel, Regional y Valencia tardía en Sonora, observaron dos brotaciones vegetativas en el

año, ocurriendo la primera de febrero a fines de marzo y la segunda en agosto y septiembre. Estos autores observaron que los cultivares de naranja presentaron una floración masiva por única vez en febrero abril; observándose el mayor pico de floración en la segunda quincena de marzo.

En el presente trabajo de Colima, la máxima floración se registró de febrero a marzo. De acuerdo con Davies y Albrigo (1994), las temperaturas medias menores a 20°C durante la floración producen una floración prolongada, mientras que las temperaturas medias de 20 a 30°C, tienden a producir una floración más corta. En Colima, las temperaturas promedio oscila entre 25 y 27°C, lo que sugiere que el comportamiento de la planta cae dentro del segundo caso citado por estos autores.

Jasso (1989), al trabajar con naranja en el trópico de Yucatán, al evaluar el comportamiento vegetativo y floral de este cítrico en el trópico; encontró que la principal brotación vegetativa ocurrió simultáneamente de febrero a marzo, y que además se presentó una segunda brotación vegetativa y una muy escasa floración en junio, después de establecido el temporal, y este autor también registró una tercera brotación vegetativa y floral muy escasa en noviembre.

6.1.3 Fases fenológicas.

Sobre una brotación vegetativa recién emergida, en febrero de 1997 se etiquetaron 100 ramas a las cuales se les dio seguimiento hasta que dieron origen a la floración; de la misma manera, se observaron los brotes con fruto hasta que se llegó a la cosecha.

Se observó que una alta proporción de brotes vegetativos de febrero de 1997, emitieron brotes nuevos en la segunda quincena de julio y posteriormente, una considerable proporción de estos brotes, una vez que maduraron volvieron a brotar nuevamente en octubre del mismo año, otros permanecieron sin mostrar en esta fecha, alguna actividad. Posteriormente la suma de los brotes de octubre y de julio, fueron los responsables de la floración de invierno (febrero-marzo). De esta manera puede establecerse que la brotación vegetativa de verano y otoño contribuyen con el 35-97% de la floración de invierno. Estos porcentajes dependen de la variedad y de las condiciones del clima. La brotación vegetativa de invierno no participa en la floración de la misma época. Por lo tanto las brotaciones vegetativas que se deben proteger para favorecer la floración son las ocurridas de julio a noviembre.

Aunque no se determinó el porcentaje de amarre, se puede observar que en 1997-1998 el cuajado de frutos fue alto, ya que varió del 23% al 94%. Estos valores correspondieron a las variedades Valencia Midnight y Valencia Cutter respectivamente.

Estos valores, indican que de los brotes vegetativos de fines de verano y otoño (octubre 97) entre el 56% y el 97% cuajan al menos un fruto por rama en mayo-junio del año siguiente, lo cual deja claro la importancia que tiene la brotación vegetativa de los periodos señalados.

De acuerdo con estos resultados, las variedades tipo Valencia originaron su floración sobre brotes vegetativos de octubre de 1997, que brotaron de ramas en julio de 1997, que a su vez emergieron de ramas maduras en febrero de 1997 previamente cosechadas en diciembre del año anterior.

Mientras que por su parte, las variedades del Grupoll (Lane Late Navel y Atwood Navel) así como las del Grupo III (Queen, Marrs y Pineapple) originaron la floración en brotes vegetativos de otoño, (octubre 1997) nacidos a su vez sobre brotes nuevos de julio de 1997, que emergieron de ramas en febrero de 1997; las cuales se originaron sobre ramas maduras que tuvieron fruto en octubre del año anterior (Cuadro 3).

Cuadro 3. Secuencia de las fenofases brotación vegetativa, floración y fructificación de 10 variedades de naranja en Colima (1997 – 1998).

Variedad	Brotación Nueva	Ramas con brote nuevo	Brotación vegetativa Octubre (1997)				Ramas Muertas %
	Febrero de 1997 %	Julio de 1997 %	Brotos con flor	Ramas con fruto cuajado	Rama cosechada	Cosecha de frutos	
	Ramas etiquetadas		(Feb-Mar 1998) %	(30May15Jun 1998) %	(Octubre de 1998) %	(Diciembre de 1998) %	
Valencias							
V.Campbell	100	98	96	77	—	64	4
V.Olinda	100	97	98	87	—	62	2

Figura 7. Etapas fenológicas de naranjas tipo Valencia (Campbell, Olinda, Frost, Midkniht, Cutter) y su relación con las temperaturas y la precipitación en Colima.

En las figuras 8 y 9 se presentan las fases fenológicas de las variedades del Grupo II tipo Navel (Lane Late y Atwood) y del Grupo III (Queen, Marrs y Pineapple). La secuencia fonológica fue: brotación vegetativa-floración (octubre 97 – febrero / marzo 98); floración – cuajado de fruto (febrero / marzo – mayo 98); cuajado del fruto – cosecha (mayo – octubre 98). La principal brotación floral ocurrió en febrero – marzo y el desarrollo del fruto entre (mayo – octubre 98).

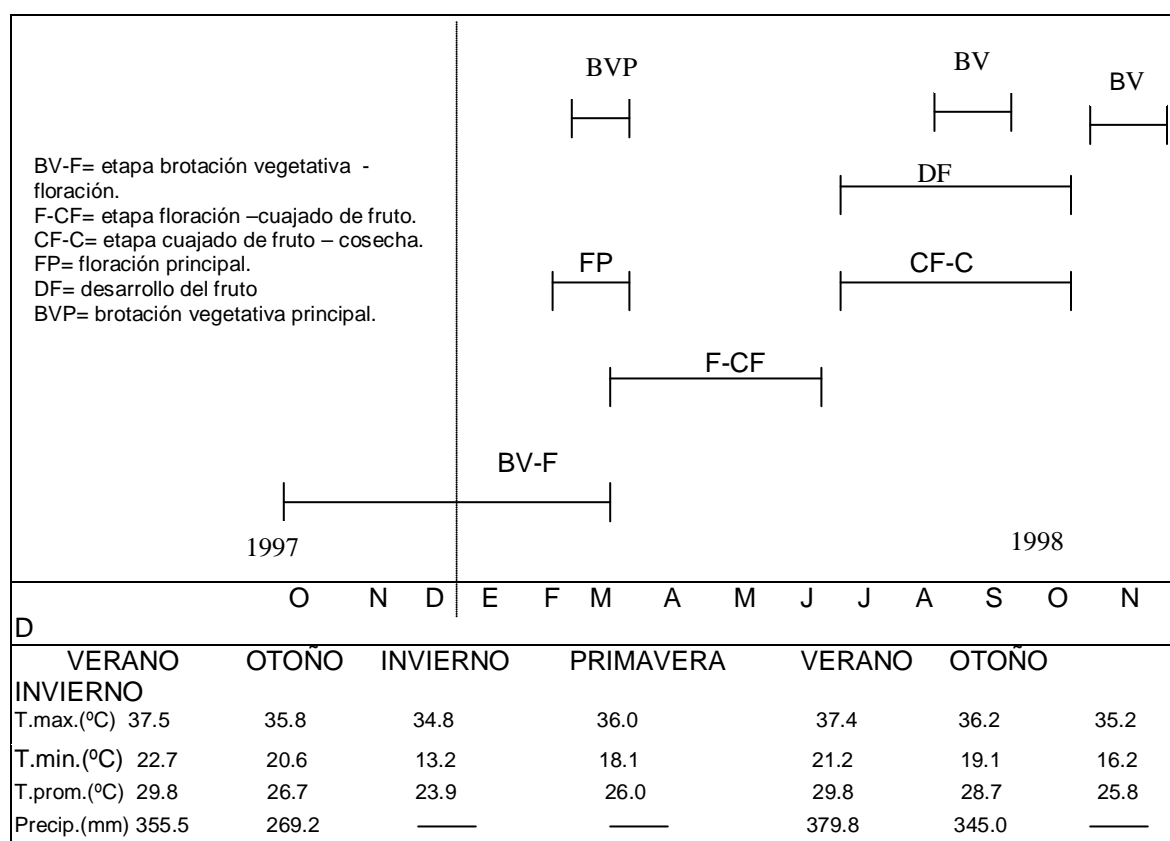


Figura 8. Etapas fenológicas de naranjas tipo Navel (Lane Late y Atwood) y su relación con las temperaturas y la precipitación en Tecomán, Colima.

Para completarse cada una de las etapas fenológicas requirió de diferentes grados día de desarrollo, y una cantidad de días julianos específica para los tres

grupos de variedades. Las etapas se llevaron acabo bajo condiciones diferentes de temperatura y precipitación, según la época del año.

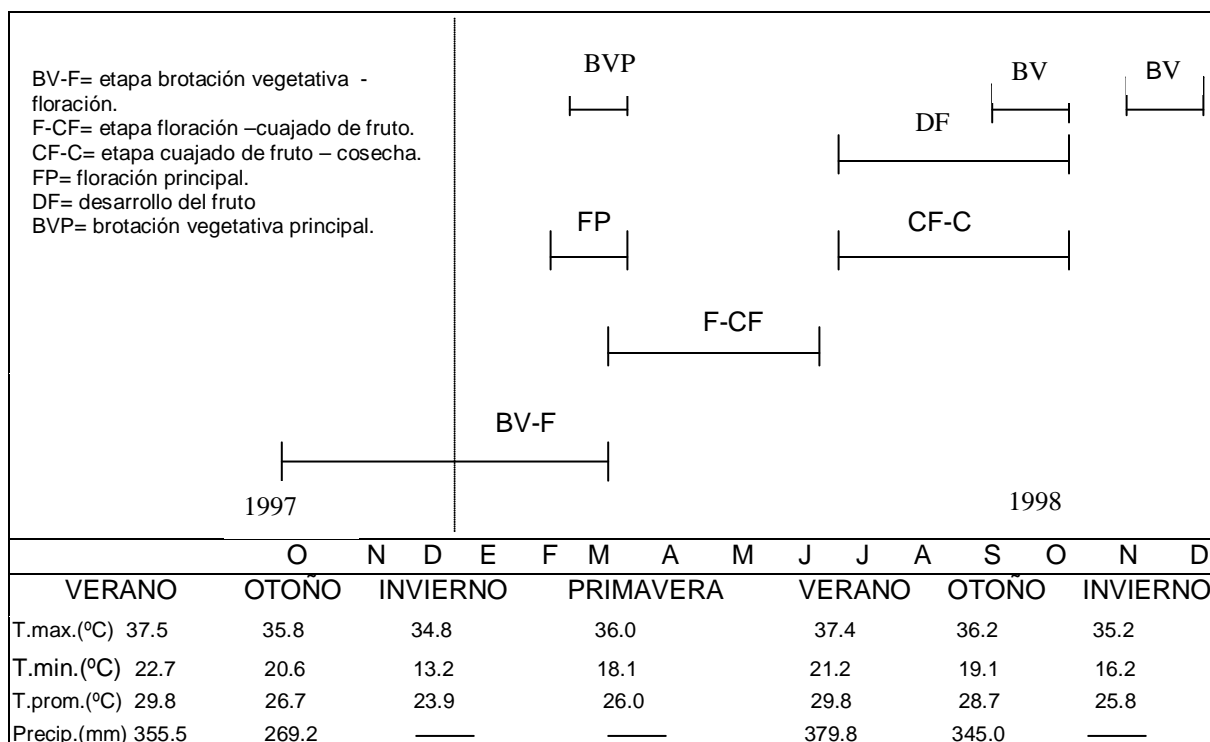


Figura 9. Etapas fenológicas de naranjas (Queen, Marrs, Pineapple) y su relación con las temperaturas y la precipitación en Colima. En la Figura 4 se presentan las fechas de presencia y duración de las distintas fenofases.

Cuadro 4. Fechas y duración de fenofases de la naranja en Colima.

Cultivar	Fenofase	GDD	Días	Fenofase	Días	GDD	Fenofase	GDD	DIAS	DIAS	GDD
	BV - F	Acum.	Acum.	F - CF	Acum.	Acum.	CF - C	Acum.	Acum.	Acum.	Acum.
		BV - F	BV - F		F - CF	F-CF		CF-C	CF - C	F - C	F - C
Valencias											
Campbell	7Oc -1M	1768	146	1M - 15Ju	107	1414	15Ju -10D	2927	178	284	4371

Olinda	7Oc -1M	1768	146	1M - 15Ju	107	1414	15Ju -10D	2927	178	284	4371
Frost	7Oc -1M	1768	146	1M - 15Ju	107	1414	15 Ju - 10D	2927	178	284	4371
Midnight	7Oc -1M	1768	146	1M - 15Ju	107	1414	15Ju - 10D	2927	178	284	3387
Cutter	7Oc -1M	1768	146	1M - 15Ju	107	1414	15Ju -10D	2927	178	284	4371
Navels											
L.L.Navel	7Oc -15F	1619	130	1M - 30Ma	91	1155	30Ma -190c	2232	142	232	3387
A.Navel	7Oc -15F	1619	130	1M - 30Ma	91	1155	30Ma -190c	2232	142	232	3387
Otros											
Queen	7Oc -15F	1619	130	1M - 30Ma	91	1155	30Ma -190c	2232	142	232	3387
Marrs	7Oc -15F	1619	130	1M - 30Ma	91	1155	30Ma -190c	2232	142	232	3387
Pineapple	7Oc -15F	1619	130	1M - 30Ma	91	1155	30Ma -190c	2232	142	232	3387

15F= febrero 98 J= junio 97; M= marzo 98; Ma=mayo 98 Ju= junio 98;Oc= octubre; D= diciembre 98; BV-F= brotación vegetativa a floración.

GDD.Ac.= grado días de desarrollo acumulados; F-CF= floración a cuajado de fruto; CF-C= cuajado de fruto a cosecha; F-C= floración a cosecha.

La etapa fenológica brotación vegetativa-floración en las variedades del grupo I se completó después de transcurrir 146 días y acumularse 1768 unidades calor. Por otra parte, las variedades del grupo II y III; requirieron 1619 unidades calor las cuales se acumularon en 130 días para completar la misma fase fenológica.

La etapa floración-cuajado de fruto, en las variedades del grupo I ocurrió en 107 días sumandose 1414 unidades calor. Entre tanto las variedades del grupo II y III concluyeron esta etapa en 91 días y con 1155 unidades calor.

En relación a la etapa fenológica cuajado de fruto-cosecha, para el grupo I se necesitaron 2927 unidades calor las que se acumularon en 178 días; mientras que para las variedades del grupo II y III se necesitaron 2232 unidades calor acumuladas en 142 días.

Para las variedades del grupo I (Valencias), transcurrieron 284 días en los cuales se acumularon 4371 unidades calor desde la floración hasta la cosecha. Mientras que para las variedades del grupo II (Navel) y del grupo III (Queen, Marrs, Pineapple), transcurrieron 232 días en los cuales se acumularon 3387 unidades calor desde la floración hasta la cosecha.

Goldschmidt y Monselise (1977), consignan que la magnitud de la cosecha está determinada por el potencial de cuajado o amarre de fruto y el potencial desarrollo del fruto más que por el número de flores producidas en el árbol; mientras que García – Martínez *et*

al., (1973) refieren que el cuajado de frutos en naranja, se alcanza cuando los frutos miden 3-4 cm en su diámetro ecuatorial, y después de crecer hasta estas dimensiones el riesgo de caída del fruto es mucho menor.

Agustí *et al.* (1982), establece que el número de frutos cosechados ya que rara vez supera el 5% de las flores producidas, debido a que el cuajado de los frutos constituye una limitante para la productividad y esta fenofase está regulada por efectos inhibitorios competitivos se producen entre los órganos vegetativos y florales.

Los resultados de este trabajo señalan que el cultivar tardío Valencia Cutter y el cultivar temprano Pineapple fueron las variedades con el mayor número de frutos cuajados y al momento de ser cosechados estas mismas variedades también mostraron la mayor producción.

Asimismo estas pudieran ser las razones por las cuales en el año (1998), también el cultivar tardío Valencia Cutter y el cultivar temprano registraron los mayores rendimientos respectivamente.

La variedad tardía Valencia Midnight fue la que presentó el menor cuajado de fruto y de brotes cosechados, porque la mayoría de sus ramas son dañadas por la enfermedad llamada "muerte regresiva".

En este trabajo es posible que las temperaturas bajas menores a 15° C que se presentaron en diciembre de 1997 (15° C), enero (11.8° C), febrero (13.6° C) y marzo de 1998 (14.4° C) estimularon la floración en los brotes vegetativos de las variedades. Esto concuerda con Moss (1969) quien señala que las bajas temperaturas son el principal factor en el control de la floración en naranja dulce, afectando a cualquier brote que ha dejado de crecer y que ha estado expuesto durante varios meses a temperaturas $\leq 15^{\circ}$ C.

Furr y Armstrong (1956), mencionan que en el hemisferio norte, la inducción floral de los cítricos ocurre comúnmente a finales de diciembre y principios de enero, después de haberse presentado 6-12 semanas de temperaturas frescas, suficientes para inducir la dormancia o detención del crecimiento vegetativo y para estimular la floración. En relación con el número de frutos cosechados Goldschmidt y Monselise (1977) y Agustí *et al.* (1982), señalan que los cítricos por regla general florecen abundantemente y en la mayor

parte de los casos, la cuantía de la cosecha viene determinada por el potencial de cuajado y desarrollo de los frutos, más que por el número de flores.

Lysenko (1935) citado por Mc Cloud *et al.* (1964), establece que el crecimiento y desarrollo de una planta no son fenómenos idénticos; de tal forma que el proceso de desarrollo de una planta se compone de estados individuales o fases, y que cada fase no puede iniciarse antes de que se complete la anterior. Así mismo indica que cada fase de desarrollo requiere diferentes condiciones ambientales para completarse. En el presente estudio, es claro que las variedades tempranas, tipo Navel y tardías requieren distintos GDD y días julianos para completar cada una de sus fenofases.

Reuther y Ríos - Castaño (1969), refieren que las naranjas precoces requieren una suma de temperaturas de 3800 a 3900 unidades calor (GDDE) y de 4500 a 4800 unidades calor (GDD) para llegar a la cosecha en condiciones tropicales.

En éste trabajo, todos los cultivares de naranja cosechados en 1998 desde el punto de vista fenológico se comportan como precoces en comparación con el comportamiento de la naranja en el subtrópico; ya que los cultivares Queen, Marrs, Pineapple, Lane Late Navel y Atwood Navel acumularon 3387 unidades calor (GDD) y los cultivares Valencia Frost, Valencia Olinda, Valencia Cutter y Valencia Campbell acumularon hasta su cosecha 4341 unidades calor (GDD).

Las diferencias en el número de GDD entre lo reportado en este trabajo y lo indicado por Reuther y Ríos- Castaño pudiera deberse al distinto método utilizado para calcular las unidades calor.

Bajo las condiciones específicas de éste trabajo y basados en el comportamiento fenológico y época de cosecha respecto al mercado; se podría considerar a las variedades Queen, Marrs, Pineapple Lane Late Navel y Atwood Navel como tempranas; y a las demás variedades como intermedias (Valencia Olinda, Valencia Campbell, Valencia Frost, Valencia Midnight y Valencia Cutter). Estas últimas se cosechan de 2 a 3 meses después de las primeras. Prácticamente no hubo variedades tardías.

Esto permite aclarar lo considerado preliminarmente por otros investigadores los cuales indican que en el trópico, no tiene gran importancia la elección de variedades

precoces o tardías debido a que solo es un mes la diferencia en la cosecha. En este trabajo, se confirma que si hay diferencias entre las variedades tempranas e intermedias, pero que no hay variedades tardías. En el subtrópico, las variedades tempranas se cosechan de noviembre a diciembre, las intermedias de enero a febrero y las tardías de marzo a junio(Durón, 1991).

6.2 Crecimiento del árbol.

6.2.1 Altura de árbol.

En la Figura 10 y Cuadro 5 se presentan los datos sobre altura del árbol. En esta variable las variedades mostraron fuertes diferencias significativas. Consistentemente desde el primer año en 1995 el cultivar Lane Late Navel mostró la mayor altura de árbol.

Muchas otras variedades mostraron altura similar a Lane Late Navel en algunos años, especialmente entre 1996,1997 y 1998. Entre ellas se citan a Queen, Marrs y Valencia Cutter. Sin embargo en los últimos dos años, únicamente Valencia Frost y Valencia Cutter han mostrado a mayor altura la cual fue similar a Lane Late Navel.

De 1995 al año 2000 la tasa de crecimiento anual varió de 26 a 45 cm por

año. La mayor tasa se observó en Valencia Frost, Valencia Cutter y Queen seguidos de Lane Late Navel, Valencia Campbell y Valencia Olinda. Previamente se obtuvo la tasa de crecimiento de los árboles en los primeros tres años, la cual osciló entre 83 y 90 cm/año. Esto sugiere que los árboles al comenzar a producir, reducen sensiblemente su tasa de crecimiento en altura (Figura 10) y (Cuadro 5).

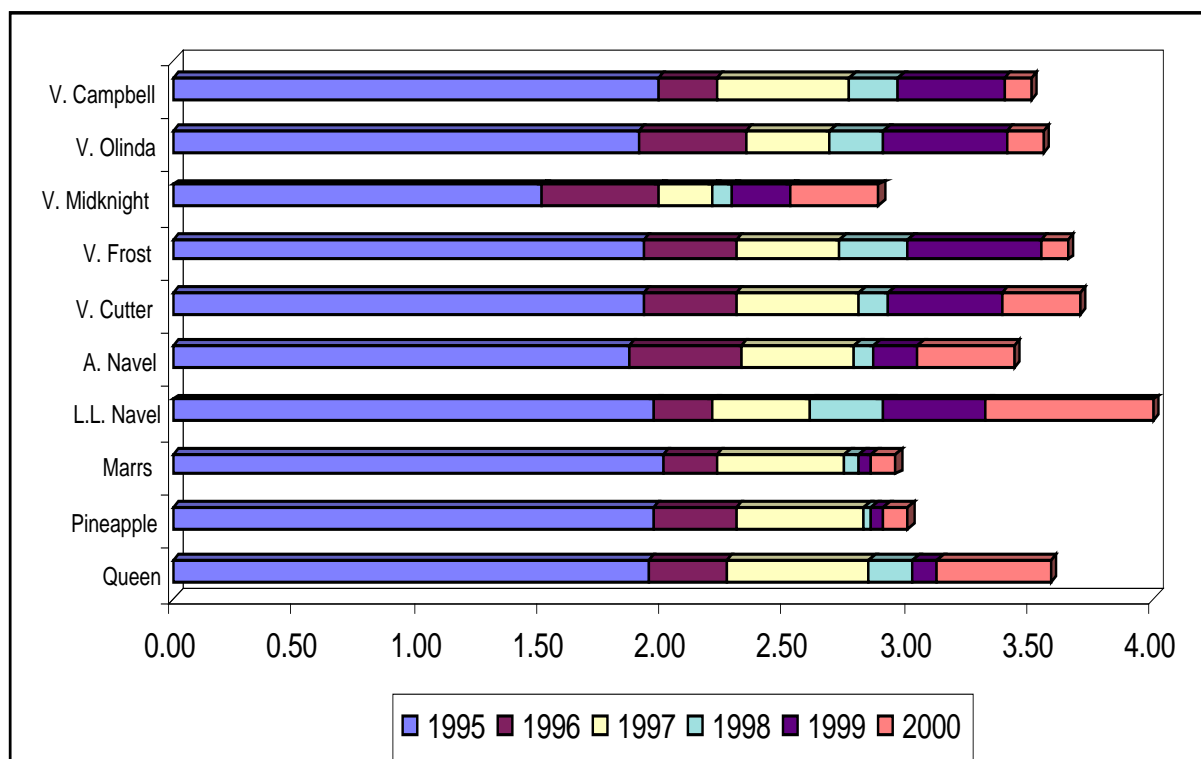


Figura 10. Altura de árbol (m) de diez variedades de naranja en Colima.

Cuadro 5. Altura de árbol (m) de diez variedades de naranja en Colima.

Variedad (92/95)	Tasa crec.						Incremento Total	Tasa crec. anual (cm)	
	1995	1996	1997	1998	1999	2000			
Valencias									
Campbell	86	2.60ABC	3.00A	3.50A	3.60A	4.39ABC	4.65B	2.05	41
Olinda	89	2.68AB	2.65 B	3.42A	3.62A	4.40ABC	4.65B	1.97	39

Frost	84	2.52BCD	2.52 BC	3.44A	3.68A	4.64A	4.75A	2.23	45
Midnight	80	2.40 D	2.40 C	3.00 B	3.10 B	3.88 EF	4.00 D	1.6	32
Cutter	83	2.51 BCD	2.51 BC	3.50A	3.62A	4.57AB	4.70A	2.19	44
Navels									
L.L.Navel	90	2.72A	3.00A	3.40A	3.62A	4.31 BCD	4.80A	2.08	41
A.Navel	82	2.47 CD	2.47 BC	3.60A	3.62A	4.10 DEF	4.4 BC	1.93	58
Otros									
Queen	86	2.58ABC	2.98A	3.58A	3.70A	4.12 CDE	4.70A	2.12	42
Marrs	85	2.56ABCD	3.10A	3.50A	3.60 B	3.82 F	3.90 D	1.34	26
Pineapple	87	2.63ABC	2.63 B	3.52A	3.75A	4.28 CD	4.35 C	1.92	38

Medias con la misma letra son iguales estadísticamente. Tukey (0.05).

6.2.2. Diámetro de copa.

En 1995 y 1996 las variedades presentaron un comportamiento parecido en esta variable, excepto Valencia Midnight que tuvo el menor diámetro de copa. En 1997 la variedad con mayor diámetro de copa fue Lane Late Navel aunque no fue diferente estadísticamente a otras variedades. Durante los tres años siguientes, Lane Late mostró el mayor diámetro de copa, superando estadísticamente a la mayoría de las variedades. La Valencia Midnight a lo largo del experimento registró un diámetro de copa promedio inferior de 1.71 m respecto a la mejor variedad en cada año.

La tasa anual de crecimiento de 1992 a 1995 varió entre 0.43 y 1.40 m; mientras que de 1996 a 2000 fue de 0.26 a 0.68 m, correspondiendo estos valores a las variedades Valencia Midnight y Valencia Frost. Al igual que con la altura total, el diámetro de la copa también presentó incrementos de crecimiento menores en los últimos años a causa de que los árboles destinan mucha energía en la producción de la fruta (Figura 11 y Cuadro 6).

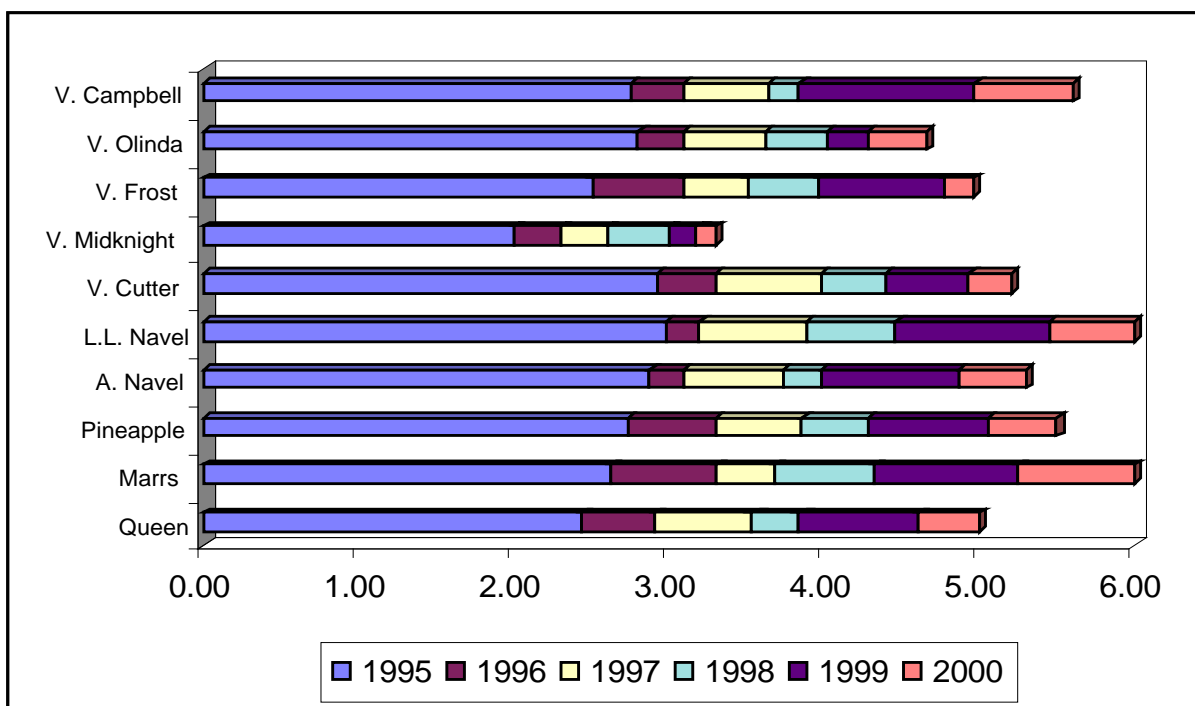


Figura 11. Diámetro de copa (m) oriente – poniente de diez variedades de naranja en Colima.

Cuadro 6. Diámetro de copa (m) oriente - poniente de diez variedades de naranja en Colima.

Variedad	Tasa crec.		Tasa crec.							Inc. total (m)	Tasa crec. anual (cm)
	(92- 95)	1995	1996	1997	1998	1999	2000				
Valwencia											
V.Campbell	1.19	2.76	CD 3.1	B 3.64	ABC 3.84	E 4.97	CD 5.5	D 2.74	0.54		
V.Olinda	1.31	2.80	BC 3.1	B 3.62	ABC 4.02	D 4.28	G 4.7	E 1.90	0.38		
V.Frost	0.93	2.52	EF 3.1	B 3.52	C 3.96	D 4.77	E 5.96	A 3.44	0.68		
V.Midnight	0.43	2.00	G 2.3	D 2.00	D 3.00	F 3.18	H 3.3	F 1.30	0.26		
V.Cutter	1.42	2.92	AB 3.3	A 3.78	ABC 4.40	AB 4.93	D 5.2	C 2.28	0.45		
Navels											
L.L.Navel	1.48	2.98	A 3.2	AB 3.90	A 4.46	A 5.45	A 6.0	A 3.02	0.60		
A.Navel	1.37	2.88	ABC 3.1	B 3.74	ABC 3.93	D 4.87	DE 5.3	C 2.42	0.48		
Otros											
Queen	0.85	2.44	F 2.9	C 3.54	BC 3.84	E 4.64	F 5.0	D 2.56	0.51		
Marrs	1.05	2.62	DE 3.3	A 3.68	AB 4.32	BC 5.25	B 6.0	A 3.38	0.67		
Pinapple	1.25	2.78	BC 3.3	A 3.86	AB 4.28	C 5.05	C 5.5	B 2.72	0.54		

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey (0.05).

6.2.3. Altura de copa.

En 1995 y 1996 las variedades mostraron una altura de copa similar, excepto Valencia Midnight que presentó la menor altura. En 1997 y 1998 la variedad con mayor altura de copa fue Queen, aunque no fue estadísticamente diferente de otras variedades. En 1999 la altura de copa de Queen fue superada por Valencia Campbell, Valencia Olinda y Valencia Frost. Finalmente en el año 2000 la mayor altura de copa se observó en la variedad Lane Late Navel.

La tasa de crecimiento anual de 1992 a 1995 fluctuó en las variedades entre 68 y 76 cm; mientras que de 1996 al 2000, una vez que los árboles comenzaron a producir fruta, la tasa de crecimiento anual disminuyó entre 19 y 40 cm, correspondiendo estos valores a las variedades Marrs y Lane Late Navel (Figura 12) y (Cuadro 7).

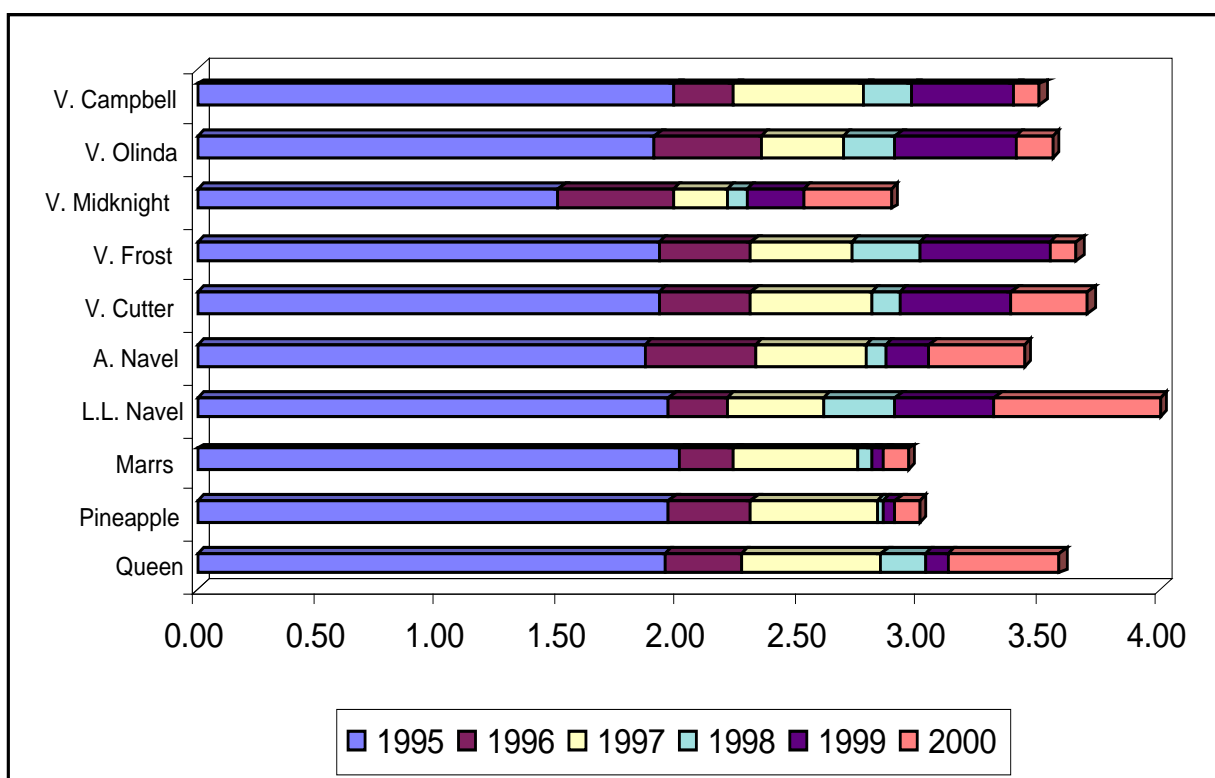


Figura 12. Altura de copa (m) de diez variedades de naranja en Colima.

Cuadro 7. Altura de copa (m) de diez variedades de naranja en Colima.

Variedad	Tasa crec. (92-95)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Inc. total	Tasa crec. anual (cm)
Valencias									
Campbell	0.71	1.98 A	2.21 A	2.76 AB	2.96 AB	3.39 A	3.50 DE	1.52	0.30
Olinda	0.76	1.90 A	2.34 A	2.68 AB	2.90ABC	3.40 A	3.55CDE	1.65	0.33
Frost	0.72	1.92 A	2.30 A	2.72 AB	3.00 AB	3.54 A	3.65 BC	1.73	0.34
Midnight	0.68	1.50 B	1.98 B	2.26 C	2.28 C	2.52 E	2.88 F	1.38	0.27
Cutter	0.71	1.92 A	2.32 A	2.80 AB	2.92ABC	3.38 AB	3.70 B	1.78	0.35
Navels									
L.L.Navel	0.75	1.96 A	2.20 A	2.60 B	2.90ABC	3.31 AB	4.00 A	2.04	0.40
A.Navel	0.70	1.82 A	2.32 A	2.78 AB	2.86 BC	3.04 CD	3.43 E	1.61	0.32
Otros									
Queen	0.76	1.94 A	2.26 A	2.86 A	3.02 A	3.12 BC	3.58BCD	1.64	0.32
Marrs	0.73	2.0 A	2.22 A	2.74 AB	2.80 C	2.85 D	2.95 F	0.95	0.19
Pineapple	0.74	1.96 A	2.30 A	2.82 AB	2.85 BC	2.90 CD	3.00 F	1.04	0.20

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Tukey (0.05).

6.2.4. Volumen de copa.

En los primeros tres años, los árboles con mayor volumen de copa fueron las variedades Lane Late, Valencia Cutter y Pineapple. En los últimos tres, Pineapple y Valencia Cutter redujeron su crecimiento y fueron superadas por Valencia Campbell y Valencia Frost. Únicamente Lane Late mantuvo su elevado volumen de copa. Al observar el incremento de volumen de copa registrado de 1995 al 2000 y al registrar el promedio de la tasa de crecimiento anual de volumen de copa, claramente se notó que Lane Late, Valencia Frost y Valencia Cutter fueron las más vigorosas y con más alta tasa de crecimiento. La variedad Valencia Midnight fue la de menor volumen de copa y más baja tasa de crecimiento anual.

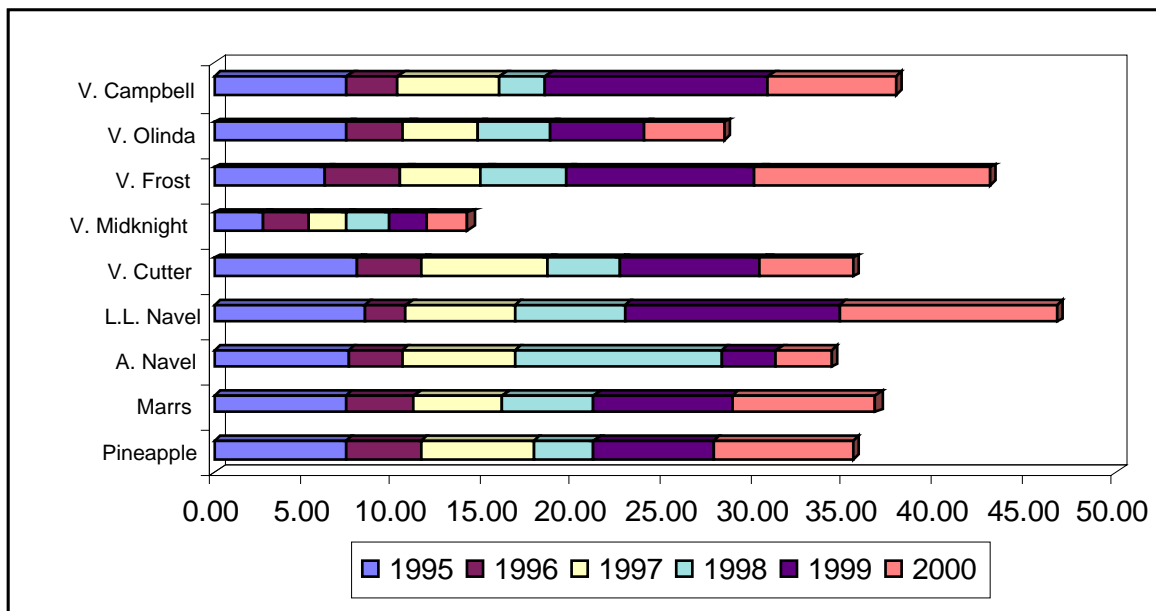


Figura13. Volumen de copa (m³) de diez variedades de naranja en Colima.

Cuadro 8. Volumen de copa efectiva (m³) de diez variedades de naranja en Colima.

Variedad	Tasa crec. (92 -95) (m ³)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	INC. 95 - 2000 (m ³)	Tasa Anual Crec.
Valencias									
Campbell	5.51	7.37	C 10.21	C 15.85	DE 18.36	E 30.74	B 37.82	C 30.45	6.09
Olinda	5.76	7.27	C 10.50	C 15.30	F 19.36	D 24.56	G 29.02	H 21.75	4.35
Frost	3.65	6.11	D 10.34	C 14.82	G 19.50	D 29.98	C 42.97	B 38.86	7.77
Midnight	1.80	2.69	F 5.3	E 7.35	H 9.70	F 11.73	H 14.08	I 11.39	2.27
Cutter	6.37	7.91	B 11.46	A 18.50	A 22.45	B 30.28	BC 35.43	E 37.52	5.50
Navels									
L.L.Navel	6.5	8.34	A 10.66	BC 16.63	C 22.79	B 34.65	A 46.76	A 38.42	7.68
A.Navel	5.66	7.49	C 10.42	C 16.66	C 28.13	A 31.18	B 34.22	F 26.73	5.34
Otros									
Queen	3.16	4.73	E 9.09	D 15.5	EF 18.70	E 25.45	F 32.50	G 27.77	5.55
Marrs	5.06	7.32	C 11.1	AB 16.02	D 21.04	C 28.71	D 36.66	D 29.34	5.86
Pineapple	5.93	7.32	C 11.46	A 17.74	B 21.06	C 27.65	E 35.45	G 28.13	5.62

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey(0.05).

El volumen de copa es una muestra clara del aceptable crecimiento de los cultivares debido a que involucra dos variables importantes, como son; la altura y el diámetro de la copa del árbol (Figura 13) y (Cuadro 8).

Las variedades que han presentado los mayores incrementos anuales en relación con ésta variable son; Lane Late Navel y Valencia Frost con 7.67 m³ y 7.37 m³ respectivamente; mientras que el más bajo fue para Valencia Midnight con 2.27 m³ y el resto de las variedades presentaron valores intermedios entre 4.35 m³ y 0.09 m³.

En base al volumen de copa efectiva, nuevamente se refleja que las variedades más vigorosas no necesariamente son las más productivas y que la tasa de crecimiento disminuye al entrar en producción las variedades, observándose mayor reducción de la tasa de crecimiento en las variedades más productivas.

En el Cuadro 9 se observan los valores que indican el comportamiento de las variedades en relación con los incrementos anuales en la variable volumen de copa.

Cuadro 9. Incrementos promedio anuales de volumen de copa efectiva (m³) de diez variedades de naranja en Colima.

Vareidad	1995	1996	INC	1997	INC	1998	INC	1999	INC	2000	INC	Inc.Prom. Anual. m ³
Valencias												
Campbell	7.37	10.21	2.84	15.85	5.64	18.36	2.51	30.74	12.38	37.82	7.08	6.09
Olinda	7.27	10.50	3.23	15.3	4.8	19.36	4.06	24.56	5.20	29.02	4.46	4.35
Frost	6.11	10.34	4.23	14.82	4.48	19.50	4.68	29.98	10.48	42.97	12.99	7.37
Midnight	2.69	5.34	2.65	7.35	2.01	9.70	2.35	11.73	2.03	15.08	2.35	2.27
Navels												
L.L. Navel	8.34	10.66	2.32	16.23	5.97	22.79	6.16	34.65	11.86	46.76	12.11	7.67
A. Navel	7.49	10.42	2.93	16.66	6.24	21.50	10.52	28.13	6.63	34.22	6.09	6.48
Otros												
Queen	4.73	9.09	4.36	15.56	6.47	19.70	3.14	25.45	6.75	32.50	7.05	5.55
Marrs	7.32	11.1	3.78	16.02	4.92	21.04	5.02	28.71	7.67	36.66	7.95	5.86
Pineapple	7.32	14.46	7.14	17.14	3.28	21.06	3.32	27.65	6.61	32.45	4.8	5.03

6.2.5 Correlación crecimiento-producción.

En el Cuadro 10 se observa que existe correlación entre las variables volumen de copa efectiva y la producción en kilogramos de fruta / árbol. Los valores de correlación para la mayoría de las variedades fué superior a 0.5 excepto para Atwood Navel, Queen y Marrs.

Cuadro 10. Coeficiente de correlación entre las variables volumen efectivo de copa y rendimiento (kg/ árbol) en diez variedades de naranja en Colima en 1997.

Variedad	Coeficiente de correlación (r).
Valencias	
Campbell	0.74 **
Olinda	0.84 **
Frost	0.71 **
Midknigth	0.64 **
V.Cutter	0.72 **
Navels	
L.L.Navel	0.57 **
A.Navel	0.49 **
Queen	0.24 NS
Marrs	0.25 NS
Pineapple	0.87 **

NS = no significativo

** altamente
significativo

En plantas perennes, el crecimiento es afectado por factores exógenos y endógenos. Entre los exógenos destacan las variaciones diarias y estacionales de la temperatura y la radiación solar. Además estas variaciones son afectadas por la disponibilidad de agua y nutrientes. Entre los factores endógenos destacan los procesos de producción y liberación de energía química (fotosíntesis y respiración) y el efecto sinérgico de las fitohormonas (Kozlowski *et al.*, 1991; Salisbury y Ross, 1992; Mohor y Schoffer, 1995).

En el presente estudio, bajo las condiciones de trópico seco las variedades de naranja presentaron diferencias significativas en su crecimiento. En términos generales la mayoría de las variedades se comportaron aceptablemente ya que desarrollaron árboles vigorosos, de tamaño medio a grande, con tendencia al crecimiento vertical y lateral (este – oeste), comportamiento provocado porque dentro de la hilera ya no hubo espacio a partir del quinto año de edad en que se agotaron los cuatro metros entre árbol y árbol. Esto exigió a los árboles crecer hacia donde había más espacio.

La variedad Valencia Midnight presentó serios problemas en su adaptación a las condiciones agroclimáticas de la zona, lo cual se reflejó en un raquítico crecimiento, además de su alta susceptibilidad a la muerte regresiva.

Las condiciones de temperaturas superiores al cero biológico (12.8°C) resultaron un factor favorable la mayor parte del año para el crecimiento activo de los árboles (Cassin., et al. 1969). Las temperaturas promedio de 26 y 27° C y el adecuado manejo del agua a través del riego por microaspersión fueron dos condiciones que estimularon el crecimiento de las plantas en Colima.

No obstante lo anterior, las variedades mostraron diferencias importantes en el crecimiento, lo cual es un indicativo de que algunas encontraron condiciones más favorables que otras.

Padrón *et al.* (1997), al trabajar con árboles de la variedad Marrs de cuatro años de edad en Nuevo León, registró una altura de 2.93 m y un diámetro de copa de 3.0 m. Mientras que en éste estudio, árboles de la misma edad tuvieron valores más altos, con 3.10 m y 3.30 m para la altura del árbol y el diámetro de la copa respectivamente.

De acuerdo con éste estudio, el volumen de copa efectiva no determina el rendimiento, sino que éste se debe a la capacidad de las variedades de emitir brotación abundante, efectivo cuajado y amarre de fruto y un adecuado desarrollo final de la fruta.

El cultivar Pineapple que ocupa el primer lugar en rendimiento acumulada (1996–2000), en cuanto al volumen de copa efectiva se ubica en los últimos lugares (octavo); en tanto que la variedad tardía Valencia Cutter que es segundo en rendimiento acumulado (1996 – 2000) es quinto en volumen de copa efectiva; mientras que la variedad tipo Navel; Lane Late Navel que ocupa uno de los últimos lugares (noveno) en rendimiento acumulado (1996 – 2000), es primero en volumen de copa efectiva.

6.3 Rendimiento.

6.3.1. Toneladas de fruta/ha⁻¹

En el Cuadro 11 se presentan los datos de producción de los diez cultivares estudiados.

La primer cosecha significativa de naranja se realizó en 1996. En ese año la variedad Marrs produjo el mayor rendimiento de todas las variedades, con más de 20 ton/ha⁻¹. El resto de los materiales produjeron entre 10 y 14.8 ton/ha⁻¹ y solamente en la Valencia Midnight se obtuvo la cosecha más baja con 3.8 ton/ha⁻¹. En la segunda cosecha realizada en 1997 sólo dos cultivares, Queen y Pineapple alcanzaron arriba de 20 ton/ha⁻¹. Algunos de los genotipos que dieron una cosecha baja el año anterior 1997 aumentaron su rendimiento, tal como ocurrió en el caso de las variedades Queen, Pineapple y Valencia Frost. Al tercer año de producción, que corresponde a 1998, únicamente Pineapple y Valencia Cutter mostraron cosechas superiores a 20 ton/ha⁻¹. En este año la mayoría de las variedades, entre ellas Queen y Marrs disminuyeron notablemente la producción; en tanto que únicamente los cultivares Valencia Olinda y Valencia Campbell experimentaron una mejora en la producción en relación a 1997.

El cuarto año de cosecha fue cuando la mayoría de los cultivares registraron su máxima producción observada en este estudio. Ese año que correspondió a 1999, fue el séptimo de edad del huerto. Nuevamente el cultivar Pineapple fue el más productivo, seguido de Queen, Marrs y Valencia Cutter.

Estos tres genotipos llegaron a registrar una producción en 1999 superior a 35 ton/ha⁻¹. Finalmente al quinto año de cosecha, y octavo de edad, la cosecha en la mayoría de los cultivares tendió a disminuir excepto en Pineapple que se mantuvo constante con 39 ton/ha⁻¹. Así mismo, las Valencia Olinda, Valencia Frost y Valencia Campbell produjeron cosechas similares al año anterior superando las 20 ton/ha⁻¹.

Consistentemente, todos los años la Valencia Midnight fue menos productiva registrando producciones menores a las 10 ton/ha⁻¹. Al hacer análisis factorial del rendimiento de los cinco años y los diez cultivares para determinar cuales fueron los genotipos más productivos, la variedad Pineapple fue la mejor con 29.3 ton/ha/año. A esta, le siguió Valencia Cutter con 23.4 ton/ha/año y hubo un tercer grupo integrado por Valencia Frost, Marrs y Queen que produjeron 19.3; 19.5 y 18.6 ton/ha/año respectivamente.

Durón *et al.* (1991), en una condición subtropical, reportan que en árboles de treinta años de edad injertados en naranjo agrio de las variedades Regional, Valencia y

Washington Navel se registraron rendimientos de 23 ton/ha⁻¹, 26 ton/ha⁻¹, y 24 ton/ha⁻¹ respectivamente.

En tanto que en este estudio, árboles de dos variedades de naranjo Valencia de menor edad; como son Valencia Frost y Valencia Cutter, produjeron 19.3 y 23.4 ton/ha/año respectivamente. Asimismo las variedades tipo Navel en Colima fueron menos productivas que en Sonora. Sin embargo, hubo otras como, Pineapple que superaron a las Valencias y con producciones más elevadas que las variedades de Sonora.

Estos resultados, revelan el mayor potencial productivo de las variedades de jugo para condiciones tropicales y al poco potencial que tienen las naranjas de mesa que parecen ser más aptas para el subtrópico.

Los rendimientos de las variedades con mayor potencial en este estudio son bastante aceptables, si las comparamos con la producción promedio de árboles adultos de naranjo dulce sobre naranjo agrio en Veracruz es de 10 ton/ha y de la naranja Valencia de Cuba consideradas ambas regiones con características de clima tropical.

Cuadro 11. Rendimiento promedio anual (ton/ha⁻¹/año⁻¹) de diez variedades de naranja en Colima.

Variedad	Año de producción						Promedio/variedad (1996 – 2000)
	1996	1997	1998	1999	2000		
Valencias							
Campbell	10.2	E 9.4	F 14.5	D 24.9	G 20.7 A	15.9	D
Olinda	10.8	E 11.9	E 16.6	C 21.4	I 24.0	C 16.9	D
Frost	13.5 C	18.1	C 16.7	C 25.4	F 23.1	D 19.3	C
Midnight	3.8	F 0.7	G 1.3	H 11.3	J 10.8	J 5.6	G
V.Cutter	14.2	C 15.9	D 26.1 A	35.2	D 25.4	B 23.4	B
Navels							
L.L.Navel	11.2	D 1.9	G 4.2	G 24.4	H 10.1	H 11.6	F
A.Navel	10.0	E 1.4	G 8.4	E 28.9	E 17.7	G 13.3	E
Otros							
Queen	12.8 CD	20.5 B	7.4	F 39.5 B	12.8	I 18.6	C
Marrs	22.8 A	14.7	D 3.6	G 37.2	C 19.1	F 19.5	C
Pineapple	18.8 B	24.3 A	24.2 B	40.0 A	39.1 A	29.3 A	
Promedio/año	12.8 C	11.9 C	12.3 C	28.8 A	20.8 B		

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey (0.05).

A la fecha los árboles cuentan con una edad de ocho años y puede considerarse que se encuentran en la etapa media de su ciclo de vida. Davies y Albrigo (1994), consignan que el tiempo transcurrido para alcanzar cosechas de naranja importantes es menor en zonas tropicales bajas que en las subtropicales húmedas.

Los rendimientos en regiones tropicales alcanzan el máximo entre 10 – 15 años después de plantar el árbol; mientras que los rendimientos en las regiones subtropicales continúan aumentando y alcanzan el máximo rendimiento a los 15 – 20 años, y que en clima mediterráneo los rendimientos aumentan también gradualmente llegando a un máximo a los 20 – 25 años.

Resulta claro que los cultivares promisorios son: Pineapple, Valencia Cutter, Valencia Frost y Marrs por tener un promedio de producción superior a 20 ton/ha⁻¹. Las variedades que no tienen potencial, son Valencia Midnight, Lane Late Navel y Atwood Navel. La literatura refiere que estas variedades tienen mejor comportamiento en el subtrópico por lo que se confirma que no son aptas para el trópico.

La mayoría de los cultivares mostraron rendimientos alternantes con altas y bajas producciones, excepto Valencia Olinda que año con año presentó incrementos en sus rendimientos.

En el período de los cinco años el rendimiento más alto en todos los cultivares se registro en 1999 (Cuadro 11).

Lo anterior pudo deberse a que se conjuntaron condiciones favorables de clima y edad apropiada del árbol, las cuales permitieron la producción de brotes vegetativos, y que favorecieron una floración más intensa en 1999 (Cuadro 2).

En cuanto al clima hay que aclarar que los valores de temperaturas mínima y promedio mensual en 1999 registrados en Colima en los meses previos al inicio de floración, fueron muy semejantes a los registrados en los años anteriores de menor producción. Pero hay que considerar que en éste año, los arboles alcanzaron su nivel de madurez adecuado para responder más fácilmente al estímulo de baja temperatura de invierno y provocar brotaciones florales importantes. Previamente se ha indicado que en el trópico la cosecha de naranja abundante se comienza a registrar a partir de siete – ocho años de edad del huerto. En tanto que en el subtrópico éste tiempo se extiende tres a cinco años más.

Pérez *et al.* (2001), en Colima, al evaluar 16 portainjertos para la naranja Valencia, en suelos calcimórficos, con una edad de 8 años, encontraron que esta

variedad sobre el portainjerto naranjo agrio, registró un rendimiento promedio de 16.5 ton/ha⁻¹ en cinco años de cosecha.

Este trabajo sobre variedades se realizó en el mismo tipo de suelo y a la misma distancia de plantación y con el mismo manejo, y se encontró que las variedades tipo Valencia más promisorias fueron Valencia Cutter y Valencia Frost que produjeron 23.4 y 19.3 ton/ha⁻¹ (Cuadro 11), lo cual resulta ligeramente superior a lo reportado por Pérez *et al.* (2001). Solamente Pineapple produjo cosechas aún más elevadas con 29.2 ton/ha⁻¹ en árboles de ocho años de edad.

6.3.2. Eficiencia productiva.

En el Cuadro 12 se presentan los valores promedio de eficiencia productiva de los árboles en los 10 cultivares de naranja.

La eficiencia productiva (kg de fruta / m³ de copa efectiva) es un parámetro que relaciona la producción de fruta con el volumen de la copa efectiva (0.9 m de la periferia hacia el centro del árbol). La eficiencia productiva refleja la capacidad fotosintética del cultivar y su relación con el ambiente en que se desarrolla. Respecto a ésta variable los cultivares presentaron diferencias anuales importantes en el período de estudio.

Consistentemente la variedad que mostró mayor rendimiento de fruta por cada metro cúbico de follaje producido en el árbol fue el cultivar Pineapple, con una eficiencia que varió entre 3.8 a 4.6 kilogramos de fruta por cada metro cúbico de follaje en la copa.

Le siguieron los cultivares Queen, Valencia Frost, Valencia Cutter que lograron una eficiencia óptima de producción, en los años cuando el volumen de producción registrado fue elevado. Los cultivares menos eficientes para producir fueron: Lane Late Navel y Atwood Navel; así como Queen en los años de baja producción.

Cuadro 12. Eficiencia productiva (kg fruta/m³ de copa) de diez variedades de naranja en Colima.

Variedad	Año de producción					
	1998		1999		2000	
Valencias						
Campbell	2.5	B	2.5	DE	1.7	CD
Olinda	2.7	AB	2.7	CD	2.6	B
Frost	2.7	AB	2.7	CD	1.7	CD
Midnight	0.4	C	3.0	C	2.4	BC
V.Cutter	3.7	A	3.7	B	2.2	BC
Navels						
L.L.Navel	0.5	C	2.2	E	1.1	D
A.Navel	0.9	C	3.4	B	1.6	CD
Otros						
Queen	1.2	C	4.9	A	1.2	D
Marrs	0.5	C	4.1	B	1.6	CD
Pineapple	3.6	A	4.6	A	3.8	A

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey (0.05).

Padrón (1985), registro la eficiencia productiva de tres cultivares de naranjo injertados sobre el naranjo agrio y con una edad de 17 años en General Teherán Nuevo León y obtuvo los siguientes resultados: el cultivar Marrs (4.55kg fruta / m³); Pineapple (4.02 kg fruta /m³); Queen (4.02 kg fruta /m³). Estos rendimientos son mayores respecto a los obtenidos en Colima en los cultivares Queen y Marrs los cuales produjeron 3.2 kg fruta /m³ y 3.1 kg fruta /m³ respectivamente. Mientras que el cultivar Pineapple con 4.30 kg fruta /m³ por árbol fue más eficiente en Colima que en Nuevo León.

Padrón *et al.* (1997), reportaron que en Nuevo León, los árboles de la variedad Marrs sobre naranjo agrio de cinco años de edad plantados a 8x3 m produjeron un rendimiento acumulado de 14.1 ton/ha⁻¹. Este mismo autor encontró que en árboles de once años de edad injertados en naranjo agrio a 8x8 m, la variedad Pineapple tuvo una producción de 253.8 kg/árbol, la variedad Queen 268.5 kg/árbol y la variedad Marrs 146.1 kg/árbol.

Durón *et al.* (1991), trabajando en Hermosillo, Sonora reportan en la Marrs 58.4 kg/árbol y en la variedad Pineapple 86.1 kg/árbol con distancias de 8x4 m.

Al comparar estos resultados con los obtenidos en el presente estudio, se observa un mayor rendimiento tanto para la variedad Pineapple (93.5 kg/árbol) como para la variedad Marrs (64.1 kg/ha) utilizando una distancia de plantación de 8x4 m en árboles de similar edad.

Como se observa, los resultados indican mayor producción por árbol en la región tropical de Tecomán que en el subtropical de Sonora. Pero en la condición subtropical de Nuevo León, el rendimiento por árbol es más alto, posiblemente por la interacción entre la mayor edad de los árboles y la más amplia distancia de plantación con respecto a la que se utilizó en Colima.

6.4 . Epoca de cosecha.

Durante los cinco años hubo diferencias entre las variedades en cuanto a las épocas de cosecha. Se distinguieron hasta 4 meses de diferencia entre los cultivares (Cuadro 13).

Cuadro 13. Epoca de cosecha de diez cultivares de naranja en Colima.

Variedad	Epoca de cosecha (mes) (1996 – 2000)					
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Valencias						
V. Campbel						
V. Olinda						
V. Frost						
V. Midnight						
V. Cutter						
Navels						
L.L.Navel						
A.Navel						
Otros						
Queen						
Marrs						
Pineapple						

Es importante mencionar que los cultivares Queen, Marrs y Pineapple resultan promisorias como cultivares precoces ya que produjeron entre septiembre y octubre. En esta época, escasea la producción de fruta de naranja a nivel nacional, por lo que los precios durante ese período son atractivos para esta fruta. También los cultivares de tipo Valencia (Frost, Campbell y Olinda) podrían ser prometedores, porque se cosechan cuando la naranja de otras entidades comienza a entrar al mercado. Aunque en el trópico se comportan como intermedias competirían con aquellas variedades de regiones subtropicales que iniciaron su entrada en producción. Sin embargo, presentan la desventaja de que la la fruta de esta variedades en el trópico tiene menor calidad que en el subtrópico, lo cual puede incidir en un menor precio en el mercado.

Veracruz, Tamaulipas, Nuevo León y Sonora también producen naranja temprana, pero se estima que la competencia con otros estados en cuanto a volumen de producción no sería tan fuerte debido a la limitada cosecha del subtrópico (25% de la producción nacional).

6.5. Hábito de producción.

En el Cuadro 14 se presentan los datos de la relación de cultivares respecto a su hábito de producción. Los valores en este cuadro se calcularon basados en la fórmula utilizada por (Hoblyn et al., 1936).

Cuadro 14. Hábito de producción de diez variedades de naranja en Colima.

Variedad	Años			
	1996 - 1997	1997 - 1998	1998 - 1999	1999 - 2000
V.Campbell	0.0409 constante	0.2100 levemente alternante	0.2639 levemente alternante	0.0921 constante
V.Olinda	0.0474 constante	0.1645 constante	0.1263 constante	0.0572 constante
V.Frost	0.1452 levemente alternante	0.0421 constante	0.2066 levemente alternante	0.0474 constante
V.Midnight	0.6929 muy alternante	0.3000 constante	0.7939 muy alternante	0.0235 constante
V.Cutter	0.0564 constante	0.2401 levemente alternante	0.1496 constante	0.1617 constante
Navels				
L.L.Navel	0.7105 muy alternante	0.3770 alternante	0.7062 muy alternante	0.2049 levemente alternante
A.Navel	0.7478 muy alternante	0.7055 muy alternante	0.5495 alternante	0.02403 levemente alternante
Otros				
Queen	0.2312	0.4704	0.4043	0.5113

	levemente alternante	alternante	alternante	alternante
Marrs	0.2165	0.6071	0.8308	0.3214
	levemente alternante	muy alternante	muy alternante	alternante
Pineapple	0.1227	0.003	0.2443	0.0012
	constante	constante	levemente alternante	constante

Mientras más cercano esta el valor a la unidad, se considera que son más alternantes. Contrariamente, si los valores son próximos a cero; la variedad es no alternante.

Las variedades que se registraron como no alternantes son: Valencia Olinda, Pineapple y Valencia Cutter. Otro grupo que arrojó valores de poca alternancia estuvo formado por Valencia Frost y Valencia Campbell. Como alternantes se identificaron a Queen, Marrs, Lane Late navel y Atwood Navel.

Estos valores no tienen que ver con el volumen de producción, sino con las variaciones en la producción de un año a otro. Por ejemplo; la Valencia Midnight que fue la menos productiva, se clasificó como poco alternante debido a su poca variación en la producción anual.

6.6. Crecimiento del fruto.

El crecimiento de frutos de naranja se midió al registrar el diámetro ecuatorial del fruto en los diez cultivares bajo estudio. Se observó en todos los casos una curva de crecimiento de tipo sigmoideal que coincide con lo reportado por Bain (1958) y Salisbury y Ross (1994) (Figura 14).

Las variedades Queen, Marrs, Pineapple y las tipo Navel (Lane Late y Atwood) cuajaron sus frutos el 30 de mayo de 1998, transcurriendo 91 días para finalizar la etapa floración-cuajado de fruto; y las variedades tipo Valencia (Campbell, Olinda, Frost, Midnight y Cutter) cuajaron sus frutos el 15 de junio de 1998; transcurriendo 107 días para completar la etapa floración-cuajado de fruto.

Los cultivares presentaron diferencias significativas en la variable diámetro ecuatorial del fruto en el periodo de cinco años 1996 - 2000 (Cuadro 15).

Los frutos con mayor diámetro y por lo tanto los más grandes fueron Lane Late Navel y Marrs. A estos le siguieron Valencia Midnight, Atwood Navel y Queen. Consistentemente las variedades tipo Valencia y también la Pineapple se caracterizaron por desarrollar frutos de menor diámetro que los genotipos anteriores.

Cuadro 15. Comparación de medias del diámetro de fruto (cm) promedio de diez variedades de naranja en Colima (1996-2000).

Variedad	Diámetro	
Valencias		
V. Campbell	7.9	BC
V. Olinda	7.9	BC
V. Frost	7.7	C
V. Midnight	8.9	AB
V. Cutter	7.8	BC
Navels		
L.L. Navel	9.3	A
A. Navel	8.6	ABC
Otros		
Queen	8.5	ABC
Marrs	9.1	A
Pineapple	7.8	BC

Medias con la misma letra son iguales estadísticamente. Tukey (0.05).

6.7 Corelación crecimiento del fruto-unidades calor.

Todos los cultivares mostraron altos y positivos valores de correlación en 1998 entre las variables unidades calor y diámetro ecuatorial del fruto. La mayoría de las variedades tuvieron índices de correlación arriba de 0.9, los cuales además fueron estadísticamente significativos (Cuadro 16).

Cuadro 16. Correlación entre unidades calor y diámetro del fruto diez variedades de naranja en Colima.

Variedad	Diámetro	Unidades calor	Coef.de correlación
Valencias			
V. Campbell	7.9	4371	0.9952 **
V. Olinda	7.9	4371	0.9861 **
V. Frost	7.7	4371	0.9901 **
V. Midnight	8.9	4371	0.9967 **
V. Cutter	7.8	4371	0.9947 **
Navels			
L.L. Navel	9.3	3387	0.9125 **
A. Navel	8.6	3387	0.9887 **
Otros			

Queen	8.5	3387	0.9705 **
Marrs	9.1	3387	0.9826 **
Pineapple	7.8	3387	0.9904 **

** Alta significancia

Los resultados en este trabajo respecto a la correlación son muy similares a los que obtuvo Arias (1988), al determinar la correlación de las mismas variables en Tecomán, Colima en limón mexicano, cuyos valores fueron los siguientes: en la floración de febrero (0.97**), en la floración de abril (0.98**), en la floración de junio (0.99**) y en la floración de septiembre (0.99**).

Los tres grupos de variedades de naranja experimentaron un lento crecimiento del fruto después del amarre. Enseguida el crecimiento fue muy rápido y cerca de la madurez el crecimiento disminuyó (Figura 14).

Sin embargo, en cada una de estas etapas hubo diferencias notables entre grupos. Así a las Valencias les tomó 927 unidades calor (U.C) iniciar el crecimiento rápido (fase II) y 3384 unidades calor para llegar al crecimiento lento, indicativo de que el fruto alcanzó la madurez.

Similarmente el grupo de las Navel les tomó 1153 unidades calor iniciar la fase II y 2880 unidades calor para llegar a la fase III. Finalmente al grupo III les tomó 559 unidades calor iniciar la fase II y 2473 unidades calor llegar a la fase III.

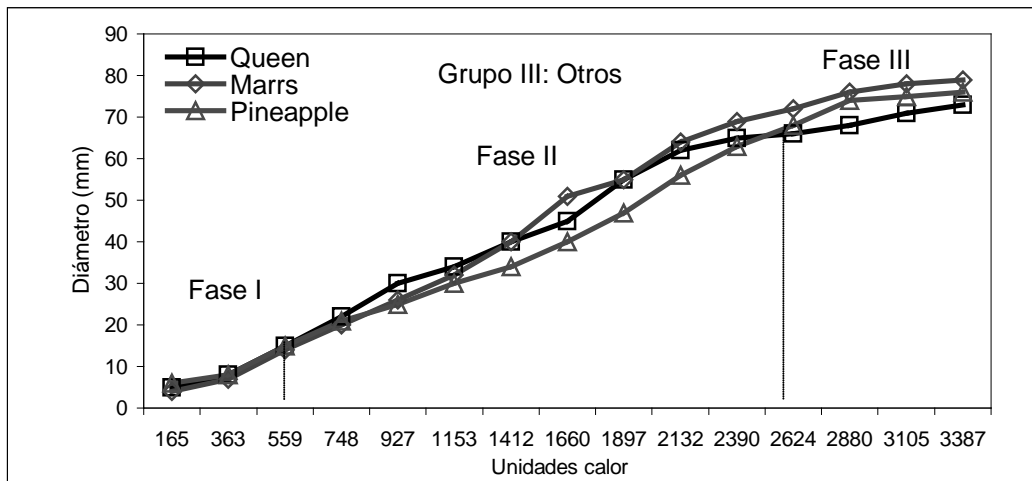
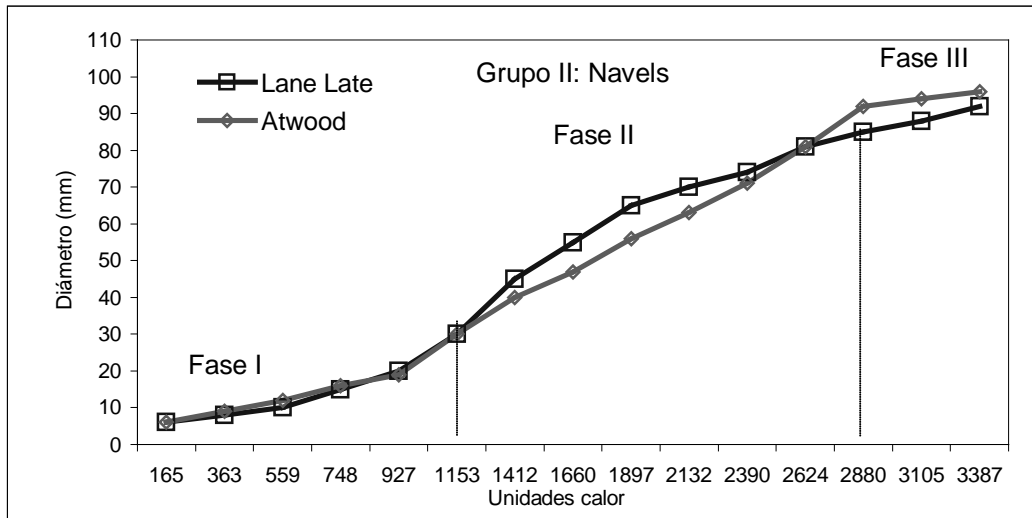
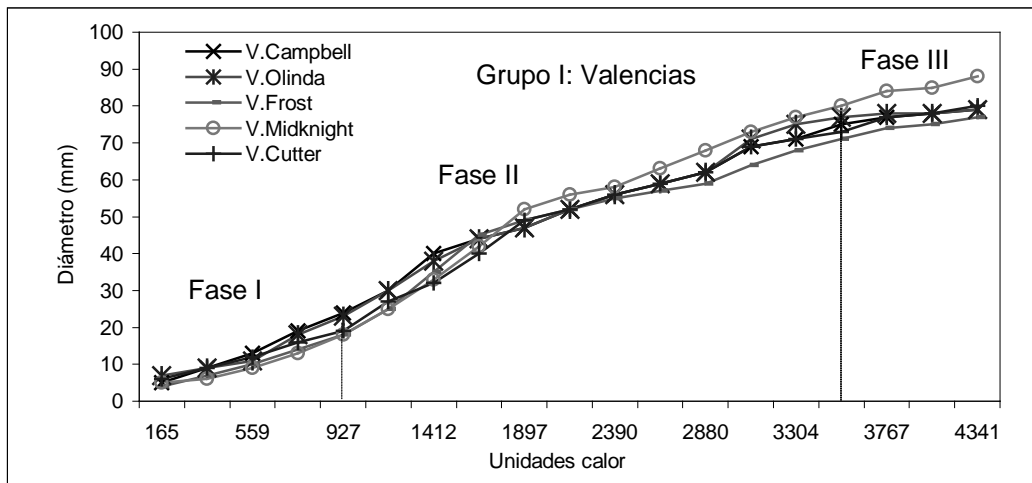


Figura 14. Tasa de crecimiento del diámetro ecuatorial (mm) de fruto de diez variedades de naranja y su relación con unidades calor en Colima en 1998.

Leopold y Scott (1952), indican que la apertura de la flor es la fase crítica de inicio del desarrollo del fruto. Si la polinización ocurrió de manera adecuada, el ovario de la flor inicia su crecimiento el cual es lento al principio. El crecimiento o desarrollo del fruto se inicia con el cuajado, considerándose como el cambio de la situación estática del ovario de la flor, a la condición de rápido crecimiento del fruto joven (paso de la fase I a la fase II del desarrollo).

Por su parte Reuther y Ríos- Castaño (1969), refieren que bajo climas tropicales donde predominan las temperaturas elevadas constantes, el aumento del tamaño del fruto se produce con un ritmo rápido y continuo si Tipo Navel bien regados.

Las naranjas tipo Valencia (Campbell, Frost, Olinda, Midnight, Cutter) alcanzaron su máximo crecimiento el 10 de diciembre; a los 6-7 meses después de la floración, mientras que bajo condiciones subtropicales estos mismos cultivares se cosechan y alcanzan su máximo diámetro ecuatorial entre enero y mayo, es decir de 14-16 meses después de la floración.

Amoros (1995), explica que en las zonas tropicales bajas con una temperatura uniforme elevada, el diámetro y volumen de los frutos cítricos se produce a un rápido y continuo ritmo si los árboles son debidamente regados y agua.

Considerando los resultados de Durón (1996), en el subtrópico de Sonora, los cultivares Marrs y Pieapple alcanzaron diámetros ecuatoriales máximos de 73 mm y 75 mm respectivamente al momento de sus cosechas efectuadas de manera diferente, en noviembre para Marrs y diciembre para Pineapple. Comparando estos resultados con los obtenidos en este trabajo durante 1998 se observó que el cultivar Marrs alcanzó su máximo diámetro 45 días antes que en Sonora y la variedad Pineapple lo alcanzó 75 días antes; confirmandose que en los subtrópicos la fruta se desarrolla más lentamente (Amoros 1995) y Cassin *et al.* (1969). Estos autores indican que en las regiones tropicales se requiere menos tiempo para el crecimiento y la maduración del fruto. Por su parte

Hochberg *et al.* (1977), además de Goell y Cohen (1981), señalan que el incremento del tamaño en el fruto se debe a una mayor acumulación de carbohidratos.

Los cultivares de naranja mostraron diferencias en la tasa de crecimiento diario del diámetro ecuatorial del fruto en 1998 (Cuadro 17).

Cuadro 17. Tasa diaria de crecimiento (mm) del fruto de diez variedades de naranja en Colima.

Variedad	Unidades calor Acumuladas F – C	Días de floración Cosecha	Promedio diario de acumulación de calor	Prom. diario De crecimiento Del fruto (mm)
Valencias				
V.Campbell	4371	284	15.39	0.29
V.Olinda	4371	284	15.39	0.29
V.Frost	4371	284	15.39	0.29
V.Midknight	4371	284	15.39	0.33
V.Cutter	4371	284	15.39	0.29
Navels				
L.L.Navel	3387	232	14.50	0.40
A.Navel	3387	232	14.50	0.37
Otros				
Queen	3387	232	14.50	0.37
Marrs	3387	232	14.50	0.39
Pineapple	3387	232	14.50	0.34

Arias (1988), registró un crecimiento promedio diario de 0.26 mm en frutos de limón mexicano producidos a partir de las floraciones de primavera, verano, otoño e invierno; siendo éste valor inferior a los encontrados en todos los cultivares de naranja.

El máximo diámetro de fruto alcanzado por los cultivares Queen, Marrs, Pineapple, Atwood Navel y Lane Late Navel se presentó al momento de su cosecha efectuada en octubre de 1998 a siete meses de la floración. Mientras que los cultivares Valencia Campbell, Valencia Olinda, Valencia Frost, Valencia Midknight y Valencia Cutter

alcanzaron su máximo diámetro de fruto al momento de su cosecha efectuada en diciembre de 1998 nueve meses después de la floración..

6.8. Calidad fruta.

6.8.1. Calidad interna.

6.8.1.1. Peso de fruto.

En el Cuadro 18 se observan los valores de las variables de la calidad de la fruta en las diez variedades de naranja.

Cuadro 18. Valores promedio de calidad de fruta en diez variedades de naranja en Colima. (1998-2000)

	Peso de fruto (g)		Vol.(%) (jugo/fruto)	SST °Brix(jugo)	Acidez (%) (jugo)	Relación SST/Acidez (jugo)
Valencias						
V.Campbell	263.2	F	51.3 AB	7.9 B	0.95 A	9.1 B C
V.Olinda	264.7	F	52.5 A	8.2 A	0.99 A	8.6 C
V.Frost	247.7	G	50.5 AB	8.5 A	0.97 A	10.4 B
V.Midnight	444.6 A		52.8 A	7.8 B	0.73 A	10.2 B
V.Cutter	271.1	E	54.5 A	8.6 A	0.92 AB	9.7 BC
Navels						
L.L.Navel	419.2 AB		41.9 C	7.5 B	0.53 C	14.7 AB
A.Navel	383.7 C		43.6 C	8.2 A	0.54 C	16.0 A
Otros						
Queen	240.7	G	47.5 B	8.5 A	0.87 AB	10.1 B
Marrs	290.6	D	47.7 B	8.5 A	0.58 C	14.8 AB
Pineapple	218.7	H	46.0 B	8.4 A	0.89 AB	9.7 B C

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey (0.05).

Se observó que el cultivar Valencia Midnight produjo los frutos de mayor peso (444.6 g) y la variedad Pineapple los frutos más pequeños (240.7 g). Las demás se comportaron intermedias entre estos valores. Entre las variedades tipo Valencia, además de la Midnight, también Valencia Cutter, Valencia Campbell y Valencia Olinda dieron origen a frutos de mayor tamaño que la Valencia tardía, la cual en un experimento establecido en el mismo tipo de suelo obtuvo frutos de 230 g de peso (Pérez *et al.*, 2001).

Las variedades tipo Navel produjeron frutos más grandes que la mayoría de las variedades tipo Valencia.

6.8.1.2. Porcentaje de jugo.

En relación al volúmen de jugo los valores indican que las variedades Valencia Cutter, Valencia Midnight y Valencia Olinda presentaron la mayor cantidad de jugo en relación con el peso del fruto, mientras que Lane Late Navel registro el valor más bajo. Consistentemente, la proporción de jugo en las variedades tipo Navel fue menor que en las tipo Valencia, no obstante su mayor tamaño de fruto.

6.8.1.3. Sólidos solubles totales (grados Brix).

La variable SST (grados Brix) registro valores que fluctuaron entre 7.5 y 8.6 los cuales corresponden a Lane Late Navel y a Valencia Cutter respectivamente. Otras variedades tipo Valencia resultaron promisorias por su contenido de SST, como son: Queen, Marrs, Pineapple y Valencia Frost. Entre las Navel, Atwood tuvo mayor contenido de SST.

6.8.1.4 Acidez (A).

Al comparar los valores de acidez entre las diez variedades se observaron diferencias amplias. Los frutos con mayor acidez fueron los de la variedad Valencia Olinda, seguidos de la Valencia Frost y Valencia Cutter; la variedad Marrs presentó una acidez muy baja, similar a las variedades tipo Navel.

6.8.1.5 Índice de madurez (SST/A).

En relación al índice de SST/acidez, se encontró que Marrs , Lane Late Navel y Atwood tuvieron la mayor relación. Las variedades tipo Valencia tuvieron un valor de SST/acidez que varió entre 8.6 (Valencia Olinda) y 10.4 (Valencia Frost).

Estos resultados concuerdan con varios autores en el sentido de que tanto la calidad interna como externa (coloración de la cáscara) son diferentes en los frutos cosechados de árboles en el trópico en comparación con el subtrópico.

Esta diferencia se debe a que durante el crecimiento y maduración de los frutos, las temperaturas y el fotoperiodo son mayores en el trópico que en el subtrópico. Esto provoca un mejor desdoblamiento de los azúcares en el jugo y de las antocianinas en la cáscara en el subtrópico (Albrigo y Davies, 1994).

Se observó también que el crecimiento de los árboles en forma de seto podrían afectar la producción de fruta por árbol, aunque no por hectárea y la dificultad en adquirir un mejor color. El jugo una vez analizado mostró valores bajos de acidez lo que provoca que la fruta sea insípida, pero el índice de madurez de todos los cultivares alcanzó valores aceptados por la Norma Oficial Mexicana (7-9). La adecuada relación SST/AT alcanzada por las variedades ocurrió entre 7 – 10 meses, después de la floración; lo cual es muy común en las zonas tropicales bajas.

VII. CONCLUSIONES

- 1) Las diez variedades de los tres grupos, presentaron la más importante brotación vegetativa, simultáneamente con la brotación floral aunque en diferente tipo de rama, durante el período de invierno (febrero - marzo) debido a las bajas temperaturas.
- 2) Se detectaron diferencias entre las variedades de los tres grupos, con respecto a la intensidad de la brotación vegetativa y floral.
- 3) Se encontró que las variedades del grupo I (Valencias), requirieron 4771 unidades calor para completar las distintas etapas fenológicas. Mientras que las variedades de lo grupo II (Navel) y del grupo III (Queen, Marrs, Pineapple) requirieron 3387 unidades calor para completar las mismas etapas fenológicas.
- 4) Las variedades Pineapple, Queen y Marrs, así como Lane Late Navel y Atwood Navel, se comportaron como tempranos en el trópico, las demás se comportaron como de ciclo intermedio. La primera produjo rendimientos cercanos a 30 ton/ha⁻¹. Entre las Valencias las más promisorias fueron Valencia Cutter y Valencia Frost, que produjeron cerca de 20 ton/ha⁻¹.
- 5) La época de cosecha de las variedades de naranja evaluadas en este experimento, fue más temprana en comparación con las regiones subtropicales, lo cual sugiere que en el trópico seco de Colima es posible anticiparse en el mercado.
- 6) Bajo las condiciones tropicales de este estudio y atendiendo al rendimiento de los cultivares, se identifican como variedades alternantes a Queen, Marrs, Lane Late Navel y Atwood Navel. En tanto que las variedades Valencia Frost, Valencia Campbell y Valencia Midnight son poco alternantes. Se consideran variedades no alternantes Valencia Olinda, Valencia Cutter y Pineapple.
- 7) De acuerdo al rendimiento promedio en Ton/ha⁻¹ en cinco años de evaluación, las variedades más productivas y por tanto recomendables son : Pineapple, Valencia Cutter y Valencia Frost.

- 8) Las diez variedades alcanzan adecuados índices de madurez y una aceptable calidad interna para su consumo. Sin embargo, todas las variedades al madurar mostraron coloración verde o verde amarillo en la cáscara, debido a la falta del estímulo de bajas temperaturas.

VIII. BIBLIOGRAFIA

Abbot, C. 1935. Blossom bud differentiation in Citrus tree. Am. J. Bot. 22: 476 – 485.

Agrumec, A.M. 1968. Institut National de la Recherche Agronomique Rabat 59 –78p.

- Agusti, M. 1982. La alternancia de cosechas en los agríos. Fruticultura profesional. No.8. (20-26 p).
- Albrigo, L.G. 1992. Distribution and consumption consequences for production on marketing of citrus from the American Continent. Proceeding of the International Society of Citriculture.
- Amoros, C.M. 1995. España. Producción de agríos. Ed. Mundi – Prensa. 174 p.
- Anderson, J.A. 1980. Freezing of water in citrus leaves. Journal of the American Society of Horticultural Science. 108. 397 – 400.
- Arias, B.A. 1988. Las brotaciones vegetativas y de floración de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*) en Colima, México. Tesis profesional. Dpto. Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo.
- Arnold, C.Y. 1959. Heat units used in field corn production. Illinois. Res. 13: 6 – 7.
- Ayalón, S and Monselise, S.P. 1960. Flower bud induction and differentiation in the Shamouti orange. Proc. Am. Soc. Hort. Sc. 75: 216 –218.
- Azzi, G. 1943. Ecología agraria. Instituto Cubano del libro. La Habana Cuba.
- Bain, J.M. 1958. Morphological, anatomical and physiological changes in the developing fruit of the Valencia orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck). Australian Journal of Botany 6. 1.24.
- Benacchio, S.S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas de 58 especies de cultivo con potencial de producción en el trópico americano. Fondo Nal. de Inv. Agropecuaria. Centro Nal. de Inv. Agrop. Maracay, Venezuela. 202p.
- Bidwell, R.G. 1979. Fisiología vegetal. 2a. ed. AGT. México. 784 p.

- Boollar, G.E. 1970. The physiology and nutrition of developing fruits. En " The biochemistry of fruits and their products". A.C. hulme. Vol. I. Academic Press. London and New York. Pag. 387- 425.
- Burgos, J.J. 1958. Agriclimate classification and representations. Comision for Agricultural Meteorology. Warsawa. Poland.
- Calles, S.E.E.1995. La citricultura en México. Memorias curso internacional sobre manejo de huertos de cítricos. Montemorelos N.L. SAGAR.INIFAP.CIRNE.
- Carlson, J.D and S.H.Gage.1989. Influence of temperature upon crop and insect pest phenologies for field corn and the roel of planting date upon their interrelationships. Agric. For. Meteorology., 45: 313 – 324.
- Carpena, O. et al. 1973. Estudio de la dinámica del crecimiento del limón en el ssureste español. An. Ed. Agrob. 32 927-935.
- Cassin, J.J., Boudaut; A.V.Flougne; J.P.Coillar; J.Le Bourdelles; G.Montaugut and C.Morenil. 1969. The influence of climate upon the blooming of citrus in tropical areas. Porc. First. Int. Cit. Symp. 1: 315 –324.
- Cassin, et al. 1981. Principaus Resultats concernat l etude de la fertilisation du clementinier en corse. Fruits, 33 (12): 819-821.
- Coletto, M.J.M 1989. Crecimiento y desarrollo de las especies frutales. España. Ed.Mundi – Prensa. 139 p. (109 – 111p).
- Coombe, B.G. 1976. The development of fleshy fruits. Ann. Rev. Plant Physiol. 27: 207-228.
- Cotolo, A. et al. 1973. Estudio de las necesidades nutritivas del naranjo. II. Evolución del contenido en macroelementos y diversas formas de los mismos en hojas y frutos de Washington navel y valencia late, a lo largo del año. Rev.Agroquim. tecnol. Aliment. 13 (3): 401-415.

- Covell, S., R.H.Ellis, E.H. Roberts and R.J. Summerfield.1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. I. Comparison of chickpea, lentil, soybean and cowpea at constant temperatures. *J.Exp. Botany* 37: 705 – 715.
- Curti, D.S., R.A.Parra y Monsqueda V.R. 1990. Sistemas de producción en cítricos. Tercera reunión anual del CIFAP. Veracruz. INIFAP. 69 - 74 p.
- Davenport, T.L. 1990. Citrus flowering. In: Janick. J. (ed). *Horticultural Reviews*. Timber. Press. Portland, Oregón. 349 – 408 p.
- Davies, F.S and L.G. Albrigo. 1994. Citrus. *Crop. Production Science in Horticulture*. CAB International. Great Britain. 254p.
- De la Cruz, S.J.M. 1991. Zonificación agroecológica del naranjo (*Citrus sinensis* L. Osbeck) en la Huasteca Veracruzana. *Memorias sobre producción en cítricos*. UACH. PIISCI.
- Del Valle, V.N. 1974. Desarrollo y maduración del fruto en diferentes especies del género citrus. *Centro Agrícola I* (1) 35-63.
- Díaz, M.D.H. 1980. Notas de clases de la materia “Fisiología de los árboles frutales”. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- Durón, N.L.J. 1989. Memoria III Congreso Nacional Soc. Méx. Ciencias Horticolas.
- Ekimov, V.P. 1955. *Subtropicheskoe Prodovodstvo*. Ed. Seljozgis. 17 – 47, 234 – 237.
- Ellis, R.H., S.Covell. E.H. Roberts and R.J. Summerfield. 1987. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. II. Intraespecific variation in chickpea at constant temperatures. *J. Exp. Botany* 37: 1503 – 1515.
- Elías, C.F. y Castellví, S.F. 1996. *Agrometeorología*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Mundi – Prensa, España.
- Erickson, L.C. 1968. *The citrus industry*. Vol. IV. Cap.2. The general physiology of citrus. University of California. Berkeley California. 89 – 116p.

- Frómeta, M.E. 1976. Fases fenológicas en lo cítricos. Centro de información y documentación agropecuaria. INRA. La Habana. Boletín de reseñas. (87p).
- Fry, K.E. 1983. Heat unit calculation in cotton crop and insect model. Advances in agricultural technology AAT – W –23 February. Agricultural Research Service. USDA. Oakland California.
- Furr, J.R. y Armstrong. 1956. Flower induction in the Marsh grapefruit in the Coachella Valley, California. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 67: 176-182.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM.7 – 89p.
- García, L.A. 1981. Limitaciones en el uso de reguladores del desarrollo en agricultura. En: Fisiología vegetal 85. Univ. Politecnica Valencia. 171 – 186.
- Goell, A. and Cohen, A. 1981. Combining irrigation regimes with girdling techniques in citrus trees (A neww experimental mode). Proc. Int. Soc, Citriculture, Vol. 2: 514-518.
- Goldschmidt, E.E and Monselise, S.P. 1977. Physiological a ssumptions toward the development of a citrus fruiting model.
- Gómez, C.M.A., Schwentesius, R.R., Barrera,G.A. 1994. La naranja de México y su industria. SARH. UCh. CIESTAAM. 152p.
- González – Sicilia, E. 1968. El cultivo de los agrios. Ed. Bello. Valencia España.
- González, L.M. 1989. Efecto del déficit hídrico sobre algunos aspectos fisiológicos y del desarrollo en guayabo. Tesis de Maestría. Centro de Fruticultura. C.P. Chapingo, México 83 p.

- Guardiola, J. L. Monerri, C. and Agusti, M. 1982. The inhibitory effect of gibberellic acid on flowering in citrus. *Physiol. Plant*, 62: 297 – 307.
- Harding, P.L; Winston, J.R. and Fisher, D.E. 1940. Seasonal changes in Florida oranges. USDA. Technical Bulletin. No. 753. Washington. D.C.
- Hinojosa, C.G.A. Fenología. Boletín técnico No.3 Dpto. de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo.
- Hodges, T. and P.C. Doraiswamy. 1979. Crop. Phenology literature review for corn, soybean, wheat, barley, sorghum, rice, cotton and sunflower. AGRISTARS Technical Report. Lockheed Electronics Co. Inc. 1830. NASA Road 1. Houston Texas 77058.
- Hall, A.E. 1977. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102: 261 – 263 p.
- INIFAP 1998. Los cítricos en México.
- Jackson, L.K. and Sauls, J. 1983. The sweet orange. Fruit crops fact sheet No.25. University of Florida.
- Jasso, A.J. 1989. Producción de cítricos. Memoria III Congreso Nacional Soc. Mexicana de Ciencias Hortícolas.
- Kozlowski, G and Palardy, S.G. 1991. The Physiological ecology. Univ. of California. San Diego. 657 pp.
- Kreezdom, A.H. 1987. El comportamiento de los cítricos en áreas tropicales. Memoria del Seminario de Citricultura. Mérida, Yucatán. México.
- Loepold, A.C. 1952. Plant growth and development. Mc. Graw Hill Book Co. New York.

- Lord, E.M. and Eckard, M.J. 1985. Shoot development in *Citrus sinensis* L. (Washington Navel orange) I. Floral and inflorescence ontogeny. *Botanical Gazette* 146, 320 – 326.
- _____ 1987. Shoot development in (*Citrus sinensis* L.Osbeck) (Washington Navel orange) II. Acceleration of development fate of flowering shoots after GA₃ treatment. *Botanical Gazette* 148 (17 – 22 p.)
- Lovatt, C.J. Streeter, S.M. Minter, T.C O'Connell, N.V., Flaherty, D.L., Freeman, M.W and Goodall, P.B. 1980. Phenology of flowering Navel orange. *Proceeding of the International Society of Citriculture*. I 186 – 190 p.
- Medina, U.V.M. 1984. Fenología del limón mexicano. Memoria del II Simposio sobre la agroindustria del limón mexicano. INIA – CAETECO.
- Mc. Cloud, D.E Bula, R.J. and Shaw R.H. 1964. Field Plant Physiology. *Advances in Agronomy Vol I*: 1 – 58.
- Morin, Ch. 1985. Cultivo de cítricos. Serie de Libros y Materiales Educativos. IICA. No. 39 607 p.
- Mendel, K. 1968. The influence of temperature and light on the vegetative development of citrus trees. *Proceedings of the International Citrus Symposium*. I, 259 – 265 p.
- Miller, B.C., E.S. Oplinger., R. Rand., Peters and G. Weis. 1984. Effect of planting date and plant populations on sunflower performance. *Agron. J.* 76: 511 – 515.
- Mohamed, H.A., J.A Clark. 1988. Genotypic differences in the temperature responses of tropical crops. I. Germination characteristics of groundnut and pearl millet. *J. Exp. Botany*. 39: 1121 – 1128 p.
- Monselise, S.P. and Halevy, A-H 1964. Chemical inhibition and promotion of citrus flower bud induction. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* 84: 141 – 146 p.

- Moss, G.I. 1976. Temperature effects of flower initiation in swrrt orange. Aust. J. Agric. Res. 27: 399 – 407 p.
- _____ 1969. Influence of temperature and photoperiod on flower induction and inflorescence development in sweet orange. J.Hort. Sci. 44: 311 – 320p.
- _____ 1979. Chemical control of flower initiation in sweet orange. J. Agric. Res. 21: 233 – 242 p.
- Neild, R.E. and M.W.Seely 1977. Applications of growing degree days in field corn production. In: Agrometeorology of the maize crop. Wmo No. 481p. 426 – 436. Geneva Switzerland.
- Nogueira, A.P and Franco, L.C. 1992. Contribution to the study of phenology and biology of sweet orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) in Portugal Proc. Int. Soc. Citriculture. 443 – 447.
- Nuñez, H.G; Martinez, PR; Del Toro, M.A; Vizcaino, G.A.1994. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el desarrollo de Colima. Distrito de Desarrollo Rural 001. Colima, Colima. SARH. INIFAP.CIPAC.
- Olivares, Saenz. F. 1989. Paquete de diseños experimentales FAVANL. Versión 1.4 Facultad de Agronomía. UANL.
- Orchard, T.J. 1976. The constant temperature equivalent. Scientia Hort. 4: 29 – 307 p.
- Orozco N,P y K. El análisis foliar, la producción y la calidad de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Christm. Swingle). Tesis de Maestría. C.P. Universidad Autónoma de Chapingo., R.J. 1979. México. Estudio sobre las relaciones entre la fertilización con
- Orozco, S.M. 1991. Enfermedades de los cítricos en México. Memorias sobre sistemas de producción en cítricos. Universidad Autónoma de Chapingo. PIISCI.

- Padrón, Ch. J.E., Vazquez. O.L. Ibarra, R.M.A., Treviño, C.G., Sánchez, S.J., Peña del Río, M.A 1985. Sistemas de producción en cítricos en Nuevo León. Memorias sobre sistemas de producción en cítricos. Universidad Chapingo. PIISCI.
- Pérez, Z.O.; Medina U.V.M; Becerra, R.S 2001. Crecimiento y rendimiento de naranjo Valencia injertada en 16 portainjertos de cítricos establecidos en suelo calcimórfico y calidad de jugo. INIFAP. Campo Experimental Tecomán.
- Pimienta, B.E.; C. Robles; M. P.S. Nobel; F.M.Huerta y A.Dominguez. T. 1996. Ecofisiología y productividad del pitayo (*Stenocereus queretaroensis* (Weber) Baxbaun).
- Primo, M.E. et al. 1977. Productividad de la variedad de naranjo navelate I. Factores que afectan la fructificación. An. Inst. Nac. Inv. Agr. 7: 163-182.
- Ramírez, D.J.M. 1983. Memorias sobre sistemas de producción en Cñitricos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Reuther, W. 1973. Clasification of citrus. Proc. Firts. Int. Citrus Symp. U.I. 429 – 434 p.
- Robertson, G. W. 1983. Weather – based mathematical models for estimating development and ripening of crops. Technical Note. No. 180. WHO. No. 820. Geneva. 99 pp.
- Robinson, R.G. 1971. Sunflower phenolgy – year, variety and date of planting effects – on day goweing degree – day summations. Crop. Sci. II: 635 – 638 p.
- Rojas, G.M. 1979. Fisiología Vegetal Aplicada. 2ª. Ed. Ma Graw – Hill de México. México. 262 p.
- Ruiz, C.J.A 1991. Caracterización fenológica del guayabo. (*Psidium guajava* L.) Tesis de Maestría.C.P. Chapingo.
- Salisbury, F.B y C.W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Editorial Iberoamericana. 759 p.

- Sammis, T.W., T.L. Mapel., Lugg., R.R. Lansford and J.T. Mc Gruckin. 1985. Evapotranspiration crop coefficients predicted using growing degree – days. Transaction of the ASAE. 28 (3) 773 – 780 p.
- Saunt, J. 1991. Variedades de cítricos del mundo. Valencia, España. Ed. Edipublic. S.L.
- Sneider, H. 1968. The anatomy of citrus. In: Reuther, W.L.D. Batchelor and H.J. Webber (eds) The Citrus Industry. Vol. 2: 1.23. Div. Agric. Sci. University of California, Riverside.
- Shaffer, P.L. 1983. Prediction of variation in development period of insects and witerreared at constant temperatures. FORUM. Environ. Entomology. 12 (41) 1012 – 1019 p.
- Tabuenca, M.C. 1965. Influencia del clima en las plantaciones frutales. C.S.I.S. estación de Aula Dei Zaragoza, España Bull 8: 56-58.
- Tyldesley, J.B. 1978. A method evaluating the effect of temperature on an organism when the response in non – linear. Agric. Meteorol. 19: 137 – 153 p.
- Unger, P.W. and T.E. Thompson. 1982. Planting date effects on sunflower head and seed development. Agron. J. 74: 389 – 395 p.
- Villalpando, I.J.F. y Ruiz, C.J.A. 1993. Observaciones Agrometeorológicas y su uso en la Agricultura. México. Ed. Limusa.
- Warnock, S.J. 1978. Using tomato, heat units Leaflet No.6 Campbell Institute for Agricultural Research. Camden. New Jersey. 10 p.
- Webber, H.J. 1943. The citrus industry Vol. I. Cap. II. Plant characteristics and climatology. University of California. Press. Berkeley and Los Angeles.

IX. APENDICE

Cuadro 1 A Valores de alternancia y clasificación del hábito de producción de cítricos.
(Hoblyn *et al.*, 1936)

Índice de alternancia * (I)	Variación en la producción (%)	Hábito de producción
0.000	0	Constante
0.026	5	Constante
0.053	10	Constante
0.111	20	Constante
0.176	30	Levemente Alternante
0.250	40	Levemente Alternante
0.333	50	Alternante
0.429	60	Alternante
0.538	70	Alternante
0.667	80	Muy Alternante
0.818	90	Muy Alternante
1.000	100	Muy Alternante

*Calculado con base en la fórmula :
$$\frac{R_a - R_b}{R_a + R_b} = I$$
 ; en donde: R_a = Rendimiento 1er. año
 R_b = Rendimiento 2º. año
 I = Índice de alternancia

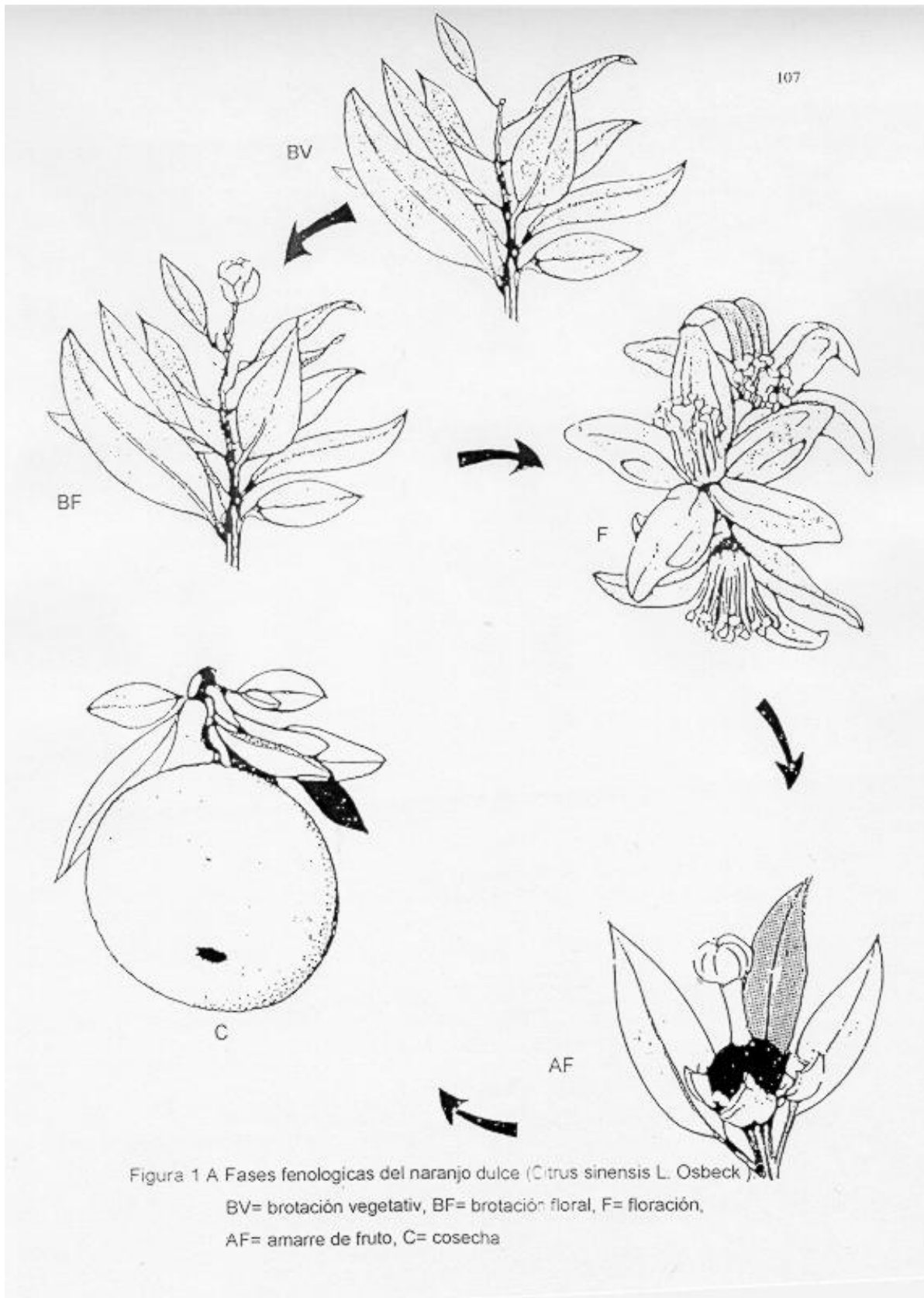


Figura 1 A Fases fenológicas del naranjo dulce (*Citrus sinensis* L. Osbeck).

BV= brotación vegetativa, BF= brotación floral, F= floración,

AF= amarre de fruto, C= cosecha