

## FENOLOGÍA, EFICIENCIA PRODUCTIVA Y CALIDAD DE FRUTA DE CULTIVARES DE NARANJO EN EL TRÓPICO SECO DE MÉXICO

### PHENOLOGY, PRODUCTIVE EFFICIENCY AND FRUIT QUALITY OF ORANGE CULTIVARS IN THE DRY TROPICS OF MÉXICO

Víctor Manuel Medina Urrutia<sup>1\*</sup>, Gilberto Zapiáin Esparza<sup>2</sup>, Marciano Manuel Robles González<sup>1</sup>, Octavio Pérez Zamora<sup>1</sup>, Mario Orozco Santos<sup>1</sup>, Timothy Williams<sup>3</sup> y Salvador Becerra Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Tecomán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 34.5 Carr. Colima-Manzanillo. 28100, Tecomán, Colima, México. Tel. y Fax: 01 (313) 324-3082. <sup>2</sup>Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 108. Villa Juárez, Tepic, Nayarit. <sup>3</sup>Department of Botany and Plant Sciences, 2150 Batchelor Hall, University of California. Riverside, Riverside Ca 92521-0124, USA.

\*Autor para correspondencia (medina.victor@inifap.gob.mx)

#### RESUMEN

En este estudio se evaluó el comportamiento fenológico, crecimiento, rendimiento, eficiencia productiva y calidad de fruta de 19 cultivares de naranjo (*Citrus sinensis* (L) Osbeck) en condiciones de trópico seco (Bs1) de Colima, México. Los cultivares se agrupan en tres tipos: a) Valencia: 'Delta', 'San Miguel', 'Cutter', 'Campbell', 'Frost', 'Olinda', 'Midknight', 'Shamouti' y 'Late'; b) Navel: 'Fisher', 'Lane Late', 'Atwood' y 'Cara Cara'; y c) Comunes: 'Pineapple', 'Ruby', 'Queen', 'Trovita', 'Marrs' y 'Crescent'. Todos estuvieron injertados sobre naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.) y se plantaron a una distancia de 8 x 4 m en suelo migajón arcillo-arenoso con pH de 8.3. Todos los cultivares mostraron épocas similares de brotación vegetativa y floración. La floración principal ocurrió de mediados de febrero a principios de marzo, sobre brotes vegetativos que emergieron al comenzar las lluvias en julio. Los cultivares con mayor volumen de copa fueron 'Pineapple' (82 m<sup>3</sup>) y 'Crescent' (76 m<sup>3</sup>), seguidos de 'Shamouti' (74 m<sup>3</sup>) y 'Fisher' (71.3 m<sup>3</sup>); 'Midknight' (26.3 m<sup>3</sup>) tuvo el menor volumen. Los cultivares más productivos fueron 'Pineapple' (35 t ha<sup>-1</sup>), seguido de 'Cutter' y 'Delta' (29 y 30 t ha<sup>-1</sup> respectivamente) y 'Ruby' (25 t ha<sup>-1</sup>), los cuales también fueron los más eficientes para producir fruta. 'Queen', 'Pineapple', 'Marrs', 'Ruby', 'Trovita', 'Crescent', 'San Miguel' y los tipo Navel se comportaron como cultivares tempranos ya que registraron el índice de cosecha superior a 8.5 en agosto. Los demás cultivares maduraron entre octubre y noviembre. Los valores de sólidos solubles totales (SST), acidez, relación SST/acidez y contenido de jugo en la fruta de la mayoría de cultivares estuvieron dentro de los estándares de calidad, aunque en ellos predominó el color verde a verde amarillo de la cáscara al momento de la cosecha. Los cultivares Navel mostraron bajo rendimiento. 'Shamouti' y 'Midknight' fueron improductivos.

**Palabras clave:** *Citrus sinensis*, navel, valencias, rendimiento de fruto, brotación.

#### SUMMARY

In this work the phenology, growth, yield, production efficiency and fruit quality of 19 orange (*Citrus sinensis* (L) Osb.) cultivars grown under a tropical dry climate, were evaluated at Colima, México. Orange cultivars were classified as: a) Valencia: 'Delta', 'San Miguel', 'Cutter', 'Campbell', 'Frost', 'Olinda', 'Midknight', 'Shamouti' and 'Late'; b) Navel: 'Fisher', 'Lane Late', 'Atwood' and 'Cara Cara'; and c) Common: 'Pineapple', 'Ruby', 'Queen', 'Trovita', 'Marrs' and 'Crescent'. All varieties were budded on sour orange rootstock (*Citrus aurantium* L.) and planted at 8 x 4 m in a sandy-clay loam soil, pH 8.3. All varieties showed similar vegetative flushing and flowering periods. The main flowering flush was observed from February 15th to March 15th, on vegetative shoots generated in July, when the rainy season started. According to tree volume, the most vigorous varieties were 'Pineapple' (82 m<sup>3</sup>), 'Crescent' (76 m<sup>3</sup>), 'Shamouti' (74 m<sup>3</sup>) and 'Fisher' (71.3 m<sup>3</sup>). The less vigorous was 'Midknight' (26.3 m<sup>3</sup>). The most productive varieties were 'Pineapple' (35 t ha<sup>-1</sup>), 'Cutter' and 'Delta' (29 and 30 t ha<sup>-1</sup>), and 'Ruby' (25 t ha<sup>-1</sup>). These cultivars were also the most efficient to produce fruit. 'Queen', 'Pineapple', 'Marrs', 'Ruby', 'Trovita', 'Crescent', 'San Miguel' and Navel trees performed as early season cultivars. They were harvested in August when total soluble sugar (TSS)/acidity ratio reached 8.5. The rest of the cultivars were collected in October-November. Juice content, acidity, TSS and TSS/acidity ratio of fruits were acceptable in most cultivars. Navel cultivars showed low yield. 'Shamouti' and 'Midknight' were improductive in this conditions.

**Index words:** *Citrus sinensis*, navel, valencias, fruit yield, sprouting.

#### INTRODUCCIÓN

Más de 85 % de la producción mundial de naranja [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] se obtiene en regiones subtropicales de Brasil, EE. UU. y España. La superficie de naranja en regiones tropicales es aún escasa (Saunt, 1990; FAO, 2004), y México figura entre los principales países

productores en las regiones tropicales (FAO, 2004). De 300 000 ha cultivadas con naranjo en México, 57 % se ubican en zonas con clima cálido de los Estados de Veracruz, Tabasco y Yucatán (Curti *et al.*, 1998), donde prevalecen ambientes que varían de trópico subhúmedo a trópico húmedo con clasificación Aw0, Aw1, Aw2 [Amf] (Missiaen, 1981; Garza *et al.*, 2003). A la fecha, las plantaciones de naranjo en el trópico seco del país son escasas, aunque tienen potencial para expandir la superficie cultivada con cítricos, especialmente en la Costa del Pacífico donde el limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] enfrenta problemas por baja rentabilidad, y existe la posibilidad de que sea afectado por la tristeza de los cítricos, enfermedad que está presente en México desde 1994.

En México existe una alta demanda de naranja en el periodo de julio a octubre, cuando la producción es escasa y adquiere un precio elevado. Dado que los naranjos en el trópico tienden a producir más temprano que en regiones subtropicales (Passos, 1979), es conveniente identificar cultivares capaces de producir fruta en épocas de escasez en clima cálido-seco. Los cultivares de naranjo tipo 'Valencia', entre los que destaca 'Valencia Tardía' o 'Late', están ampliamente difundidos por ser utilizados para jugo (Saunt, 1990; Tucker *et al.*, 1995). Los naranjos tipo 'Navel' que se consumen en fresco, se comportan mejor en el subtropico característico del clima mediterráneo como en España y California (Saunt, 1990; Holtzhausen *et al.*, 1988; Donadio, 1998).

Los trabajos disponibles sobre el origen, características del árbol y de la fruta de los principales cultivares de naranjo, tanto tipo 'Navel' como 'Valencia' (Saunt, 1990; Tucker *et al.*, 1995; Williamson y Jackson, 1993; Ray y Walheim, 1980) no aportan información sobre el comportamiento fenológico y eficiencia productiva de los cultivares. Tampoco existen trabajos científicos que muestren el potencial que tiene el naranjo en condiciones tropicales, ya que la mayoría se refieren al subtropico (Durón *et al.*, 1990; Padrón, 1990; Martínez *et al.*, 1997; Donadio, 1998; Gallash, 1996 a y b).

En México el cultivar 'Valencia Tardía' cubre 95 % de la superficie plantada en el Golfo de México (Curti *et al.*, 1998). La 'Valencia Temprana' no es tan popular porque su fruta se mantiene menos tiempo en el árbol y muestra menor tolerancia al manejo rudo en el transporte, pero adquiere buen precio cuando disminuye la oferta de la 'Valencia Tardía' en el mercado (Curti *et al.*, 1998).

El objetivo del presente estudio fue determinar el comportamiento de cultivares de naranjo tipo 'Valencia', 'Navel' y 'Comunes', con base en la fenología, crecimiento,

rendimiento, eficiencia productiva y calidad de fruta, en condiciones del trópico seco.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Características del sitio experimental.** El trabajo se efectuó del año 1992 al 2002 en terrenos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en Tecomán, Colima, México, ubicado a 18°53'7" LN y 103°50'30" de LO (Pérez *et al.*, 2002). Su clima es tropical seco con temperatura promedio anual de 27 °C, mínima de 13 °C y máxima de 38 °C. Las temperaturas más bajas ocurren de noviembre a marzo y las máximas en julio y agosto. La precipitación promedio es de 700 mm anuales, distribuidos en los meses de julio a septiembre. El suelo es de textura migajón arcillo-arenosa con profundidad mayor a 1.5 m y pH de 8.3. Tiene alto contenido de carbonato de calcio (20 000 mg kg<sup>-1</sup>) y magnesio, y es deficiente en fósforo y micronutrientes (Pérez *et al.*, 2002).

**Cultivares y portainjertos.** Los cultivares utilizados se agruparon en tres categorías; a) Comunes: 'Pineapple', 'Ruby', 'Queen', 'Trovita', 'Marrs' y 'Crescent'; b) Valencias: 'Late', 'San Miguel', 'Delta', 'Cutter', 'Campbell', 'Frost', 'Olinda', 'Midnight' y 'Shamouti'; c) Navel: 'Fisher', 'Lane Late', 'Atwood' y 'Cara Cara'. El portainjerto utilizado fue el naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.). El material vegetativo con certificación genética y fitosanitaria fue proporcionado por el National Clonal Germoplasm Repository of Citrus, de Riverside, California, EE. UU.

**Plantación y manejo.** Los árboles se plantaron en 1992 a una distancia de 8 m entre hileras y 4 m dentro de la hilera. Los primeros cuatro años se aplicó riego por goteo dos veces por semana, con emisores distanciados a 0.75 m y un suministro de 4 L h<sup>-1</sup>, aplicados durante 6 a 10 h, según la época del año y edad de la planta. En marzo de 1997 se cambió al riego de microaspersión, a dos emisores por árbol que aportaron 60 L h<sup>-1</sup> por emisor, con una jornada de riego de 6 a 8 h; también se aplicaron dos riegos por semana.

## Variables medidas

**Fenológicas.** Durante tres años consecutivos se registró en 10 variedades, el número de brotes vegetativos nuevos y el número de brotes con flor que emergieron cada 15 d, cuando los árboles tuvieron 5, 6 y 7 años de edad. Cada recuento se hizo en el área de un aro de metal de 0.75 m<sup>2</sup>, el cual se colocó al oriente y al poniente del árbol en su parte media. Se registró temperatura, precipitación

pluvial y humedad relativa, mediante una estación climática instalada a 200 m del huerto experimental.

**Crecimiento.** Anualmente se registraron datos de altura y diámetro de copa de los árboles. El área de suelo cubierta por el árbol se estimó con el diámetro de copa y la fórmula de área de la circunferencia. El volumen de copa se calculó con la fórmula siguiente:  $VC=2.09 (H) (r^2)$ , donde: VC= volumen de copa, H = altura del árbol y r = radio de copa.

**Rendimiento y eficiencia productiva.** Durante siete años se registró el rendimiento en kg por árbol y en  $ha^{-1}$ . La eficiencia productiva se calculó por dos métodos: a) el cociente del rendimiento por árbol (kg) entre el área de suelo cubierta por el árbol ( $m^2$ ); b) el cociente del rendimiento por árbol (kg) entre el volumen de copa ( $m^3$ ).

**Calidad de fruta.** Durante dos años consecutivos se tomaron muestras de 20 frutos por árbol, en los que se evaluó la calidad externa e interna, mediante las variables: peso promedio del fruto (g), contenido de jugo en base a peso (%), contenido de sólidos solubles totales (SST) (%) mediante un refractómetro manual, acidez (%) por titulación con hidróxido de sodio, y se calculó el índice de madurez (IM) (relación sólidos solubles totales/acidez).

**Diseño experimental.** Para todas las variables se utilizó el diseño de bloques al azar, en el que cada tratamiento (cultivar) se repitió cinco veces; la parcela experimental constó de tres árboles. Se efectuaron análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ( $P = 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Fenología

Las épocas de brotación vegetativa resultaron similares entre cultivares (Figura 1). La brotación más intensa ocurrió de febrero a marzo cuando se registró más de 40 % de la brotación total. En junio-julio se acumuló otro 30 % de la brotación total; entre agosto y diciembre hubo algunas brotaciones de poca intensidad. Los cultivares difirieron en la cantidad total de brotes producidos (Cuadro 1), donde ‘Cutter’ obtuvo el mayor número en el 5° y 6° año de edad y ‘Queen’ en el 7° año de edad. ‘Midknight’ se caracterizó por producir el menor número de brotes por época y por año.

La floración principal en la mayoría de los cultivares se registró de mediados de febrero a mediados de marzo (Figura 2); las floraciones posteriores fueron escasas. ‘Cutter’ y ‘Pineapple’ produjeron los mayores porcentajes de bro-

tación reproductiva y número total de brotes florales (Cuadro 1). Después de la cosecha, la primera brotación fue escasa y ocurrió en otoño, luego se intensificó en febrero-marzo. Las temperaturas más bajas de invierno oscilaron entre 13 y 15 °C durante la noche, pero las temperaturas diurnas fueron superiores a 21 °C. Por tanto, en invierno hubo condiciones favorables para el crecimiento vegetativo, ya que los cítricos detienen su crecimiento sólo cuando la temperatura mínima es inferior a 12.8 °C (Frometa, 1976). Además, la aplicación de riegos en noviembre favoreció la brotación vegetativa en este periodo. La brotación vegetativa de julio y octubre coincidió con la temporada de lluvias y el incremento de temperatura. Más de 90 % del follaje de verano se presentó sobre los brotes vegetativos que habían emergido de febrero a marzo (datos no presentados).

La brotación reproductiva más importante coincidió con las temperaturas más bajas (Figura 2). Resultados similares fueron consignados en el trópico de Cuba (Frometa, 1976). Previamente se reportó que un periodo de varias semanas con temperaturas por debajo de 20 a 24 °C y días de fotoperíodo corto o temperaturas nocturnas de 13 a 18 °C, promueven la floración de los brotes vegetativos maduros (Davenport, 2000 a y b; Com. personal <sup>1</sup> y <sup>2</sup>; Moss *et al.*, 1963, citados por Frometa, 1976). En el resto del año no hubo floraciones importantes y las que se registraron tendieron a emerger como brotes mixtos que se caracterizan por tener una sola flor terminal. Dado que todos los cultivares iniciaron la floración prácticamente en la misma fecha, las diferencias en época de cosecha se atribuyen a distinta tasa de crecimiento y maduración del fruto, lo cual requiere ser comprobado.

Para incrementar la floración en invierno, sobre todo en cultivares poco productivos o alternantes, sería conveniente realizar prácticas que promuevan y protejan la brotación vegetativa de verano. Dado que la floración de verano fue muy escasa, prácticamente ninguna variedad produjo cosechas fuera de temporada como ocurre en el trópico semihúmedo y húmedo (Curti *et al.*, 1998; Passos, 1979). Los naranjos en el subtropico de Sonora (Durón *et al.*, 1990) producen brotaciones vegetativas en primavera y a fines de verano, lo cual es un poco más tarde que en el trópico seco.

<sup>1</sup> Davenport T L (2000a) Principles of climatic effects on flowering in Citrus. *In*: Proc. Int. Soc. Citriculture I. Orlando, FLA. 3-7 Dic. International Society of Citriculture. pp:289-291.

<sup>2</sup> Davenport T L (2000b) Processes influencing floral initiation and bloom: the role of phytohormones in a conceptual flowering model. *Hortecchnology* 10:733-739.

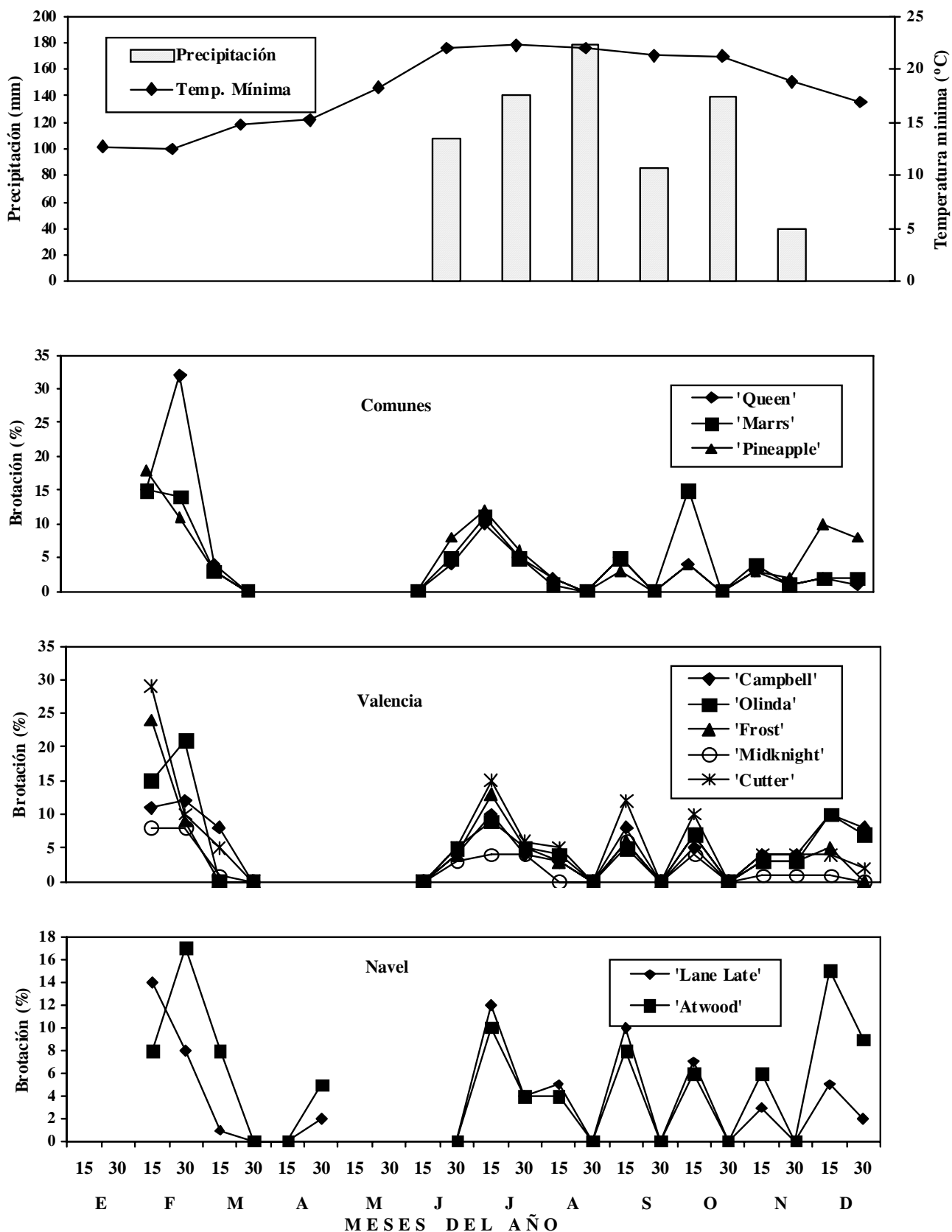


Figura 1. Distribución de la brotación vegetativa de 10 cultivares de naranjo en el trópico seco de Colima, México. Promedio del 5º al 7º año de edad.

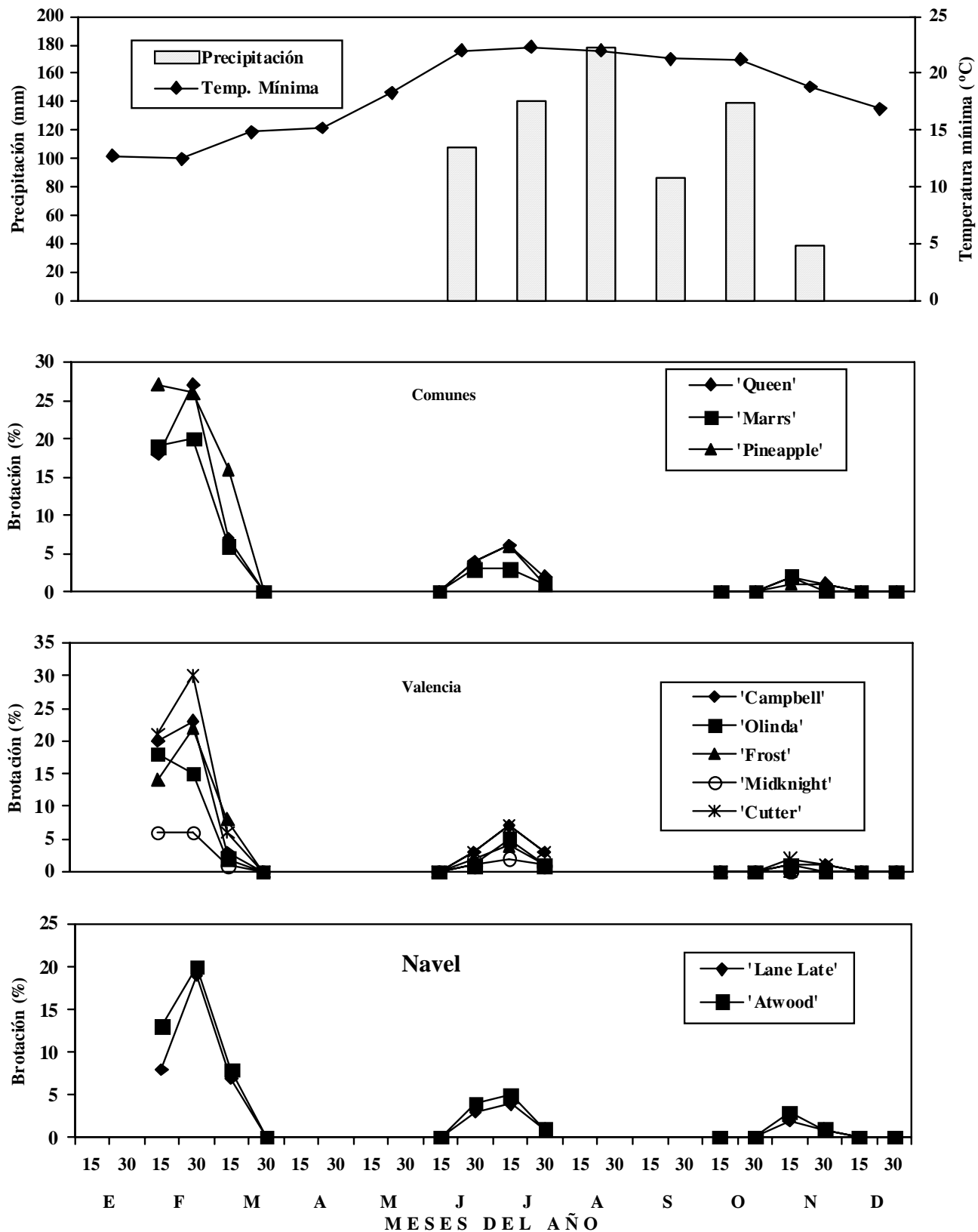


Figura 2. Distribución de la brotación reproductiva de 10 cultivares de naranja en el trópico seco de Colima, México. Promedio del 5° al 7° año de edad.

Cuadro 1. Producción acumulada anual de brotes vegetativos y reproductivos de 10 cultivares de naranjo en árboles de 5, 6 y 7 años de edad en el trópico seco de Colima, México.

Cultivares	Brotes vegetativos (Núm. anual/m <sup>2</sup> )			Brotes reproductivos (Núm. anual/m <sup>2</sup> )		
	5°	6°	7°	5°	6°	7°
<b>Comunes</b>						
'Queen'	45.4 c	43.8 a	87.2 a	18.4 e	63.4 a	69.5 c
'Marrs'	39.6 cd	15.9 c	48.9 d	27.2 d	25.6 d	71.8 bc
'Pineapple'	21.9 f	30.2 b	67.3 bc	48.6 a	67.1 a	79.4 a
<b>Valencias</b>						
'Campbell'	29.8 ef	32.9 b	38.7 e	25.7 d	30.7 c	77.4 ab
'Olinda'	33.2 de	31.8 b	75.6 b	31.1 d	14.2 e	55.2 e
'Frost'	54.6 b	33.2 b	44.3 de	42.5 bc	34.7 c	64.6 cd
'Midknight'	10.3 g	6.1 d	27.5 f	2.3 g	5.3 f	32.7 g
'Cutter'	62.7 a	44.8 a	55.1 cd	53.2 a	56.2 b	58.4 d
<b>Navel</b>						
'Lane Late'	22.5 f	12.9 c	40.7 e	11.2 f	32.4 c	49.8 ef
'Atwood'	29.3 ef	33.4 b	48.5 d	38.6 c	35.6 c	43.3 f
DMS	8.1	6.8	11.5	6.3	4.7	7.6

Medias con letras iguales dentro de una misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); DMS = Diferencia mínima significativa.

Cuadro 2. Crecimiento de 19 cultivares de naranja en etapa juvenil y adulta en alta densidad (†) en el trópico seco de Colima, México.

Cultivares	Altura de copa (m)		Diámetro de copa (m)		Volumen de copa (m <sup>3</sup> )	
	3 años	9 años	3 años	9 años	3 años	9 años
<b>Comunes</b>						
'Pineapple'	3.0 ab	4.5 c	2.7 abcd	5.6 ab	11.9 abcd	64.7 abcde
'Ruby'	3.2 a	5.1 a	2.8 abc	5.9 a	13.1 ab	82.0 a
'Queen'	2.9 abc	4.6 b	2.4 abcde	5.0 abc	9.4 abcd	55.0 bcdef
'Trovita'	3.0 ab	4.6 b	2.8 abc	5.2 abc	12.2 abc	59.4 abcde
'Marrs'	3.0 ab	4.3 c	3.2 a	5.3 abc	15.8 a	57.8 abcde
<b>Valencias</b>						
'Crescent'	3.0 ab	5.0 a	2.3 bcde	5.8 a	8.8 bcd	76.1 ab
'Late'	2.9 abc	4.7 b	2.6 abcde	5.1 abc	10.5 abcde	57.9 abcde
'San Miguel'	2.6 bc	4.5 bc	2.0 de	4.6 cd	6.4 cd	46.8 def
'Delta'	3.0 ab	4.5 bc	2.7 abcde	5.6 abc	11.9 abcde	67.8 abcde
'Cutter'	2.9 abc	4.5 c	2.9 abc	5.5 abc	13.9 ab	67.9 abcde
'Campbell'	3.0 ab	4.7 b	2.7 abcd	5.6 abc	12.4 abc	67.8 abcde
'Midknight'	2.5 c	3.9 d	1.9 e	3.7 d	5.5 d	26.3 f
'Frost'	2.9 abc	4.5 bc	2.5 abcde	4.8 bc	10.0 abcde	47.8 def
'Shamouti'	2.8 abc	5.0 a	2.2 cde	5.6 ab	7.9 bcd	74.9 ab
'Olinda'	2.9 abc	4.6 bc	2.7 abcde	5.7 ab	12.2 abcde	70.1 abcd
<b>Navel</b>						
'Fisher'	3.0 ab	4.4 c	3.2 a	5.8 a	16.1 a	71.2 bcd
'Lane Late'	3.0 ab	4.4 c	3.0 ab	5.5 abc	14.1 ab	63.9 abcd
'Atwood'	3.0 abc	4.3 c	2.9 abc	5.0 abc	12.5 abc	49.7 cdef
'Cara Cara'	2.7 abc	4.3 c	2.9 abc	5.4 abc	12.9 abc	60.7 bcdef
DMS	0.45	0.2	0.77	0.94	6.8	25.2

Medias con letras iguales dentro de una misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); (†) Densidad de plantación = 312 árboles ha<sup>-1</sup> (8 x 4 m); DMS = Diferencia mínima significativa.

### Crecimiento del árbol

En los primeros tres años de edad, los árboles de 'Ruby' superaron en altura a los cultivares 'Midknight' y 'San Miguel', pero no a los demás cultivares (Cuadro 2). En la etapa adulta hubo mayores diferencias entre cultivares; 'Ruby', 'Crescent' y 'Shamouti' destacaron por su mayor altura y los árboles más pequeños correspondieron a 'Midknight' debido a que tuvo la menor cantidad de brotes vegetativos.

A la edad de tres años, los árboles de 'Fisher' y 'Marrs' obtuvieron el mayor diámetro y volumen de copa, mientras que 'San Miguel', 'Midknight' y 'Shamouti' fueron los de menor diámetro de copa (Cuadro 2). A los 9 años de edad, la mayoría de cultivares ya habían duplicado su diámetro de copa, edad en la que 'Ruby', 'Crescent' y 'Fisher' alcanzaron las mayores dimensiones, en tanto que 'Midknight' mantuvo el menor diámetro. 'Ruby' se consolidó como el cultivar con mayor volumen de copa.

En los trópicos de Cuba y Venezuela, los árboles de navel completan la primera de un total de tres etapas de crecimiento vegetativo que constituyen el ciclo de vida del árbol, a los cuatro años de edad de la planta (Avilán, 1986; Del Valle *et al.*, 1992). El presente trabajo confirma lo anterior, ya que de 45 a 75 % del crecimiento total se alcanzó durante los primeros años, etapa que correspondió a la fase juvenil. En climas subtropicales los árboles requieren de cinco a siete años para completar la etapa juvenil, y entran en producción dos o tres años después que en el trópico (Durón *et al.*, 1990; Roose, 1996; Gallash, 1996b).

Los cultivares 'Ruby', 'Pineapple', 'Cutter', 'Olinda' y 'Delta' desarrollaron los árboles de mayor tamaño; aunque no hay reportes de su comportamiento en climas tropicales, estos cultivares han desarrollado árboles de tamaño mediano a grande en el subtrópico de Florida y California (Williamson y Jackson, 1993; Tucker *et al.*, 1995; Saunt, 1990), lo que sugiere una amplia capacidad de estos cultivares para adaptarse a ambas condiciones de clima. Los cultivares tipo Navel aquí evaluados tuvieron un crecimiento medio.

### Rendimiento y eficiencia productiva

El cultivar 'Pineapple' destacó por ser el más productivo con 35 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, aunque fue estadísticamente igual a 'Delta', 'Cutter', 'Late' y 'Ruby' que produjeron 30, 29, 27 y 25 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Los cultivares menos productivos fueron 'Shamouti' y 'Midknight'. Los demás genotipos obtuvieron un rendimiento intermedio que osciló entre 13 y 24 t ha<sup>-1</sup> (Cuadro 3).

'Pineapple' presentó los valores más altos de eficiencia productiva, medida ésta ya sea por metro cúbico de copa del árbol o por metro cuadrado del suelo ocupado por la copa. Los más ineficientes fueron 'Midknight', 'Shamouti' y 'Crescent'. A nivel de grupo, la más baja eficiencia productiva fue en los naranjos Navel, en comparación con las Comunes y Valencias (Cuadro 3).

'Pineapple' también ha tenido una producción anual alta y poco alternante en el subtrópico de México (33 t ha<sup>-1</sup>) y Florida (Durón *et al.*, 1990; Tucker *et al.*, 1995), así como en Brasil donde produjo de 15 a 20 t ha<sup>-1</sup> (Martínez y Donadio, 1996; Donadio, 1998). A 'Pineapple' se le reporta como propenso a la caída de fruto en junio (Williamson y Jackson, 1993), problema que no se observó en este trabajo. El rendimiento de las naranjas tipo Valencia fue bueno, similar a los de California donde 'Olinda' produjo de 89 a 131 kg por árbol (Roose, 1996), o Australia donde diversos clones de Valencia acumularon en tres años una producción de 165 a 270 kg por árbol (Gallash, 1996 b). En España, Valencia 'Late' tuvo un rendimiento promedio anual de 40 kg/árbol en un periodo de siete años (Zaragoza *et al.*, 1984).

En este estudio los cultivares de navel comenzaron su fase productiva dos años antes que en el subtrópico, donde la producción se inicia del 5° al 7° año (Zaragoza *et al.*, 1984; Durón *et al.*, 1990). Los naranjos comunes y Valencias produjeron rendimientos más altos que los Navel, cuya producción osciló entre 42 y 59 kg por árbol. Sin embargo, estos rendimientos de Navel son mayores a los obtenidos en algunas regiones subtropicales; para los cultivares Navel se han reportado rendimientos por árbol acumulados de cuatro años, de 20 a 180 kg en África del Sur (Human *et al.*; Com. personal<sup>3</sup>), de 67 a 113 kg en California (Roose, 1996), y de 19 a 31 kg como promedio de nueve años en España (Zaragoza *et al.*, 1984). No obstante, resulta claro que la principal limitante de los Navel en el trópico es la marcada coloración verde del fruto y la tendencia a la granulación de sus vesículas de jugo.

### Calidad del fruto

**Peso medio.** Los cultivares tipo Navel sobresalieron por tener mayor peso de fruto. Entre las naranjas tipo Valencia y comunes, 'Midknight', 'Trovia' y 'Marrs' produjeron los frutos más grandes, en tanto que 'Pineapple', 'Ruby', 'Queen', 'Crescent', 'San Miguel' y 'Frost' produjeron frutos de menor peso (Cuadro 4).

<sup>3</sup> Human, C F, P J Steenekamp, C J Snyman, J G J Maritz (1996) Evaluation of grapefruit and Valencia cultivars in South Africa. In: Proc. Int. Soc. Citriculture I. Sun City, South Africa. 12-17 May. Internatl. Soc. Citric. pp:231-233.

Cuadro 3. Rendimiento y eficiencia productiva anual de 19 cultivares de naranjo en el trópico seco de Colima, México.

Cultivares	Rendimiento anual (kg/árbol)	Eficiencia productiva (kg m <sup>-3</sup> )†	Eficiencia uso del suelo (kg m <sup>-2</sup> )††	Producción (t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )
<b>Comunes</b>				
'Pineapple'	113 a	2.6 a	6.9 a	35 a
'Ruby'	80 abcde	1.4 cde	4.1 cde	25 abcdef
'Queen'	67 bcdef	1.9 abc	4.8 bcd	21 bcdefg
'Trovita'	73 bcdef	1.6 bcde	4.4 cde	23 bcdefg
'Marrs'	63 bcdef	1.7 bcde	4.1 cde	20 bcdefg
<b>Valencias</b>				
'Crescent'	60 cdef	0.9 ef	2.9 ef	19 bcdefg
'Late'	85 abcd	2.0 abc	5.3 abc	27 abcde
'San Miguel'	45 fg	1.4 cde	3.4 def	14 fgh
'Delta'	96 ab	2.0 abc	5.2 abc	30 ab
'Cutter'	95 abc	2.1 ab	5.8 ab	29 abc
'Campbell'	70 bcdef	1.5 abcde	4.1 cde	22 abcdefg
'Midknight'	23 h	1.1 de	2.0 g	7 hi
'Frost'	76 bcdef	2.2 ab	5.3 abc	24 abcdefg
'Shamouti'	4 h	0.1 f	0.2 g	1 i
'Olinda'	73 bcdefg	1.6 bcde	4.4 cde	23 bcdefg
<b>Navel</b>				
'Fisher'	42 g	1.0 de	2.5 f	13 gh
'Lane Late'	53 defg	1.1 de	2.9 ef	16 efgh
'Atwood'	50 efg	1.2 cde	3.1 ef	16 efgh
'Cara Cara'	59 cdefg	1.4 cde	3.4 def	18 efgh
DMS	36.1	0.84	1.98	11.2

Medias con letras iguales dentro de una misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); (†) Producción por unidad de volumen de la copa; (††) Producción por unidad de superficie del suelo cubierto por la copa; DMS = Diferencia mínima significativa.

**Características de la cáscara.** Los frutos de 'Pineapple' y 'Cara Cara' mostraron el mayor grosor de cáscara, pero no fueron estadísticamente diferentes al resto de cultivares con excepción de 'Frost' y 'Campbell' que tuvieron la cáscara más delgada (Cuadro 4). Debe mencionarse que los cultivares de naranja tipo Valencia produjeron frutos de cáscara lisa, mientras que los frutos de 'Cara Cara' y 'Crescent' fueron rugosos, y que ningún cultivar produjo frutos con cáscara del color anaranjado típico de los frutos desarrollados en el subtropico, sino que en la cáscara predominaron las tonalidades de verde claro a verde amarillo.

**Sólidos solubles totales (SST).** 'Crescent' obtuvo el más alto valor de sólidos solubles totales seguido de 'Marrs' y 'Pineapple'. Los menores valores en sólidos solubles totales se observaron en los frutos de las Valencias 'Cutter' y 'Midknight', así como en 'Lane Late' y 'Cara Cara' del tipo Navel. Los demás cultivares mostraron un comportamiento intermedio (Cuadro 4).

**Acidez.** La mayor acidez del fruto se encontró en las naranjas tipo Valencia, donde sobresalieron 'Delta',

'Campbell', 'Frost' y 'Olinda'. Entre las comunes, 'Queen' y 'Ruby' tuvieron la acidez más alta. Por el contrario, las naranjas tipo Navel, al igual que los cultivares 'San Miguel' y 'Trovita' se distinguieron por su baja acidez (Cuadro 4).

**Contenido de jugo.** Los cultivares tipo Valencia produjeron los frutos con mayor contenido de jugo, entre los cuales destacaron 'Campbell', 'Frost' y 'Olinda'. Todos los cultivares tipo Navel y 'San Miguel' produjeron frutos con poco jugo (Cuadro 4).

**Índice de madurez (IM) (relación sólidos solubles totales/acidez).** Todos los cultivares comunes y Navel, y sólo dos cultivares tipo Valencia registraron índice de madurez superior a 8.5 desde principios de agosto. En cambio, los demás cultivares tipo Valencia obtuvieron los índices de madurez adecuados para cosechar hasta octubre. Los índices de madurez finales más altos correspondieron, entre los cultivares comunes, a 'Trovita' y 'Marrs', a 'Crescent' y 'San Miguel' entre las Valencia, y de las Navel a 'Fisher' y 'Atwood' (Cuadro 5).



Cuadro 4. Calidad externa e interna del fruto de 18 cultivares de naranjo en el trópico seco de Colima, México<sup>(†)</sup>.

Cultivares	Características externas		Características internas		
	Peso de fruto (g)	Grosor de cáscara (mm)	SST (%)	Acidez (%)	Contenido de jugo (%)
<b>Comunes</b>					
'Pineapple'	198.4 fg	4.5 a	9.0 bc	0.74 efg	47.0 ce
'Ruby'	220.2 defg	3.7 abc	8.7 cde	0.76 def	53.2 bc
'Queen'	217.8 efg	3.9 abc	8.9 bc	0.85 cde	52.5 bc
'Trovita'	294.0 cd	4.3 abc	9.0 bc	0.54 h	48.7 ce
'Marrs'	289.0 cde	4.1 abc	9.8 ab	0.49 h	52.6 b
<b>Valencias</b>					
'Crescent'	180.6 g	4.0 abc	10.5 a	0.59 gh	45.7 ce
'Late'	261.2 def	4.4 ab	7.8 f	1.00 bc	44.0 e
'San Miguel'	196.0 fg	3.8 abc	8.8 cde	0.61 fgh	58.7 ab
'Delta'	257.8 def	4.1 abc	8.1 cdef	1.20 a	57.4 ab
'Cutter'	259.4 def	3.8 abc	7.3 f	1.00 bc	61.9 a
'Campbell'	262.0 def	3.6 bc	8.0 def	1.20 a	59.1 a
'Midknight'	404.8 b	4.0 abc	7.5 f	0.90 cd	60.0 ab
'Frost'	244.6 defg	3.5 c	8.0 cdef	1.20 a	59.6 ab
'Olinda'	257.8 def	3.9 abc	7.9 ef	1.20 a	
<b>Navel</b>					
'Fisher'	339.0 bc	4.3 abc	8.8 cd	0.48 h	43.7 e
'Lane Late'	515.2 a	4.3 abc	7.8 ef	0.54 h	48.8 ce
'Atwood'	348.0 bc	4.1 abc	8.7 cde	0.50 h	46.9 ce
'Cara Cara'	351.8 bc	4.5 a	8.1 cdef	0.46 h	45.3 ce
DMS	74.3	0.81	0.90	0.20	8.0

Medias con letras iguales dentro de una misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05); (†) No se incluyen datos del cultivar 'Shamouti' porque no produjo frutos suficientes para completar la muestra; DMS = Diferencia mínima significativa.

Cuadro 5. Evolución del índice de madurez del fruto en 19 cultivares de naranja desarrollados en las condiciones del trópico seco prevaleciente en el Estado de Colima, México<sup>(†)</sup>.

Cultivares	Índice de madurez del fruto [SST (%)/Acidez (%)]			
	4 Agosto	7 Septiembre	11 Octubre	3 Noviembre
<b>Comunes</b>				
'Pineapple'	9.2	9.1	10.9	12.9
'Ruby'	9.4	10.3	--	18.1
'Queen'	8.5	9.0	12.3	15.7
'Trovita'	13.1	15.3	12.3	23.3
'Marrs'	11.8	13.6	17.5	26.1
<b>Valencias</b>				
'Crescent'	11.9	13.8	19.6	20.5
'Late'	5.2	6.7	9.6	11.7
'San Miguel'	8.7	11.2	12.8	16.2
'Delta'	5.6	7.6	15.0	15.9
'Cutter'	4.3	6.6	7.2	11.6
'Campbell'	4.8	7.0	10.1	12.2
'Midknight'	5.5	7.2	10.8	14.5
'Frost'	6.5	7.6	11.6	13.1
'Olinda'	4.8	6.4	11.2	11.2
<b>Navel</b>				
'Fisher'	15.6	16.0	21.7	36.4
'Lane Late'	9.3	14.0	17.5	21.0
'Atwood'	14.8	17.3	13.6	27.3
'Cara Cara'	17.1	19.5	17.9	23.9

(†) Datos registrados en el séptimo año de cosecha. No se incluyen datos del cultivar 'Shamouti' porque no produjo frutos suficientes para completar la muestra.

Los frutos no adquirieron el color de cáscara anaranjado, ni la calidad interna típica del subtropical, debido a que la maduración ocurrió en un ambiente con temperaturas altas. Sin embargo, el índice de madurez fue bastante aceptable de acuerdo con los estándares de calidad para consumo en fresco o industrial (Curti *et al.*, 1998).

Los cultivares para el trópico con mayor potencial de mercado son los que producen fruta en el periodo de agosto a octubre, cuando la oferta de fruta es escasa. En este sentido, los cultivares más promisorios fueron ‘Pineapple’, ‘Ruby’, ‘Queen’, ‘Trovita’ y ‘Marrs’; aunque ‘Marrs’ y ‘Queen’ fueron más alternantes. Estos cultivares registraron índices de madurez superiores a 8.5 a partir de agosto, por lo que junto con ‘Crescent’, ‘San Miguel’ y los cultivares tipo Navel pueden clasificarse como tempranos. Los demás cultivares se comportaron como intermedios, ya que alcanzaron dicho índice de cosecha hasta octubre. ‘Cutter’ fue la más tardía pues llegó a madurez comercial hasta noviembre.

Los cultivares del tipo Valencia ‘Cutter’, Delta’ y ‘Late’ son muy productivos, por lo que constituyen una alternativa interesante para abastecer mercados locales o la industria. Los cultivares Navel no tienen potencial en el trópico debido a que no reúnen la calidad necesaria para su consumo en fresco. Los cultivares ‘Midnight’ y ‘Shamouti’ resultaron improductivos.

### CONCLUSIONES

Los cultivares mostraron gran similitud en el comportamiento fenológico. Se registraron dos o más brotaciones vegetativas, y la más importante fue en julio y dio origen a la floración principal, que se presentó entre febrero y marzo al disminuir las temperaturas.

Los árboles con mayor diámetro de copa fueron ‘Ruby’, ‘Crescent’ y ‘Fisher’, en contraste con ‘Midnight’ que obtuvo el valor más bajo. ‘Ruby’ registró el mayor volumen de copa con 82 m<sup>3</sup>, seguido de ‘Crescent’ (76.1 m<sup>3</sup>), ‘Shamouti’ (74.9 m<sup>3</sup>) y ‘Fisher’ (71.2 m<sup>3</sup>).

Todos los cultivares del tipo Común y Valencias produjeron frutos que reúnen los estándares de calidad exigidos por el mercado de fruta fresca y la industria. Entre los primeros, ‘Queen’, ‘Ruby’ y ‘Marrs’ destacaron por su excelente calidad. De las Valencias sobresalieron ‘Delta’, ‘Campbell’ y ‘Frost’.

Los cultivares con mayor rendimiento anual fueron ‘Pineapple’ (35 t ha<sup>-1</sup>) seguido de ‘Cutter’, ‘Delta’ y ‘Ruby’ que produjeron 29, 30 y 25 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. Los cultivares ‘Pineapple’, ‘Queen’, ‘Marrs’, ‘Ruby’ y ‘Trovita’

produjeron de 19 a 35 t ha<sup>-1</sup> y son los más promisorios por su producción temprana. ‘Delta’, ‘Cutter’ y ‘Campbell’ resultan atractivos por tener alto rendimiento, pero se cosechan de octubre a noviembre. Los naranjos tipo Navel dieron baja producción y fruta de mala calidad. Los cultivares ‘Shamouti’ y ‘Midnight’ fueron improductivos.

### BIBLIOGRAFÍA

- Avilán L (1986)** Comportamiento del naranjo dulce en Venezuela. *Turrialba* 36:123-130.
- Curti D S, U Díaz Z, X Loredó S, J A Sandoval R, L Pastrana A, M Rodríguez C (1998)** Manual de Producción de Naranja para Veracruz y Tabasco. SAGARPA INIFAP-CIRGOC-Campo Experimental Ixtacuaco. Libro Técnico Núm 2. 175 p.
- Del Valle N, A Campos, O Mas (1992)** Growth and development of “Valencia” orange trees. *In: Proc. Int. Soc. Citriculture I. Acireale, Italia.* 8-13 Mar. International Society of Citriculture. pp:351-352.
- Donadio L C (1998)** Estacao Experimental de Citricultura Bebedouro, Annual Report 1998. Bebedouro, S. P. Brasil. 56 p.
- Durón N L J, B Valdez G, H Nuñez M, F González V (1990)** La Naranja en la Costa de Hermosillo. SARH INIFAP-Campo Experimental. Hermosillo. Folleto Técnico. 36 p.
- FAO (2004)** Citrus Fresh and Processing. Annual Statistics FAO. Vialle delle Terme di Caracalla, 0100, Roma. 39 p.
- Frometa M E (1976)** Fases Fenológicas en los Cítricos. Centro de Información y Documentación Agropecuaria. Boletín de Reseñas. Serie Agricultura 3. 53 p.
- Gallash P T (1996a)** Evaluating new selections of late hanging Navel oranges. *In: Proc. Int. Soc. Citriculture I. Sun City, South Africa.* 12-17 May. Internatl. Soc. Citriculture. pp:193-197.
- Gallash P T (1996b)** Evaluation of Australian clones of Valencia oranges. *In: Proc. Int. Soc. Citriculture I. Sun City, South Africa.* 12-17 May. Internatl. Soc. Citriculture. pp:198-202.
- Garza J G, V M Medina U, M M Robles G, J Orozco R, S Becerra R (2003)** Cultivares de Naranja Temprana y Tardía para el Trópico de Colima. SAGARPA INIFAP-Campo Experimental Tecmán. Folleto Técnico Núm. 3. 63 p.
- Holtzhausen, L C, J A Grundlingh, P N F Niven, J Maritz (1988)** Nine rootstocks evaluated for four Navel cultivars in the Eastern Cape. *In: Proc. Sixth Int. Citrus Congress I. R Goren, K Mendel (eds). Tel Aviv, Israel.* 6-11 March. Internatl. Soc. Citriculture. pp:33-45.
- Martínez M J, D Fajardo N, G Almenares G, M Ríos V (1997)** Calidad de fruta de ocho clones de naranja de maduración temprana en Contramaestre. *CitriFrut* 15:15-17.
- Martínez P D, L C Donadio (1996)** Desarrollo y producción inicial de variedades de naranja tardías. *In: Proc. Interam. Soc. Trop. Hort.* 40. Jaboticabal, Brasil. pp:152-156.
- Missiaen E (1981)** Citrus in Mexico. United States Dep. of Agriculture. Foreign Agricultural Service. 40 p.
- Padrón J E (1990)** Rendimiento y calidad de la fruta en la naranja Valencia Tardía *Citrus sinensis* Osb, con diferentes portainjertos en General Terán, N.L. Agric. Téc. Méx. 16:3-17.
- Passos S O (1979)** Differences in Navel oranges under tropical, and sub-tropical conditions. *Citrograph* 65:37-41.
- Pérez Z O, V M Medina U, S Becerra R (2002)** Crecimiento y rendimiento de naranja Valencia injertada en 16 portainjertos de cítricos en suelo calcimórfico y calidad de jugo. *Agrociencia* 36:137-148.
- Ray R, L Walheim (1980)** Citrus: How to Select, Grow and Enjoy. Horticultural Publishing Co. Inc. Price Stern Sloan, Inc. 360 North La Cienega Boulevard, Los Angeles, California. 176 p.

- Roose M (1996)** Performance of 4 citrus scions on 21 rootstocks in California. *In: Proc. Int. Soc. Citriculture I.* Sun City, South Africa. 12-17 May. Internatl. Soc. Citriculture. pp:141-144.
- Saunt J (1990)** Citrus Varieties of the World. Sinclair International Limited. 40 Hellesdon Park Road, Hellesdon Hall Industrial Park, Norwich, NRG SDR, England. 128 p.
- Tucker D P H, C J Hearn, C O Youtsey (1995)** Florida Citrus Varieties. University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences. SP-102. Florida, USA. 57 p.
- Williamson J G, L K Jackson (1993)** Sweet Orange. University of Florida. Institute of Food and Agriculture Sciences. Fact Sheet. HS-25. Florida, USA. 7 p.
- Zaragoza S, I Trenor, F Medina, E Alonso (1984)** Agronomical behavior of seven comercial citrus varieties cultivated in Spain. *In: Proc. Int. Soc. Citriculture I.* Sao Paulo, Brasil. 15-20 July. Internatl. Soc. Citriculture. pp:83-88.