

## INFLUENCIA DEL MESOCLIMA SOBRE LA MADUREZ DE FRUTO DE TORONJO (*Citrus paradisi* Macf.) EN CUBA \*

### MESOCLIMATE EFFECTS ON THE MATURITY OF GRAPEFRUIT (*Citrus paradisi* Macf.) IN CUBA

Mayda Betancourt Grandal<sup>1§</sup>, Vivian Sistachs Vega<sup>2</sup>, Cira Sánchez García<sup>1</sup>, María Eugenia García Álvarez<sup>1</sup>, Miriam Núñez Vázquez<sup>3</sup>, Oscar Solano Ojeda<sup>4</sup>, Caridad Noriega Carrera<sup>1</sup>, Hugo Oliva Díaz<sup>1</sup>, Zita María Acosta Porta<sup>1</sup>, Carmen Gloria Delgado<sup>1</sup> y María Elena Martín Padrón<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Investigadores del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Av. 7ma. #3005 e/ 30 y 32, Miramar, playa, Ciudad de La Habana, Cuba. <sup>2</sup>Universidad de La Habana. <sup>3</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José, La Habana, Cuba. <sup>4</sup>Instituto de Agrometeorología Casa Blanca. Ciudad de La Habana, Cuba. <sup>§</sup>Autora para correspondencia: villafana@cubarte.cult.cu; proyectos@iift.cu

#### RESUMEN

El clima es un factor crítico para el desarrollo de las plantas al limitar y modificar procesos fisiológicos. El estudio se efectuó durante cinco años consecutivos de 2000 a 2004, en una plantación comercial de toronjo (*Citrus paradisi* Macf.) cv. 'Marsh seedless' en la Isla de la Juventud (Cuba). El objetivo fue conocer la influencia del mesoclima durante el ciclo anual del cultivo sobre la madurez de los frutos. En dos etapas de desarrollo del fruto, de 121 a 180 y de 181 a 300 días después de plena floración, se analizaron los sólidos solubles totales, la acidez titulable, el índice de madurez y el porcentaje de jugo, y se relacionaron con nueve variables meteorológicas, las cuales se consideraron para los períodos de 10, 30 y 90 días antes del muestreo de los frutos. Los resultados mostraron que la acción del mesoclima influye sobre la madurez del fruto, fundamentalmente durante la segunda fase de desarrollo del fruto, a través de un efecto combinado de temperatura, velocidad del viento, insolación, evapotranspiración de referencia, precipitación y humedad relativa.

**Palabras claves:** *Citrus paradisi*, madurez del fruto, variables meteorológicas.

#### ABSTRACT

Climate constitutes a critical factor on plant development by limiting and modifying biological processes. This study was carried out during five consecutive years, during 2000 to 2004, in a commercial plantation of grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) cv. 'Marsh seedless' in the Island of Youth (Cuba). The objective of this research was to determine the influence of the mesoclimate during the yearly growth cycle on fruit maturity. The analysis was done in two stages of fruit development, a period from 121 to 180 and from 181 to 300 days after full bloom. Total soluble solids, acidity, maturity index and juice content were evaluated and related to nine meteorological variables. These meteorological variables were considered at 10, 30 and 90 days before fruit sampling. Results show that the interaction among different variables of the mesoclimate, such as temperature, wind speed, insolation, evapotranspiration, rainfall and relative humidity, modified the maturity of grapefruit, mainly during the second stage of fruit development.

**Key words:** *Citrus paradisi*, fruit maturity, meteorological parameters.

\* Recibido: Junio de 2005

Aceptado: Abril de 2006

## INTRODUCCIÓN

La maduración de los frutos cítricos se inicia en la fase III del período de desarrollo, caracterizado fundamentalmente por transformaciones químicas, manifiestas en incremento del contenido de azúcares y compuestos nitrogenados, así como en la disminución del ácido cítrico, como consecuencia del catabolismo de los ácidos orgánicos a través del proceso de respiración (Bain, 1958; Davies y Albrigo, 1994; Agustí, 2000).

El clima, factor crítico en el desarrollo de las plantas, limita y modifica los procesos biológicos fundamentales, debido a las múltiples interacciones que provoca. Su efecto se manifiesta de forma diversa en distintas regiones, según las características específicas de cada mesoclima. El análisis y estudio de la influencia de las variables meteorológicas de una región de cultivo sobre el proceso de desarrollo de la planta o de sus órganos, permite caracterizar la respuesta del mismo y resulta de gran utilidad práctica, para determinar la cosecha óptima del fruto.

En los cítricos, el clima es el factor abiótico fundamental que modifica considerablemente la calidad intrínseca del fruto, conocimiento que se ha obtenido de estudios conducidos en climas subtropicales y mediterráneos, ya que la información para climas tropicales es escasa (Davies y Albrigo, 1994; Agustí, 2000; Agustí *et al.*, 2003).

La toronja producida en la zona del Caribe alcanza un alto potencial productivo y de calidad de fruto. En este cultivo, bajo las condiciones de clima tropical húmedo de Cuba, se ha podido demostrar el comportamiento diferenciado de indicadores de la calidad interna que definen su madurez en las distintas localidades del país (Núñez, 1984; Betancourt *et al.*, 1986; Arangurer, 1996).

La toronja, en la Isla de la Juventud, se caracteriza por la precocidad en alcanzar su madurez en comparación con el resto de las localidades; lo anterior reduce el período de desarrollo y adelanta la cosecha en casi un mes. El objetivo del presente estudio fue determinar la influencia del mesoclima durante el ciclo anual del cultivo sobre la maduración de toronjo, lo que permitirá definir las tecnologías de cultivo para evitar los efectos adversos del clima y modelar el pronóstico de la madurez.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La Isla de la Juventud está geográficamente situada en el extremo sur occidental de Cuba, entre los 21 y 22° de latitud norte y 82 y 83° de longitud oeste, con una extensión territorial de aproximadamente 2205 km<sup>2</sup>. El clima es tropical, estacionalmente húmedo, con influencia marítima y rasgos de semicontinentalidad (Lecha *et al.*, 1994; Lima *et al.*, 1988). Presenta una estación lluviosa en el verano, adecuada para cultivar cítricos, desde el punto de vista agrobioclimático (Le Houèrou *et al.*, 1993).

El estudio se realizó en la mencionada isla durante cinco años, en una plantación comercial de toronjo (*Citrus paradisi* Macf.), cv. 'Marsh seedless', de 15 años de establecido, injertado sobre naranjo agrio (*Citrus aurantium* Linn), con un marco de plantación de 10 x 5 m, sobre un suelo de tipo Alítico (AGRINFORMINAGRI, Cuba, 1999). Se seleccionaron 14 árboles en la doble diagonal cruzada del centro del campo, los que conformaron dos grupos de siete árboles en cada diagonal para alternarlos en la selección de la toma de muestra de frutos por muestreo. El área total del campo es de 2.5 ha y 488 plantas.

La edad cero del fruto se consideró a partir del momento de plena floración, determinada por el método de Simanton (1970). Los muestreos de frutos se iniciaron a partir de los 121 días de edad del fruto (entre la tercera década de junio y la primera década de julio), cuando alcanza 90% de su diámetro ecuatorial final en la cosecha, y se extendieron hasta aproximadamente los 300 días de edad del fruto (entre el 25 y el 30 de diciembre). Se tomaron cinco frutos por planta cada 10 días, para un total de 35 frutos por muestreo, y 18 muestreos anuales, durante cinco años. Para cada fruto se determinaron las variables distintivas de la madurez: los sólidos solubles totales en °Brix, la acidez titulable en por ciento, el índice de madurez expresado por la relación sólidos solubles totales [acidez titulable (°Brix: acidez)] y el porcentaje en jugo del fruto (% p/p).

A los 10, 30 y 90 días antes de cada uno de los 18 muestreos, se registró la temperatura máxima del aire (Tx °C), la temperatura mínima del aire (Tn °C), la temperatura media (Tm °C), la amplitud de las temperaturas extremas (Amp. temp. °C), la precipitación acumulada (Prec mm), la humedad relativa media del aire (HR %), la

evapotranspiración de referencia acumulada (Eto mm), la insolación (Ins horas-luz) y la velocidad media del viento (Vt m seg<sup>-1</sup>).

Los indicadores de la calidad interna del fruto y las variables meteorológicas se analizaron en dos etapas de edad del fruto: la primera de 121 a 180 días, inicio de la fase de madurez y la segunda de 181 a 300 días, cuando los frutos se encuentran en plena fase de madurez y en etapa de cosecha. El método estadístico utilizado fue el Análisis Multivariado de Componentes Principales, técnica de análisis exploratorio de datos muy utilizada cuando las variables medidas son cuantitativas, basado en crear nuevas variables independientes, combinación lineal de las variables originales; cada una de ellas absorbe una parte de la variabilidad total, que permite reducir el número de nuevas variables independientes a utilizar. Para la ejecución del análisis estadístico se empleó el programa para microcomputadoras STATISTICA Versión 6.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Influencia de las condiciones meteorológicas sobre la madurez de los frutos

**Etapas del fruto de 121 a 180 días después de plena floración.** En el Cuadro 1, se muestra el valor promedio de las variables meteorológicas para los períodos de tiempo evaluados, cuyas condiciones climáticas prevalentes fueron similares, excepto la precipitación y evapotranspiración de referencia, las cuales disminuyeron de los 90 a los 10 días antes de los muestreos de los frutos.

En el Cuadro 2, se muestran los resultados de aplicar la técnica estadística de componentes principales sobre las variables de la calidad interna del fruto y las variables meteorológicas para los períodos de 10, 30 y 90 días antes de los muestreos de frutos durante la etapa de 121 a 180 días después de plena floración. Al analizar el porcentaje de varianza explicada para los tres períodos estudiados, puede observarse que los dos primeros componentes expresan del 64.26 a los 10 días hasta 76.38% de la variación observada a los 90 días (Cuadro 2). Para el período de 10 días, el primer componente se caracterizó por la presencia de una elevada acidez, bajo índice de madurez y porcentaje de jugo, cuando existieron

condiciones climáticas de altas temperaturas, máxima y media, insolación y velocidad del viento unidas a evapotranspiración elevada de referencia acumulada, así como, baja humedad relativa. El segundo componente se explicó, por un elevado contenido de sólidos solubles totales (°Brix) del fruto y temperaturas mínimas bajas. Estos resultados se explican por que durante estas fases, las variables meteorológicas influyeron fundamentalmente sobre los procesos de síntesis de azúcares y el catabolismo de los ácidos libres del jugo (Agustí, 2000).

Para el período de 90 días, la primera componente se expresó con una baja acidez de los frutos y elevado contenido de jugo, cuando ocurrió alta evapotranspiración de referencia y elevada acumulación de precipitación. El segundo componente se caracterizó por un bajo índice de madurez (Cuadro 2). Estos resultados muestran una situación climática diferente, con respecto a los 10 y 30 días antes de los muestreos, sobre todo en los parámetros precipitación y evapotranspiración de referencia (Cuadro 1).

El período de 90 días antes del muestreo se ubica entre 31 y 90 días después de plena floración y comprende las fases I y II de desarrollo del fruto, período de alta demanda de agua por la planta, debido a la división y alargamiento celular, esta fase es más exigente y susceptible a las condiciones de humedad del suelo para la formación y acumulación de biomasa.

Bajo las condiciones de cultivo evaluadas, se constató que la acidez de los frutos del toronjo 'Marsh seedless', se redujo cuando se presentaron altos valores de precipitación acumulada, tres meses antes (90 días) de la cosecha (Cuadro 1). Esto ocurrió con mayor antelación a lo informado por otros investigadores cuando analizaron la influencia del clima sobre la madurez de los frutos cítricos (Sánchez y Fernández, 1981; Núñez, 1984; Agustí, 2000). Los resultados sobre el contenido de acidez en los frutos, relacionados con la precipitación acumulada, pueden explicarse por el incremento en la translocación de los fotosintatos del follaje hacia las vesículas de jugo, lo cual ocurre en los frutos bajo condiciones moderadas de estrés hídrico (Yakushiji *et al.*, 1998).

El análisis de los tres períodos analizados, evidenció que las variables meteorológicas que más contribuyeron a la varianza explicada por componente principal en orden

Cuadro 1. Valor promedio de cinco años de variables meteorológicas por períodos climáticos evaluados para la etapa de desarrollo del fruto de 121 a 180 días.

Variables meteorológicas	Días a inicio de muestreo		
	10 días	30 días	90 días
Amplitud de la temperatura (Amp. temp °C)	8.5	8.6	8.5
Temperatura máxima (Tx °C)	32.3	32.3	31.7
Temperatura mínima (Tn °C)	23.7	23.7	23.2
Temperatura media (Tm °C)	28.0	28.0	27.5
Precipitación (Prec. mm)	64.0	172.4	532.6
Humedad Relativa (HR %)	82.2	82.0	81.2
Evapotranspiración de referencia (Eto mm)	51.0	152.5	455.5
Insolación (Ins horas-luz)	7.6	7.6	7.7
Velocidad del viento (Vt m seg <sup>-1</sup> )	2.1	2.1	2.0

Cuadro 2. Valor propio y varianzas explicadas de indicadores de la calidad interna de los frutos de toronjo 'Marsh seedless' y variables meteorológicas registradas antes del muestreo.

Variable	Días a inicio de muestreo					
	10 días		30 días		90 días	
	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP2
Valor propio	5.88	2.47	6.68	2.91	5.64	4.28
Varianza total explicada (%)	45.25	19.01	51.43	22.41	43.41	32.97
Varianza acumulada (%)	45.25	64.26	51.43	73.84	43.41	76.38
Brix	0.140	0.824	0.396	0.774	-0.298	-0.440
Acidez	0.791	0.185	0.748	0.093	-0.705	0.147
IM	-0.693	0.538	-0.451	0.571	0.470	-0.543
% Jugos	-0.835	0.158	-0.750	0.203	0.687	-0.315
Amp. Temp	0.453	0.463	0.634	0.541	-0.788	-0.135
Tx	0.904	0.007	0.939	-0.109	-0.154	-0.961
Tn	0.573	-0.548	0.535	-0.749	0.294	-0.898
Tm	0.882	-0.286	0.849	-0.449	0.054	-0.956
Prec.	-0.437	-0.321	-0.439	-0.481	0.846	0.216
HR	-0.689	-0.531	-0.694	-0.597	0.885	-0.154
Eto	0.765	0.323	0.890	0.296	-0.879	-0.360
Ins	0.693	0.198	0.818	0.037	-0.892	-0.269
Vt	0.656	-0.455	0.824	-0.416	0.100	-0.974

IM= Índice de madurez; Amp.Temp.= Amplitud de temperaturas extremas; Tx= Temperatura máxima; Tn= Temperatura mínima; Tm= Temperatura media; Prec.= Precipitación; HR= Humedad Relativa del aire; Eto= Evapotranspiración de referencia; Ins= Insolación; Vt= Velocidad media del viento; CP1= Componente principal 1; CP2= Componente principal 2; Desarrollo del fruto de 121-180 días después de la floración (valores medios de 30 muestreos de frutos).

descendente fueron: las temperaturas máxima y media, la evapotranspiración de referencia, la insolación, la velocidad del viento y la humedad relativa. Además, para los 90 días antes del muestreo sobresalieron la amplitud de las temperaturas extremas y la precipitación acumulada.

**Etapas del fruto de 181 a 300 días después de plena floración.** Los parámetros climáticos registrados durante esta etapa se presentan en el Cuadro 3. En forma similar a la etapa anterior, entre el día 10 y el 90 antes del muestreo de los frutos, ocurrieron las diferencias mayores en la precipitación y evapotranspiración de referencia acumuladas.

El análisis de componentes principales para esta etapa se muestra en el Cuadro 4. Los valores evidenciaron que los dos primeros componentes explicaron entre 60 y 68% de la variación observada en las características consideradas.

Para los períodos de 10, 30 y 90 días, antes de la fecha de los muestreos de frutos, se observó en el componente principal 1 que el menor grado de madurez de los frutos (alto contenido de acidez, bajo índice de madurez y rendimiento en jugo) estuvo relacionado generalmente con condiciones meteorológicas de elevadas temperaturas (máxima y media), alta acumulación de evapotranspiración de referencia y alta velocidad del viento, así como baja precipitación acumulada, humedad relativa e insolación (Cuadro 4).

Para 10 y 30 días los períodos se enmarcan al inicio de la fase de madurez del fruto, de 171-190 y de 151-270, respectivamente. Los frutos en esta última etapa requieren de la presencia de humedad adecuada en el suelo, capaz de permitir la acumulación de jugo, y como producto de este incremento disminuir la concentración de sólidos solubles totales y de acidez del jugo, elevándose por tanto el grado de madurez del fruto (Agustí, 2000).

Los resultados demostraron el efecto combinado de la acción de las variables meteorológicas sobre la madurez del fruto (Cuadro 4). Las temperaturas y la velocidad del viento aportaron la mayor contribución a la varianza principal del primer componente, seguidas de la evapotranspiración de referencia. Esta respuesta correspondió con los procesos de síntesis durante la fase de madurez del fruto, los cuales requieren grandes cantidades de energía suministrada por la respiración y metabolitos como hemicelulosas y sustancias pécticas como resultado de la fotosíntesis.

A los 90 días antes del inicio de muestreo, las condiciones se enmarcan desde mediados de la fase II de crecimiento rápido del fruto hasta plena madurez (91-210 días después de plena floración). Los valores de los coeficientes de las variables meteorológicas demuestran como éstas contribuyeron e influyeron en la maduración del fruto. Para este período se observó que, una elevada amplitud de las temperaturas extremas y media, también contribuyó a explicar la varianza del componente principal. Una mayor amplitud de las temperaturas favoreció la producción

**Cuadro 3. Variables meteorológicas evaluadas durante 5 años para la etapa del fruto de 181 a 300 días.**

Variables meteorológicas	Días a inicio de muestreo		
	10 días	30 días	90 días
<b>Amplitud de la temperatura (Amp. temp °C)</b>	<b>7.8</b>	<b>8.0</b>	<b>8.2</b>
<b>Temperatura máxima (Tx °C)</b>	<b>29.9</b>	<b>30.3</b>	<b>31.2</b>
<b>Temperatura mínima (Tn °C)</b>	<b>22.2</b>	<b>22.8</b>	<b>23.5</b>
<b>Temperatura media (Tm °C)</b>	<b>26.0</b>	<b>26.3</b>	<b>27.1</b>
<b>Precipitación (Prec mm)</b>	<b>42.2</b>	<b>141.5</b>	<b>479.9</b>
<b>Humedad Relativa (HR %)</b>	<b>83.0</b>	<b>83.2</b>	<b>82.7</b>
<b>Evapotranspiración de referencia (Eto mm)</b>	<b>39.6</b>	<b>124.7</b>	<b>410.8</b>
<b>Insolación (hrs horas-hor)</b>	<b>7.7</b>	<b>7.7</b>	<b>7.7</b>
<b>Velocidad del viento (Vt m seg<sup>-1</sup>)</b>	<b>1.9</b>	<b>1.9</b>	<b>2.0</b>

**Cuadro 4. Valor propio y varianzas explicadas de indicadores de la calidad interna de los frutos de toronjo ‘Marsh seedless’ y variables meteorológicas registradas.**

Variable	Días a inicio de muestreo					
	10 días		30 días		90 días	
	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP2
<b>Valor propio</b>	<b>5.89</b>	<b>2.40</b>	<b>5.71</b>	<b>2.39</b>	<b>6.20</b>	<b>2.70</b>
<b>Varianza total explicada (%)</b>	<b>45.36</b>	<b>18.48</b>	<b>43.92</b>	<b>18.41</b>	<b>47.69</b>	<b>20.78</b>
<b>Varianza acumulada (%)</b>	<b>45.36</b>	<b>63.84</b>	<b>43.92</b>	<b>62.33</b>	<b>47.69</b>	<b>68.47</b>
<b>Brix</b>	<b>-0.204</b>	<b>0.250</b>	<b>-0.181</b>	<b>-0.517</b>	<b>-0.020</b>	<b>0.757</b>
<b>Acidez</b>	<b>0.629</b>	<b>0.296</b>	<b>0.635</b>	<b>-0.633</b>	<b>0.774</b>	<b>-0.564</b>
<b>IM</b>	<b>-0.817</b>	<b>-0.157</b>	<b>-0.826</b>	<b>0.302</b>	<b>-0.856</b>	<b>0.112</b>
<b>% Jugo</b>	<b>-0.637</b>	<b>-0.296</b>	<b>-0.608</b>	<b>0.352</b>	<b>-0.669</b>	<b>0.103</b>
<b>Amp. Temp</b>	<b>0.176</b>	<b>0.232</b>	<b>0.249</b>	<b>-0.023</b>	<b>0.635</b>	<b>-0.124</b>
<b>Tx</b>	<b>0.952</b>	<b>-0.105</b>	<b>0.970</b>	<b>0.121</b>	<b>0.935</b>	<b>0.290</b>
<b>Tn</b>	<b>0.870</b>	<b>-0.178</b>	<b>0.268</b>	<b>0.464</b>	<b>0.014</b>	<b>0.418</b>
<b>Tm</b>	<b>0.959</b>	<b>-0.149</b>	<b>0.965</b>	<b>0.111</b>	<b>0.910</b>	<b>0.362</b>
<b>Prec.</b>	<b>0.342</b>	<b>-0.682</b>	<b>-0.647</b>	<b>0.619</b>	<b>0.098</b>	<b>-0.927</b>
<b>HR</b>	<b>0.217</b>	<b>-0.851</b>	<b>0.177</b>	<b>-0.753</b>	<b>-0.512</b>	<b>-0.635</b>
<b>Eto</b>	<b>0.781</b>	<b>0.502</b>	<b>0.925</b>	<b>-0.172</b>	<b>0.970</b>	<b>0.079</b>
<b>Ins</b>	<b>0.097</b>	<b>0.791</b>	<b>0.123</b>	<b>-0.547</b>	<b>0.431</b>	<b>-0.293</b>
<b>Vt</b>	<b>0.953</b>	<b>-0.151</b>	<b>0.963</b>	<b>0.125</b>	<b>0.904</b>	<b>0.379</b>

IM= Índice de madurez; Amp. Temp.= Amplitud de temperaturas extremas; Tx= Temperatura máxima; Tn= Temperatura mínima; Tm= Temperatura media; Prec.= Precipitación; HR= Humedad Relativa del aire; Eto= Evapotranspiración de referencia; Ins= Insolación; Vt= Velocidad media del viento; CP1= Componente principal 1; CP2= Componente principal 2; Etapa de desarrollo del fruto de 181-300 días (valores medios de 60 muestreos de frutos).

neta de biomasa, debido a que las cantidades de materia orgánica producidas por la fotosíntesis durante el día no se consumieron totalmente durante el proceso respiratorio por la noche, como consecuencia de temperaturas más bajas.

Los indicadores de la calidad interna del fruto analizados, excepto de los sólidos solubles totales en la etapa de 121 a 180 días a partir de plena floración, continuaron manifestándose durante la fase de maduración del fruto (181 a 300 días), lo cual sugiere que, desde edades muy tempranas, la maduración está predeterminada por las variables meteorológicas durante todo el período de desarrollo del fruto.

Los resultados de este trabajo evidenciaron que el mayor contenido de sólidos solubles totales se obtuvo en presencia de baja acumulación de precipitación y cuando ésta se incrementó, los grados Brix del jugo disminuyeron por un efecto de dilución en jugo; estos resultados coincidieron con estudios realizados bajo diferentes condiciones de cultivo en áreas con clima subtropical y mediterráneo (Cohen *et al.*, 2000; Goldschmidt, 2000; Zapata *et al.*, 2001).

Cabe destacar que, la velocidad del viento relacionó con un menor grado de madurez de los frutos (Cuadro 4) cuyo carácter estresante ocasionó una elevada transpiración, la cual unida a las altas temperaturas originó un déficit hídrico en la planta, y consecuentemente una disminución

del potencial hídrico o de la actividad celular del agua; con efectos subsiguientes sobre los procesos fisiológicos, entre ellos el incremento de las reacciones degradativas, con relación a las de síntesis (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000), al provocar una disminución en la síntesis de los azúcares y ácidos del jugo de los frutos (Leng y Syvertsen, 1981 citado por Syvertsen, 2003; Bower, 2000).

El análisis de los indicadores de madurez del fruto, durante la etapa de 181-300 días, demostró que los parámetros meteorológicos que más contribuyeron a la varianza por componente principal en orden descendente, fueron: las temperaturas máxima y media, la velocidad del viento, la evapotranspiración de referencia y la humedad relativa.

## CONCLUSIONES

El mesoclima influye sobre la madurez del fruto de toronjo en la etapa de desarrollo de 121 a 180 días después de plena floración, fundamentalmente a través de las temperaturas máximas y media, la evapotranspiración de referencia, la insolación, la velocidad del viento y la humedad relativa para períodos de tiempo cercanos a la fase de maduración del fruto.

Las temperaturas elevadas, retardaron la maduración de los frutos; éstas se observaron a los 90 días anteriores a la etapa de desarrollo de la toronja 'Marsh seedless', de 181 a 300 días después de plena floración, unidas a la velocidad del viento y a la baja humedad relativa, con alto acumulado de evapotranspiración.

El efecto modificador del mesoclima en la Isla de la Juventud, sobre la maduración de los frutos de toronjo 'Marsh seedless', se realiza a través de la acción combinada de varios parámetros meteorológicos.

## LITERATURA CITADA

- Agencia de Información para la Agricultura-Ministerio de la Agricultura (AGRINFOR-MINAGRI). 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Ciudad de La Habana, Cuba. 64 p.
- Agustí, M. 2000. El clima. *In*: Agustí, M. (ed.). Citricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Valencia, España. 105-119.
- Agustí, M.; Martínez-Fuentes, A.; Mesejo, C.; Juan M. y Almela, V. 2003. Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos. Generalitat Valenciana. Conselleria D' Agricultura, Peixca I Alimentacio. 80 p. (Sèrie Divulgació Tècnica).
- Aranguren, M. 1996. Análisis de crecimiento en frutos de cultivares cítricos para decidir sus fechas de cosecha comercial. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Especialista en Fisiología Vegetal. México. 169 p.
- Bain, J. 1958. Morphological, anatomical and physiological changes in the developing fruit of the Valencia Orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Aust. J. Bot.* 6:1-24.
- Betancourt M., J.; Llanos, L.; Vázquez A. y Guerra, H. 1986. Crecimiento y desarrollo del fruto de toronja. I. Influencia del patrón. *In*: Simp. Int. Citricultura Tropical 2:65-76.
- Bower, J. P. 2000. Water stress in citrus and its alleviation. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 2:630-633.
- Cohen, S.; Goldschmidt, E. E.; Ravek, E.; Raz, T.; Cohen, Y.; Li, Y.; Kordova-Bieznvel, L.; Grava, A.; Tang, Y.; Sax, S.; Jifon J. and Silvertsen, J. 2000. Modifying solar radiation to increase water use efficiency, yield and fruit quality in Citrus. *Second. Annu. Rpt. (BARD Proje. No. IS-2835-97R)*.
- Davies, F. S. and Albrigo, L. G. 1994. Citrus crop productions. *Science in Horticulture. CAA Int.* 254 p.
- Goldschmidt, E. E. 2000. Reassessment of climatic effects on fruit maturation in Citrus towards the development of a fruit maturation and quality model. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 2:300-302.
- Lecha, L.; Paz, L. y Lapinel, B. 1994. "El Clima de Cuba". *In*: Lecha, L.; Paz, L. y Lapinel, B. El clima de Cuba. Academia. La Habana, Cuba. 186 p.
- Le Houèrou H. N.; Popov, G. F. and See, L. 1993. "Agro-bioclimatic Classification of Africa". *Food and Agriculture Organization. FAO Agrometeorology Series. Rome, Italy.* 228 p. (Working Paper Number 6 FAO).
- Lima, H.; Cornide, M. T.; Alvarez, M. y Frómata, E. 1988. Clasificación edafoclimática de las localidades cítricas en Cuba. *Agrotecnia de Cuba* 20(2):63-74.
- Núñez, M. 1984. Crecimiento y desarrollo de los frutos de tres especies del género *Citrus* e influencia del clima, los patrones y la nutrición mineral. Tesis de

- Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 156 p.
- Sánchez, C. D. and Fernández, M. A. 1981. Climatic effects on Valencia oranges in Eastern Cuba. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 1:331-334.
- Sánchez-Díaz, M. y Aguirreolea, J. 2000. El agua en la planta. *In: Azcon-Bieto, J. y Talón, M. (eds.) Fundamentos de Fisiología Vegetal. Universidad de Barcelona.* p. 17-30.
- Simanton, A. 1970. Seasonal patterns of citrus bloom. *The Citrus Industry* 51(5):223-226.
- Syvertsen, J. 2003. Efecto de las altas temperaturas y humedad relativa baja en la fisiología y productividad de los cítricos. *Encuentro Interamericano de Cítricos.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Red Interamericana de Cítricos, Inter. American Citrus Network. México. p. 160-178.
- Yakushiji, H.; Morinaga, K. and Nonami, H. 1998. Sugar accumulation and partitioning in Satsuma mandarin tree tissues and fruit in response to drought stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123:719-726.
- Zapata, A. J.; Fernández M., F. y Rojo J., S. 2001. Evolución del crecimiento del fruto y aspectos sobre la caída fisiológica; bajo diferentes aspectos de riego deficitario var. 'Newhall' en Almería. *Levante Agrícola* 40(356):201-206.