

Características climáticas y balance hídrico de la lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) en cinco localidades productoras de Colombia

Climatic characteristics and water balance of the Tahiti acid lime (*Citrus latifolia* Tanaka) in five production locations of Colombia



DAVID RICARDO HERNÁNDEZ A.¹
DIANA MATEUS C.²
JAVIER ORLANDO ORDUZ-RODRÍGUEZ^{2, 3}

Huerto lima ácida Tahití, C.I. La Libertad, Villavicencio.
Foto: H. Velásquez

RESUMEN

La lima ácida Tahití se cultiva desde el nivel del mar hasta los 1.200 msnm lo que genera variabilidad en las condiciones ecológicas que influyen sobre el potencial del cultivo. Con el propósito de identificar qué factores climáticos pueden condicionar el comportamiento productivo, la calidad del fruto y el destino del mercado, se inició el estudio en cinco localidades productoras del país: Santander (Lebrija), Piedemonte del Meta (C.I. La Libertad), valle alto del Magdalena (C.I. Nataima), Valle del Cauca (C.I. Palmira) y Caribe seco (C.I. Caribia). La información climática se obtuvo de la base de datos multianual del Ideam, se realizó el balance hídrico y se determinó periodos de excesos y déficit hídricos, se calcularon las unidades de calor acumuladas (UC) y la variación diaria de la temperatura en los meses de mayor y menor precipitación. Se encontró que las marcadas diferencias climáticas pueden afectar las características de calidad de las frutas. Las zonas con las temperaturas medias más altas y los niveles más elevados de evaporación y evapotranspiración del cultivo (ETc) se obtuvieron en el Caribe seco (C.I. Caribia) y Tolima (C.I. Nataima). Esta última región presentó una mayor variación en el delta diario de temperatura y valor más elevado de acumulación de UC. La localidad con la menor temperatura media fue Lebrija, presentó la menor variación en el delta diario de temperatura y el valor más bajo de acumulación de UC. La información climática sugiere la implementación de riego en C.I. Caribia, C.I. Nataima, C.I. Palmira.

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, Villavicencio (Colombia).

² Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), C.I. La Libertad, Villavicencio (Colombia).

³ Autor para correspondencia. jordu@corpoica.org.co

Palabras clave adicionales: ecofisiología, agroclimatología, unidades de calor, trópico.

ABSTRACT

The Tahiti acid lime is grown from sea level to 1,200 m a.s.l., which results in variability for the ecological conditions that influence the potential of this crop. In order to identify which climatic factors can affect growth performance, fruit quality and target market, this study was initiated in five production locations in Colombia: Santander (a farm in Lebrija), Piedmont Meta (the Research Center [R.C.] La Libertad), the high Magdalena Valley (R.C. Nataima), Valley of Cauca (R.C. Palmira) and the dry Caribbean (R.C. Caribia). The climate information was obtained from the multiyear database Ideam. The water balance was observed and the periods of excess and deficiency were determined, along with the accumulated heat units (HU) and temperature variations in the months of high and low precipitation. It was found that marked differences in climate can affect the quality characteristics of this fruit. The zones with the higher average temperatures and higher levels of evaporation and crop evapotranspiration (ETc) were R.C. Caribia and R.C. Nataima; the latter had a greater variation in the daily temperature delta and a higher accumulation value of HU. The location with the lowest average temperature was Lebrija, with less variation in the daily temperature delta, and the lowest accumulation of HU. The climate information indicates the need for the implementation of irrigation in R.C. Caribia, R.C. Nataima and R.C. Palmira.

Additional key words: ecophysiology, agroclimatology, heat units, tropics.

Fecha de recepción: 30-07-2014

Aprobado para publicación: 10-11-2014

INTRODUCCIÓN

En condiciones tropicales, los cítricos se sitúan en regiones donde las temperaturas medias anuales son superiores a 18°C y las temperaturas mínimas generalmente no están por debajo de los 0°C (Davies y Albrigo, 1994). En Colombia se pueden cultivar desde el nivel del mar hasta los 2.100 msnm (Sánchez *et al.*, 1987), de forma comercial se recomienda hasta los 1.600 msnm.

Los elementos climáticos de importancia para el cultivo de los cítricos en condiciones tropicales son: principalmente frecuencia y distribución de la precipitación, luego radiación, temperaturas (medias totales, medias máximas y mínimas), humedad relativa y velocidad del viento; el comportamiento anual y su variabilidad condicionan la fenología de las plantas y el desarrollo de las

prácticas de manejo de los cultivos como riego, fertirrigación, fertilización, podas y manejo fitosanitario (Orduz y Mateus, 2012). La sumatoria de estas variables climáticas junto con prácticas de manejo de los cultivos determina el comportamiento productivo y la calidad de los frutos.

En el cultivo de lima Tahití, los estudios para establecer los factores climáticos limitantes son escasos, además la presencia de microclimas en las regiones tropicales ocasionados por el relieve y las diferencias altitudinales hace necesario el estudio agroclimático de las regiones de interés en especial para el mercado de exportación, en el cual el país tiene amplias posibilidades de crecimiento tanto para Europa como para Estados Unidos o islas turísticas del Caribe. La informa-

ción agroclimática permite determinar las ventajas y limitantes en la producción de cultivos en cada una de ellas, para la generación de modelos productivos tecnificados.

En el país se cultivan y se comercializan dos limas ácidas: el limón Pajarito o Mexicano (*Citrus aurantifolia*) y la lima ácida Tahití (*C. latifolia*); esta última es dominante tanto en el mercado interno como en el mercado de exportación (Ordúz *et al.*, 2009). Para el mercado interno el atributo más importante es el contenido de jugo, la región que produce la mejor calidad en esta variable es el Tolima. Para el mercado de exportación las características del fruto de mayor interés son el color verde intenso del fruto, la ausencia de áreas con “golpe de sombra” (áreas blancuzcas en la corteza del fruto) y las características de la corteza, teniendo en cuenta que el uso de la fruta que se exporta se usa principalmente en coctelería en especial para el mercado de Europa. La principal región exportadora es Lebrija (Santander), se estima que la fruta obtiene buena calidad debido a las condiciones ambientales de la región y a las prácticas de manejo de los productores para mejorar la exposición de los frutos a la luz (con raleo de frutos y podas), obteniendo el color verde intenso deseado.

En los últimos 13 años Colombia ha exportado 27.300 t de lima; de estas, el año 2007 fue el que alcanzó un mayor volumen de exportación con 3.596 t (Agronet, 2014). Las exportaciones hasta el mes de agosto del 2014, la cifra de exportación ya alcanza las 4.529 t; de tal forma que el año 2014 puede llegar a doblar al año de mayor exportación. Teniendo en cuenta que los problemas fitosanitarios en la producción de lima Tahití en México, Florida (Estados Unidos) y Sao Paulo (Brasil), se vislumbra un importante aumento de las exportaciones de otros países productores, en las cuales Colombia presenta un lugar destacado. El aumento de las exportaciones en el corto plazo puede llegar a mejorar el precio del mercado interno mejorando el ingreso de los productores.

Con el propósito de conocer las condiciones climáticas de las principales localidades donde se cultiva la lima ácida Tahití en Colombia, se realizó un estudio de caracterización con los elementos climáticos de mayor interés para el cultivo, identificando cuáles de ellos están limitando el rendimiento de los cultivos, y la influencia que tienen sobre los aspectos de calidad interna y externa de la fruta; de la misma forma se compara la influencia de los regímenes y volumen de precipitación en cada región con los requerimientos hídricos y con las prácticas de riego.

METODOLOGÍA

Para determinar las características climáticas de las principales localidades productoras de lima Tahití del país, se recolectó y analizó información en cinco zonas: Santander (Lebrija, Aeropuerto de Palonegro), Piedemonte del Meta (C.I. La Libertad, Villavicencio, Meta), valle alto del Magdalena (C.I. Nataima, Espinal, Tolima), Valle del Cauca (C.I. Palmira, Palmira, Valle del Cauca), y Caribe seco (C.I. Caribia, Zona Bananera, Magdalena).

Los promedios mensuales climatológicos se tomaron de la base de datos multianual disponible en línea del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam, s.f.), con registros históricos acumulados entre 1981 y 2010, de las variables: precipitación, humedad relativa, temperatura, brillo solar; la velocidad del viento corresponde al Atlas climatológico de Colombia (Ideam, 2005). Con la información climática recolectada se calculó el balance hídrico mensual para el cultivo de lima Tahití, con los valores de evapotranspiración y precipitación efectiva, sin incluir el almacenamiento de agua en el suelo y se determinaron los periodos de exceso y déficit hídrico.

Para obtener la evapotranspiración del cultivo (ETc) se utilizó la metodología propuesta por

FAO (2006), que recomienda el uso de coeficientes específicos para cada cultivo (K_c), utilizando la siguiente fórmula en cada localidad:

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (1)$$

Para calcular la evapotranspiración de referencia (ET_o), se utilizó la metodología de Penman-Monteith utilizando el *software* DailyET (V3.0), de la Universidad de Cranfield. El K_c usado es el sugerido por Doorenbos y Kassam (1994) para el cultivo de cítricos en presencia de arvenses, (0,9 y 0,85) en cada localidad. En los meses en los cuales la evaporación supera a la precipitación se usó 0,9 y en los meses húmedos.

Para calcular la precipitación efectiva (P. ef.) se utilizó el método de USDA SCS (P), mediante el *software* CROPWAT de FAO, a partir de valores mensuales de precipitación.

$$P. \text{ ef.} = P. \text{ mensual} * (125 - 0,2 * P. \text{ mensual}) / 125 \text{ [para mensual} \leq 250 \text{ mm]} \quad (2)$$

$$P. \text{ ef.} = \frac{125 + 0,1 * P. \text{ mensual}}{\text{[para } P. \text{ mensual} > 250 \text{ mm]}} \quad (3)$$

Con la información de las estaciones se calculó la temperatura media histórica (incluyendo máximas, mínimas y medias) para cada localidad y la precipitación media anual. Para conocer el delta térmico diario se seleccionó el mes con mayor y menor precipitación, y se calculó la media de la variación térmica día/noche por localidad.

El cálculo de las unidades de calor (Mendel, 1969), se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$UC = \frac{\text{temperatura media diaria} - 12,5^\circ\text{C}}{\text{x número de días al año}} \quad (4)$$

Esta información permite diferenciar las condiciones de temperatura en cada localidad y su posible influencia en las plantas, en especial sobre la calidad y su relación con los mercados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características climáticas de las cinco localidades de estudio

La temperatura media anual del piedemonte del Meta es de 26°C con variaciones desde los 24°C en abril (invierno) y 27°C en enero (época seca) (figura 1A). La temperatura mínima es constante durante el año (22°C). La temperatura máxima es de 31°C , siendo los meses de época seca los que registran valores más altos (32 y 33°C). La humedad relativa de la región es de 79% en promedio, siendo el mes de mayo el más alto (85%) y febrero el de menor humedad relativa (68%). La velocidad del viento media es de $1,6 \text{ km h}^{-1}$, alcanzando la velocidad máxima en la época seca (2 km h^{-1}).

Esta zona se caracteriza por una formación ecológica de bosque húmedo tropical (Bh-T) (IGAC, 2014) con un régimen monomodal de lluvias, se presentan precipitaciones constantes durante nueve meses del año, iniciándose en marzo y finalizando en noviembre, presentando los picos más altos entre abril y junio, mientras que la época seca dura los tres meses restantes, desde diciembre al mes de febrero (figura 1A). En condiciones tropicales el déficit hídrico (por ausencia de lluvias) es el principal factor que incide en la inducción floral; lo que permite el desarrollo de las flores después de iniciarse la precipitación y la brotación al inicio de la época lluviosa o al aplicarse riego (Orduz, 2007).

En la figura 1B se observa la variación anual de la temperatura y precipitación de los valles interandinos del Espinal (Tolima), esta zona presenta una temperatura media anual de 28°C . Las temperaturas mínimas oscilan entre 22 y 23°C en época seca y lluviosa. En las temperaturas máximas el valor promedio es de 33°C , alcanzando sus niveles críticos en el mes de agosto con 35°C . Coelho (1993) reporta que las temperaturas entre los 22 y 35°C son óptimas para el desarrollo de la lima Tahití. La localidad se caracteriza por tener una humedad relativa del

69% en promedio, alcanzando su valor mínimo en agosto con 58% y su máximo en noviembre con 75%. La velocidad del viento anual es de 7,9 km h⁻¹ en promedio y presenta los picos más altos en los meses de julio y agosto con 9 y 10 km h⁻¹, correspondientemente.

El municipio del Espinal presenta paisaje de montaña y formación ecológica de bosque seco tropical (Bs-T) (IGAC, 2014), con régimen de lluvias bimodal. Las precipitaciones tienen una duración de seis meses al año y presentan un acumulado de 1.476 mm anuales. El primer periodo

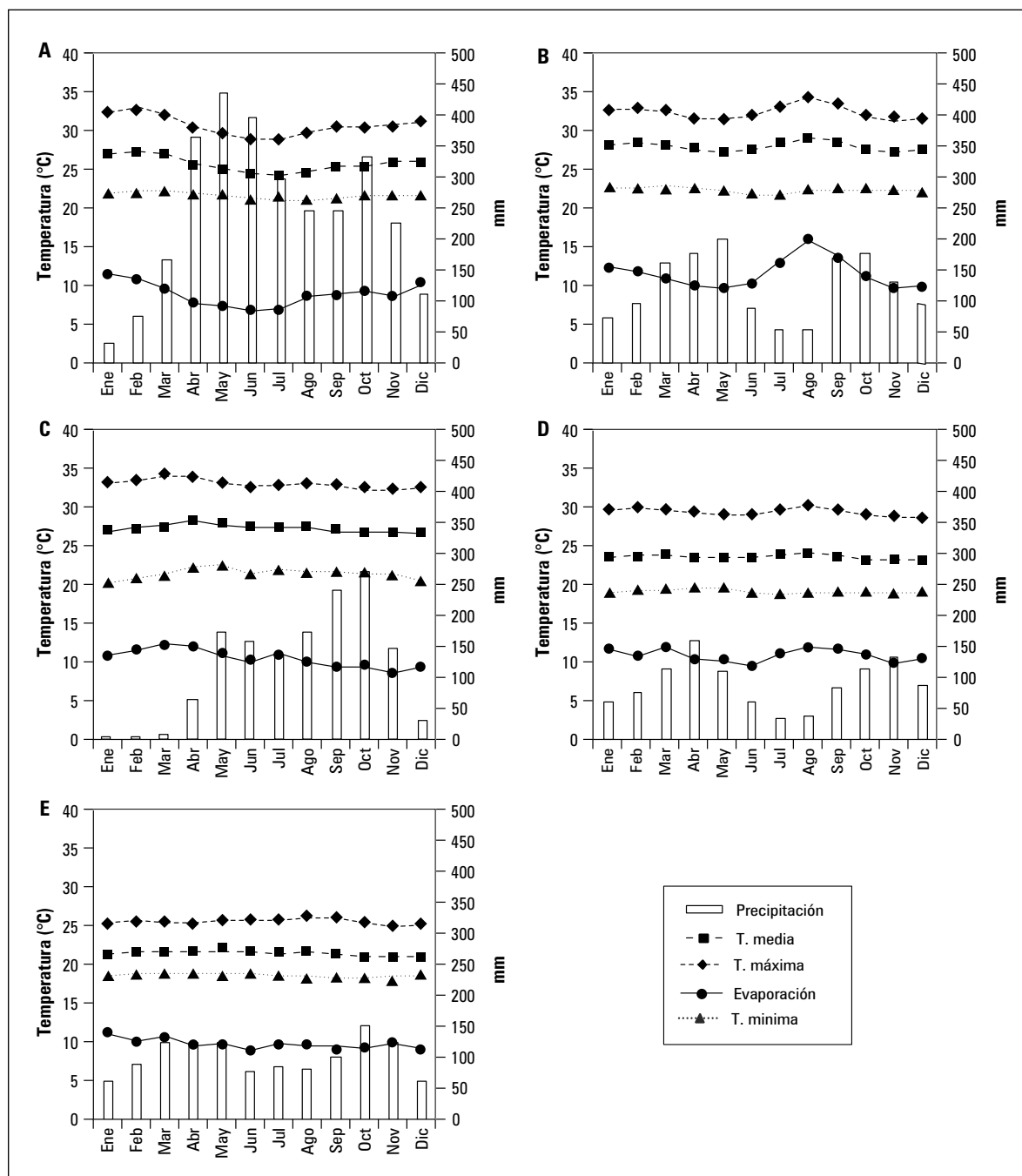


Figura 1. Variación estacional de las temperaturas media, máxima y mínima, evaporación y precipitación anual en cinco localidades en Colombia. A. C.I. La Libertad, B. C.I. Nataima, C. C.I. Caribía, D. C.I. Palmira y E. Lebrija.

de lluvias ocurre entre marzo y mayo, en este último se presenta la precipitación más alta (202 mm). El segundo periodo lluvioso ocurre en los meses de octubre a noviembre, siendo octubre el de mayor precipitación, 176 mm (figura 1B). Respecto a la época seca, el primer ciclo se presenta entre los meses de diciembre y febrero, enero es el más seco. El segundo ciclo comprende los meses junio y septiembre, agosto es el mes con los valores más altos.

En la figura 1C se observan las condiciones climáticas (precipitación y temperatura) del municipio Zona Bananera. Las temperaturas promedio anual oscilan entre 27 y 28°C. Las máximas y mínimas presentan valores medios de 32 y 22°C, respectivamente y no existe variación importante a lo largo del año (figura 1C). La zona presenta una humedad relativa promedio anual del 81%, siendo octubre el mes con mayor valor con 85% y marzo con 79%, el de menor valor.

La zona bananera está caracterizada por tierras de planicies aluviales, su formación ecológica corresponde a bosque seco tropical (Bs-T) (IGAC, 2014) y presenta un régimen de lluvias monomodal. Las precipitaciones se dan durante siete meses del año, alcanzando un valor de 1.422 mm, iniciando en mayo y finalizando en noviembre, con los picos más altos en los meses de septiembre y octubre (figura 1C). La época seca ocurre en los cinco meses restantes donde las precipitaciones son bajas o nulas, lo que eventualmente supondría un déficit en los requerimientos hídricos del cultivo.

En los valles interandinos de Palmira (Valle del Cauca), la temperatura media anual es de 24°C, las temperaturas máximas y mínimas oscilan entre 29 y 19°C, respectivamente, se mantienen constantes y sin diferencia significativa en el transcurso del año (figura 1D). La humedad relativa es de 77%, con una velocidad del viento promedio de 5,6 km h⁻¹, alcanzando su pico más

alto en el mes de agosto con 6,5 km h⁻¹ y el pico más bajo en abril con 2,5 km h⁻¹.

El Valle del Cauca se caracteriza por un paisaje de montaña (IGAC, 2014), con una formación ecológica de bosque seco tropical (Bs-T) (Corpoica, 1998), y un régimen bimodal de lluvias. Las precipitaciones superan la evaporación durante dos meses al año y presentan un total de 1.068 mm anuales (figura 1D). La época seca se presenta en dos ciclos: el primero los meses entre diciembre y marzo, siendo enero el de más baja pluviosidad; el segundo se da los meses de mayo a octubre, donde julio es el mes con menor precipitación.

Lebrija (Santander) presenta diferencias considerables con las otras zonas por tener un clima cálido con temperaturas menores (figura 1E). La zona exhibe una temperatura media anual de 21°C sin variaciones importantes en el transcurso del año. Este comportamiento se observa en las temperaturas máximas con un rango comprendido entre 25 y 26°C y temperaturas mínimas con valores de 18 a 19°C (figura 1E). La localidad reporta una humedad relativa del 82% promedio anual y una velocidad del viento promedio de 8,5 km h⁻¹. La zona se caracteriza por el paisaje de Altiplanicie y una formación ecológica de bosque seco premontano (Bs-PM) (IGAC, 2014), con un régimen bimodal de lluvias, donde se destacan dos periodos de mayor precipitación para un total de 1.189 mm. El primer periodo de lluvias ocurre en los meses de abril a mayo, donde abril tiene el valor más alto con 125 mm, superando la evaporación. El segundo periodo incluye los meses entre octubre y noviembre; octubre se registra como el mes de mayor precipitación con 149 mm. Frente a los periodos de sequía, el primer periodo es el más corto y ocurre en los meses de diciembre a marzo, el segundo periodo es el más prolongado y hace referencia a los meses entre junio y septiembre, donde junio es el mes de menor pluviosidad con un valor de 76 mm.

Balance hídrico del cultivo

Se estima que la cantidad de agua necesaria para suplir los requerimientos hídricos de los cítricos puede variar entre 1.000 y 1.563 mm bien distribuidos durante el año (Ordúz y Fischer, 2007). Azevêdo (2003) calculó un requerimiento hídrico de 1.200 mm para Brasil y 1.563 mm para Sudáfrica (Van Bavel *et al.*, 1967). En zonas donde la precipitación no alcanza estos valores o la época lluviosa es corta e irregular, es necesario acudir a la irrigación de las plantas. La necesidad y la cantidad de lámina de riego es variable en las diferentes especies de cítricos (Torres, 1980); Ferreira Coelho *et al.* (2004) mencionan que el limón verdadero (*Citrus limon*) puede ser menos exigente que otras especies vegetales como naranja (*Citrus sinensis*) o mandarina (*Citrus reticulata*).

En la figura 2 se presenta el balance hídrico del cultivo en las cinco localidades, allí se presenta la evapotranspiración del cultivo de lima Tahití frente a la precipitación efectiva estimada para cada localidad con la metodología de USDA; a partir de estos datos se determina el exceso y déficit hídrico en el transcurso del año para las cinco zonas.

En el régimen monomodal del piedemonte del Meta, se determinó una precipitación efectiva de 1.567 mm para las condiciones climáticas del C.I. la Libertad (figura 2A). Esta precipitación es suficiente para suplir la evapotranspiración del cultivo de cítricos. Se reportó un requerimiento de 1.046 mm anuales para mandarina en condiciones del piedemonte del Meta (Ordúz y Fischer, 2007). En esta región se presentan un promedio de 123 mm de déficit de lluvias en el año; lo cual ocurre en la época seca meses de diciembre, enero y febrero. Cultivos recién establecidos, pueden requerir suministro temporal del recurso hídrico durante las épocas de sequía para evitar pérdida de plantas en la fase de establecimiento del cultivo; en plantas adultas no se necesita riego y el estrés hídrico es necesario

para la inducción de la floración (Davies y Albrigo, 1994).

Como se observa en la figura 2B, el régimen de lluvias en los valles interandinos del Tolima es bimodal. Se encontró una precipitación efectiva de 1.137 mm año⁻¹ que superan los valores de ET_c; en este periodo se produjo un exceso total de 53 mm donde el valor más alto ocurrió en el primer periodo de lluvias, en el mes de mayo. Se presentó déficit en dos periodos con 397 mm, donde el de mayor magnitud es el segundo periodo, especialmente en el mes de agosto con un valor de 115 mm. Estos niveles de déficit se generan en los meses noviembre-marzo y junio-septiembre, donde los valores de precipitación no suplen la evapotranspiración del cultivo de lima Tahití o se mantienen al límite; es importante en futuros trabajos medir la disponibilidad de agua en el suelo en las cinco localidades para determinar la necesidad de riego. Ferreira Coelho *et al.* (2004) recomiendan en caso de necesitarse, métodos como microaspersión y goteo, los cuales son los más eficientes en aplicación, uso de baja presión, facilidad de operación y buen control sobre la humedad y aireación del suelo.

En las planicies aluviales de la Zona Bananera se presenta un régimen de lluvias monomodal, donde la precipitación efectiva es de 997 mm año⁻¹. El exceso hídrico es de 160 mm de agua durante seis meses, siendo octubre el mes con el valor más alto con 53 mm (figura 2C). A su vez, hay seis meses secos donde el déficit hídrico acumulado es de 536 mm, febrero y marzo son los meses más críticos, con menor frecuencia de la precipitación y con valores de 128 y 131 mm de déficit hídrico respectivamente. Durante los 6 meses de déficit hídrico, se debe aplicar riego dependiendo de la fenología de la planta, en especial si se encuentra con flores y frutos. Dentro del uso del riego debe observarse la necesidad de una época de estrés con el propósito de que se presente la inducción de la floración. No se conoce con exactitud ni la duración ni

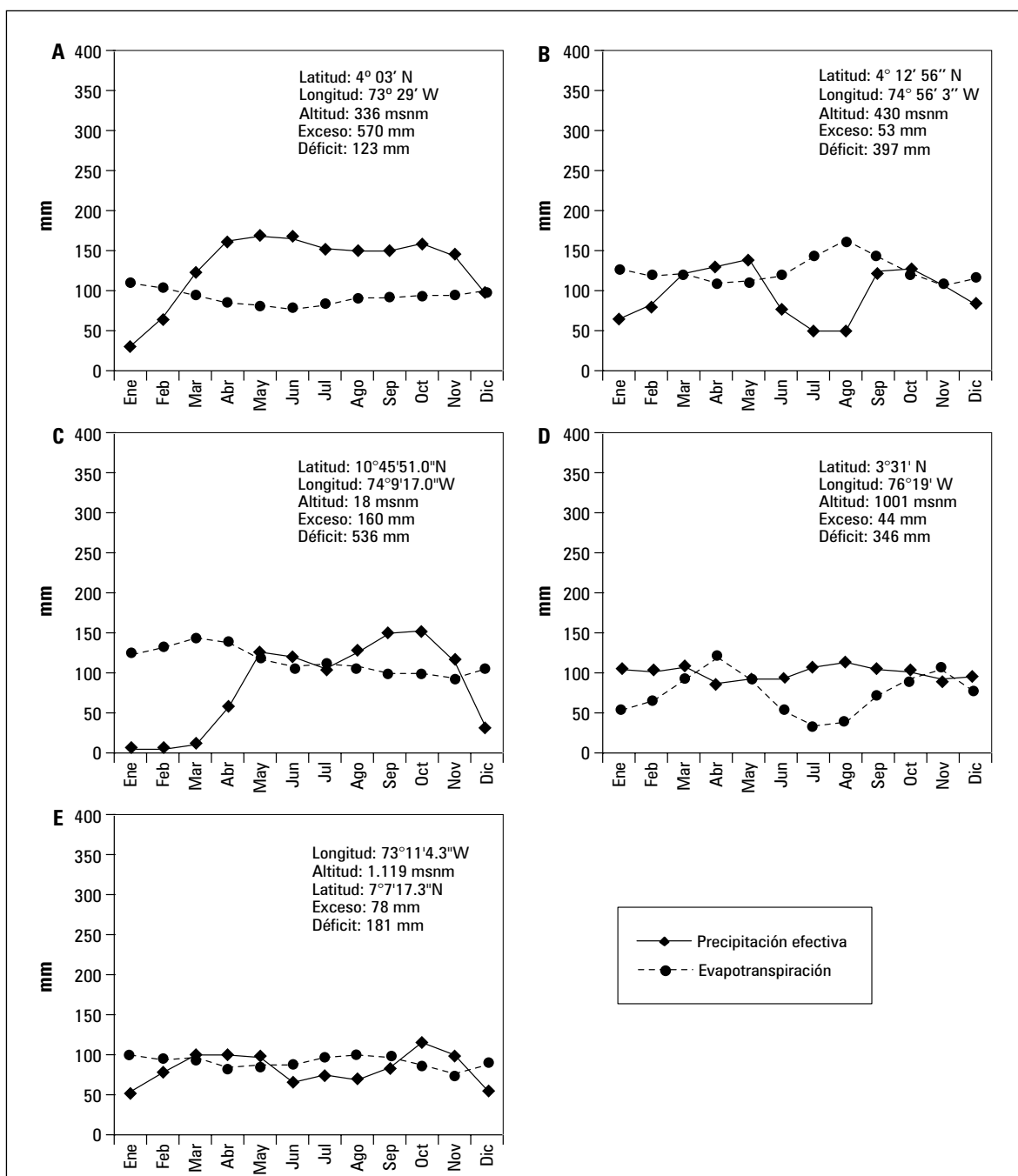


Figura 2. Balance hídrico en cinco localidades en Colombia. A. C.I. La Libertad, B. C.I. Nataima, C. C.I. Caribia, D. C.I. Palmira y E. Lebrija.

la intensidad de estrés para la inducción de la floración para las diferentes especies.

La localidad de Palmira (figura 2D) presenta un régimen bimodal de lluvia. Se determina una precipitación efectiva de 891 mm año⁻¹ que su-

plen la evapotranspiración de la planta durante 3 meses y originan un exceso de 44 mm de agua durante el año, principalmente en el mes de abril con 32 mm. Existe un déficit hídrico total de 346 mm en dos periodos de sequía divididos en 9 meses del año, el mes de agosto

es el de mayor déficit con 76 mm (figura 2D). La distribución irregular de las lluvias propicia la presencia de largos periodos de déficit, sometiendo las plantas a estrés hídrico, lo que puede generar importantes interrupciones en la producción (Viera, 1991).

La distribución anual de lluvias en Lebrija se puede observar en la figura 2E. Se calculó un total de 985 mm año⁻¹ con los cuales se suple las necesidades de la planta aproximadamente durante 5 meses y se genera un exceso de 78 mm. Se calculó un déficit de 181 mm distribuidos en dos ciclos, el primero en los meses de junio a septiembre, y el segundo en los meses de diciembre y febrero. En estos periodos donde los requerimientos del cultivo superan la precipitación de la zona por un periodo prolongado, es fundamental implementar el sistema de riego, como técnica para alcanzar los niveles satisfactorios de rendimiento (Amaro *et al.*, 1991). Ferreira Coelho, *et al.* (2011) afirman que se puede generar un aumento de la producción de frutos en un orden del 35 al 75% comparado con huertos donde no usa esta técnica, lo que asegura una buena floración, buen cuajado y crecimiento de los frutos, aumentando los rendimientos por planta y frutas de mejor calidad, en aspecto, tamaño, peso y la cantidad de aceite en la cáscara.

En condiciones tropicales, el déficit hídrico influye en el desarrollo de las plantas. Periodos de sequía que oscilan entre 2 y 8 semanas inducen la floración de los cítricos, es necesaria la presencia de lluvias o de riego para diferenciar las yemas en latencia, promoviendo su desarrollo con una correlación entre el nivel de estrés hídrico producido y la intensidad de la floración (Davenport, 1990; Southwick y Davenport, 1987). En el piedemonte del Meta se presenta un comportamiento similar al mencionado por los autores, dos meses de sequía al inicio de año enero-febrero, seguido por lluvia en los meses de marzo-abril lo cual favorece la inducción floral y formación de brotes vegetativos en la lima Tahití. Esta floración da

apertura a la principal cosecha hacia el mes de julio – agosto, aunque también se presentan floraciones extemporáneas en el transcurso del año en ausencia de déficit hídrico.

Cuando los huertos sufren estrés hídrico por déficit prolongado de humedad, las plantas retrasan su crecimiento, las hojas se enrollan, los frutos se ven afectados, se presenta caída de frutos jóvenes. En frutos ya desarrollados hay reducción del crecimiento y alteración de su calidad (reduce el contenido de jugo y acidez) (Doorenbos y Kassam, 1994).

El efecto del enrollamiento foliar también ha sido reportado por otros autores y es posiblemente la manifestación más evidente del déficit hídrico, debido a que la superficie foliar se reduce junto con la radiación interceptada, disminuyendo la transpiración (Vélez *et al.*, 2012). Esta expresión de las plantas es muy común en las zonas estudiadas cuando la evapotranspiración supera la precipitación, como es el caso del Caribe seco (Caribia) y Tolima (Nataima).

Los cítricos poseen tolerancia a la sequía y son susceptibles a los excesos de humedad. Las plantas pueden subsistir varios meses sin recibir agua, pero en estos periodos modifica su metabolismo para disminuir el consumo energético (Morín, 1980). Algunos autores reportan que los daños por sequía pueden variar en función de factores como la textura del suelo. Huertos sobre suelos arenosos pueden presentar síntomas por sequía, generalmente después de un periodo de una o más semanas sin riego. Los daños por sequía pueden acentuarse o atenuarse en función de otros factores como la temperatura media de la zona, humedad relativa y los vientos (Morín, 1980). Es importante estudiar las características específicas del suelo de cada una de las localidades productoras de lima Tahití, en especial la capacidad de retención de agua para determinar qué cantidad de lluvia recibida pueden almacenar y suplir la demanda real de la planta.

Se recomienda que los cultivos se establezcan en suelos donde la capa freática no sea superficial, que tengan buen drenaje y que no estén expuestos a situaciones de inundación prolongada. El exceso de agua puede afectar seriamente las raíces y debe ser considerado un riesgo potencial que puede ocasionar la muerte de la planta al producir condiciones anaeróbicas al sistema radical (Morín, 1980) o reducir la eficiencia estomática (Fischer y Orduz-Rodriguez, 2012).

Estudios realizados en mandarina Satsuma Owari acerca del efecto fisiológico del anegamiento provocado por inundación del suelo, concluyeron efectos negativos en el desarrollo de la planta, como reducción de la fotosíntesis, caída de estructuras florales y frutos, reducción del potencial xilemático, entre otros (Goñin y Otero, 2013). En general las zonas de estudio presentan suelos caracterizados por buen drenaje, donde el exceso de agua no ha sido limitante para el desarrollo de la lima; mientras que la época seca sí muestra que puede estar limitando los rendimientos de los cultivos en cuatro de cinco localidades con excepción del piedemonte del Meta.

Temperatura

En la figura 3 se observa la variación diaria de temperatura en el mes con menor presencia de lluvias, es decir, el mes más seco, en condiciones de C.I La Libertad (enero), C.I. Nataima (agosto), C.I. Caribia (enero), C.I. Palmira (julio) y Lebrija (enero). Las temperaturas se mantienen en el rango de los 19 a 35°C. Los picos más altos se alcanzan a las 02:00 p.m. y los bajos, sobre las 06:00 a.m. Este patrón de temperaturas máximas y mínimas se repite en todas las localidades (figura 3). La región con el clima más cálido es Nataima, donde se presentan las temperaturas más altas en comparación con las otras localidades, superándolas entre 2 y 6°C al inicio y al final del día; un promedio de 4°C con La Libertad y Palmira a las 2 p.m. y puede fluctuar hasta 12°C en el transcurso del día, este comportamiento es similar para la región de Caribia, pero en rangos menores. En contraste, las localidades con menor variación de la temperatura en el día son La Libertad, Palmira y Lebrija, esta última tiene el menor rango de oscilación durante el día con solo 4°C.

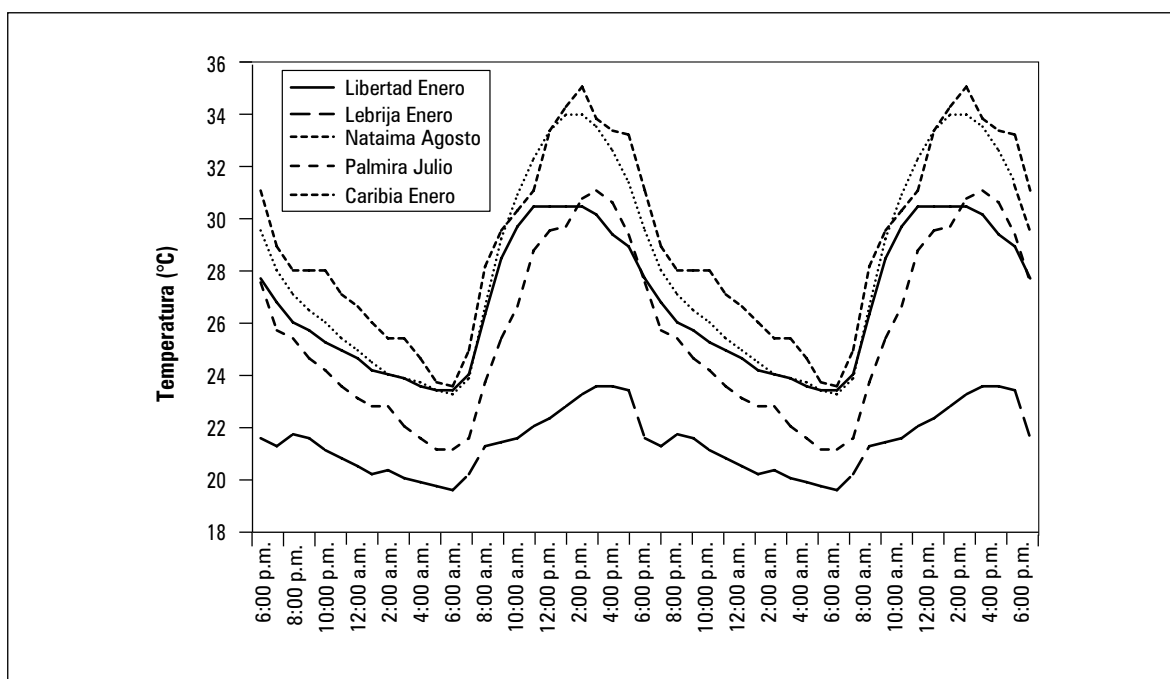


Figura 3. Variación diaria de la temperatura en el mes con menor pluviosidad en condiciones de C.I La Libertad, C.I. Nataima, C.I. Caribia, C.I. Palmira y Lebrija, en el año 2012.

La temperatura influye significativamente en el desarrollo de las plantas, ya que en aumento puede afectar de modo exponencial la velocidad de los procesos fisiológicos, en especial incrementa la energía cinética de los sistemas enzimáticos (Fischer y Orduz-Rodriguez, 2012). En localidades con temperaturas elevadas, los frutos muestran un desarrollo morfológico-bioquímico acelerado, pueden tener un calibre mayor y acidez y aromas elevados, pero son más propensos a una degradación rápida por almacenamiento, comparados con los frutos procedentes de zonas más frescas (Fischer y Orduz-Rodriguez, 2012). Dicha influencia de temperaturas altas señalan que en localidades como C.I. Nataima o C.I. Caribia, se podría presentar un desarrollo morfológico-bioquímico acelerado de los frutos, es decir, requerir un menor tiempo para alcanzar su madurez; un mayor tamaño y una mayor cantidad de jugo; estas características son atractivas para el mercado nacional ya que los procesos de madurez son relativamente más rápidos y las exigencias calidad externa no son tan fuertes. En zonas muy cálidas los rendimientos pueden verse afectados por el cuajado insuficiente de los frutos o por el aumento de su caída. Para evitar estas pérdidas, es importante suplir los requerimientos hídricos de la planta.

La oscilación de la temperatura influye sobre el contenido de sólidos solubles totales y la acidez. Con relación a la acidez, cuanto más alto es el delta térmico día/noche, más baja es la concentración de ácidos (Reuther y Rios-Castaño, 1969). De acuerdo con esto, en el caso de lima Tahití los datos sugieren la localidad de Lebrija, donde la variación en el régimen térmico día/noche es menor a las demás localidades (cerca de 4°C), los frutos podrían tener una mayor acidez (figura 3).

Otra manera de relacionar la temperatura con la acidez de los frutos es por medio del cálculo de unidades de calor (UC). Regiones con tempera-

turas medias más elevadas (superiores a 27°C) poseen mayor acumulación de UC, y por tanto mayor respiración, lo cual disminuye la concentración de sólidos solubles y acidez de la fruta (Davies y Albrigo, 1994). Las localidades presentan la siguientes UC anuales promedio: C.I. Nataima (5.694), C.I. Caribia (5.439), C.I. Libertad (4.855), C.I. Palmira (4.052) y Lebrija (3.249). Moncada *et al.* (1968) afirman que en dichas condiciones, donde las temperaturas son medias y las UC bajas, las frutas pierden su acidez lentamente. En localidades como Nataima, Caribia y La Libertad los procesos metabólicos son más acelerados, hay una mayor tasa de respiración y la vida de los frutos es relativamente menor.

En general, en las regiones de clima tropical donde el rango diario de variación de la temperatura es baja los frutos tienden a ser más grandes, con una corteza verde y más fina y mayor porcentaje de jugo, pero con menor contenido de sólidos solubles totales y concentración de ácido en el jugo de los frutos producidos en regiones subtropicales (Senthelas, 2005). Estas características de calidad determinadas por la oferta climática definirán el mercado al cual pueden ser orientados los cultivos en cada localidad.

En la figura 4 se observa la variación diaria de la temperatura en el mes con mayor pluviosidad en las cinco localidades. Las temperaturas se mantienen en el rango de los 19 a 33°C y con un comportamiento similar a los datos del mes más seco, donde los picos más altos son a las 02:00 p.m. y los bajos, a las 06:00 a.m. Las localidades más cálidas son Nataima y Caribia, seguido de La Libertad y Palmira, por último se destaca Lebrija por las temperaturas más bajas y la menor oscilación del delta diario. No se presentan temperaturas limitantes para el rendimiento del cultivo; aunque debe haber una relación entre los comportamientos de la temperaturas diarias de las diferentes regiones con la calidad de los frutos y los requerimientos de los mercados.

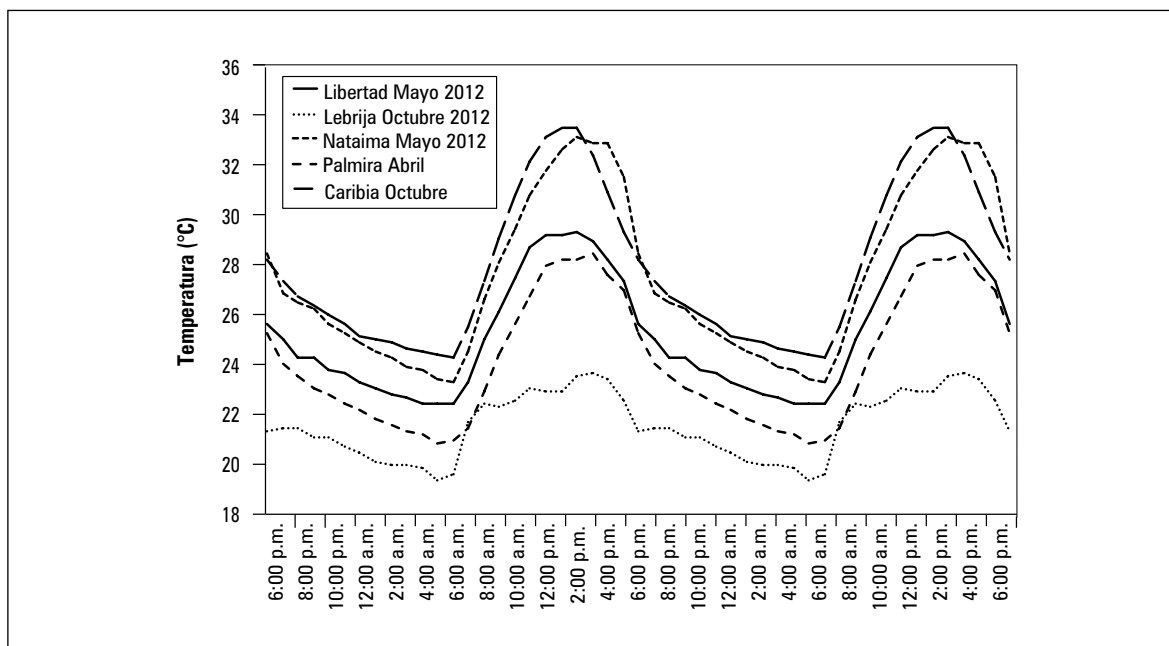


Figura 4. Variación diaria de la temperatura en el mes con mayor pluviosidad en condiciones de C.I La Libertad, C.I. Nataima, C.I. Caribia, C.I. Palmira y Lebrija, en el año 2012.

CONCLUSIONES

Se encontró que las localidades presentaban diferencias climáticas que deben tener influencia sobre la calidad de la fruta, aspecto determinante para la orientación de los mercados.

El cultivo de lima Tahití presenta los mayores valores de ETc en las localidades C.I. Caribia, C.I. Nataima y C.I. Palmira, lo cual señala que habría una importante respuesta al mejoramiento de las prácticas de riego.

Las localidades estudiadas presentan diferencias marcadas en las temperaturas medias de máxima, medias y mínimas lo que está relacionado con la altitud y la ecología de las regiones; siendo superiores para Nataima y Caribia; intermedias para Palmira y Villavicencio, mientras que las más bajas son las de Lebrija. Lo anterior sumado a las diferencias de las oscilaciones diarias en las diferentes regiones deben tener influencia sobre la calidad interna o externa de los frutos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agronet. 2014. Exportaciones del sector agropecuario. En: Estadística, cifras del comercio exterior, <http://www.agronet.gov.co>; consulta: 19 de julio de 2014.
- Amaro, A.A., C.M. Araújo, O.M. Porto, C.M. Dornelles, A.P.C. Cunha Sobrinho y O.S. Passos. 1991. Panorama da citricultura brasileira. pp. 22-54. En: Rodríguez, O., R. Viégas, J. Pompeu y A.A. Amaro (eds.). Citricultura brasileira. 2a ed. Fundação Cargill, Campinas, Brasil.
- Coelho, Y.S. 1993. Lima ácida 'Tahití' para exportação: Aspectos técnicos da produção. Embrapa-Serviço de Produção de Infonnação (SPI), Brasília, DF.
- Corpoica. 1998. Corpoica, antecedentes, objetivos, misión y estructura. En: Mercado de Duque, M., P. Rodríguez y N. Ramírez (eds.). Frutos de la investigación Corpoica cinco años. Corpoica, Bogotá.
- Davenport, T.L. 1990. Citrus flowering. Agr. Exp. Stat. J. Ser. 42, 350-407.

- Davies, F.S. y L.G. Albrigo. 1994. Citrus. CAB International, Wallingford, UK.
- Doorenbos, J. y A.H. Kassam. 1994. Efeito da água no rendimento das culturas. UFPB; FAO, Campina Grande, Brasil.
- FAO. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Bol. No. 56. FAO, Roma.
- Ferreira Coelho, E., M.A. Coelho Filho, M.A. Silva, A. Fonseca de Jesus Magalhães y A. Silva de Oliveira. 2011. Irrigação e fertirrigação na cultura de citros. pp. 413-439. En: Ferrerira de Sousa, V., W. Aparecido Marouelli, E. Ferreira Coelho, J.M. Pinto y M. A. Coelho Filho (eds.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Embrapa informação Tecnológica, Brasília D.F.
- Ferreira Coelho, E., A. F.d.J. Magalhães y Á. Silva de Oliveira. 2004. Irrigação e fertirrigação. pp. 72-75. En: Magalhães, A.F.d.J. (ed.). Cultivo dos cítricos. Embrapa, Cruz das Almas, Brasil.
- Fischer, G. y J.O. Orduz-Rodríguez. 2012. Ecofisiología en frutales. pp. 54-72. En: Fischer, G. (ed.). Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Produmedios, Bogotá.
- Goñin, C. y A. Otero. 2013. Estudio de los cambios fisiológicos y metabólicos provocados por el anegamiento en mandarinas Satsumas y Clemenules. pp. 2-15. En: Resultados de avances de investigación en ecofisiología y nutrición de cítricos. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Salto, Uruguay.
- Ideam. s.f. Promedios climatológicos. En: Características climatológicas de Colombia, <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/812>; consulta: 10 de junio de 2014.
- Ideam. 2005. Atlas climatológico de Colombia. Segunda parte: Distribución espacio-temporal de las variables del clima. IDEAM, Bogotá.
- IGAC. 2014. Mapa de la subdirección de Agroecología. En: Mapas de Colombia, http://geoportal.igac.gov.co:8888/siga_sig/Agrologia.seam; consulta: 24 de junio de 2014.
- Mendel, K. 1969. The influence of temperatura and light on the vegetative development o citrus trees. Proc. First Int. Citrus Symp. 1, 259-265.
- Moncada, J., D. Ríos-Castaño y R. Torres. 1968. Calidad de frutos cítricos en Colombia. Agric. Trop. 24, 518-526.
- Morín, C. 1980. Cultivo de cítricos. IICA, Lima.
- Orduz, J. y J. Baquero. 2003. Aspectos básicos para el cultivo de los cítricos en el Piedemonte Llanero. Rev. Achagua 7(9), 7-19.
- Orduz, J. y G. Fischer. 2007. Balance hídrico e influencia del estrés hídrico en la inducción y desarrollo floral de la mandarina Arrayana en el piedemonte llanero de Colombia. Agron. Colomb. 25(2), 255-263.
- Orduz, J.O. 2007. Estudios ecofisiológicos y caracterización morfológica y molecular de la mandarina Arrayana (*Citrus reticulata* Blanco) en el piedemonte llanero de Colombia. Tesis de doctorado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Orduz, J.O., G.A. León y L.V. Arango. 2009. Lima ácida Tahití: opción agrícola para los Llanos Orientales de Colombia. Corpoica, Villavicencio, Produmedios, Bogotá.
- Orduz, J.O. 2012. Cítricos (*Citrus spp.*) pp. 393-420. En: Fischer, G. (ed.). Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Produmedios, Bogotá.
- Orduz, J.O. y D.M. Mateus. 2012. Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas. pp. 49-88. En: Garcés, L.F. (ed.). Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización. Editorial Artes y Letras SAS, Manizales, Colombia.
- Sánchez, L.A., C. Jaramillo y J.C. Toro. 1987. Fruticultura colombiana - Cítricos. Manual de asistencia técnica No. 42. ICA, SENA, Cali, Colombia.
- Senthelas, P.C. 2005. Agrometeorologia dos citricos. pp. 317-344. En: Mattos, D., J. Negri, R. Pio y J. Pompeu (eds.). Citros. Centro APTA Citros Sylvio Moreira, Sao Paulo, Brasil.
- Southwick, S.M. y T.L. Davenport. 1987. Modification of the water stress induced floral response in Tahiti lime. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(2), 231-236.
- Torres, A. 1980. Influencia de la humedad del suelo y la fertilización sobre el régimen hídrico de las posturas cítricas. Agrotecnica de Cuba 11(2), 11-18.
- Van Bavel, C.H., M. Newman y R.H. Hilgeman. 1967. Climate and estimated water use by an orange orchard. Agric. Meteor. 4, 27-37. Doi: 10.1016/0002-1571(67)90040-4
- Vélez, J.E., J.G. Álvarez-Herrera y O.H. Alvarado-Sanabria. 2012. El estrés hídrico en cítricos (*Citrus spp.*): Una revisión. Orinoquia 16(2), 32-39.
- Viera, D.G. 1991. Irrigação de citros. pp. 519-541. En: Rodríguez, O., R. Viégas, J. Pompeu y A.A. Amaro (eds.). Citricultura brasileira. 2ª ed. Fundação Car-gill, Campinas, Brasil.