

Ecofisiología de los cítricos en el trópico: revisión y perspectivas

Javier Orlando Orduz-Rodríguez¹

Introducción

Los cultivos de los cítricos se cultivan en casi todos los países entre los 40° de latitud N y S, aunque las principales regiones productoras del mundo están ubicadas en el subtropico entre los 25 a 40° de latitud en ambos hemisferios, lo que se conoce como los cinturones citrícolas del mundo.

El cultivo comercial de las especies cítricas se basa en la exaltación de los caracteres genéticos y en el conocimiento de la influencia que el medio ambiente (factores climáticos y edáficos) ejerce sobre su desarrollo. Las respuestas fisiológicas de la planta provienen de la interacción del genotipo (compuesto por la variedad y el patrón) con el ambiente y se constituyen en los mecanismos endógenos que controlan el crecimiento y desarrollo de las plantas cítricas. El estudio de la interacción del ambiente con el genotipo de la planta (variedad/patrón) se denomina ecofisiología y esta información es básica para el desarrollo de prácticas de cultivo en las diferentes regiones productoras y para los distintos cultivares.

En las principales regiones productoras del subtropico, los ciclos anuales de crecimiento y desarrollo de las plantas cítricas están regulados por las modificaciones climáticas presentadas por la sucesión de las estaciones (invierno, primavera, verano y otoño). En esos cambios estacionales se presentan aumentos de la temperatura media y la radiación entre invierno y verano, decreciendo posteriormente, lo que determina el comportamiento en crecimiento y desarrollo de las plantas cítricas; así como las características de calidad (internas y externas) de las frutas. Por otro lado, las variedades y patrones usados en el subtropico son fruto de un largo proceso de investigación y las frutas cítricas obtienen una excelente calidad. La producción de estas regiones está orientada a los mercados y consumidores de altos ingresos. La información científica sobre cítricos ha sido generada para estas condiciones geográficas y para esos mercados, y no es posible extrapolarlas a las condiciones tropicales.

¹ Investigador en cítricos y frutas tropicales, Centro de Investigación La Libertad, CORPOICA, Villavicencio, Meta (Colombia). e-mail: jorduz@corpoica.org.co

Los cítricos son plantas de desarrollo determinado y el resultado de la cosecha final está relacionado con la eficiencia de cada una de las fases que la componen, como: inducción floral, floración, cuajado, crecimiento y desarrollo del fruto. Lo anterior, señala la importancia del estudio de la ecofisiología de los cítricos en las condiciones tropicales de Colombia, lo que permitiría mejorar las prácticas de cultivo necesarias para llevar las plantas hacia la obtención de cosechas elevadas de frutos de calidad y con bajos costos de producción, para abastecer el mercado interno colombiano y aumentar las exportaciones.

Fisiología de la planta cítrica

Las plantas de cítricos cultivadas están compuestas de dos partes: la parte superior, constituida por la variedad utilizada como cultivo (naranja, mandarina o limas ácidas), y la parte inferior que se encuentra constituida por el patrón seleccionado que le provee al árbol el sistema radicular. La práctica de la injertación induce la producción adelantada de la fruta (precocidad), y aprovecha las características deseables de las copas (variedades) y patrones, en lo relacionado con producción, calidad de la fruta, características agronómicas, fitosanitarias de la planta y de adaptación a las condiciones edáficas.

La floración. En la floración de los cítricos se presentan tres fases: la inducción floral, la diferenciación de la flor y el desarrollo floral, proceso que termina con la antesis. La inducción de las yemas florales se inicia con una detención del crecimiento vegetativo ocasionado por las bajas temperaturas del invierno en condiciones subtropicales o en las épocas de sequía en condiciones del trópico. En estas condiciones el crecimiento del tallo cesa al igual que la raíz, lo que ocasiona que algunas yemas vegetativas cambien su programa de diferenciación y adquieran la capacidad de florecer; por lo que la inducción floral incluye los eventos relacionados entre el crecimiento vegetativo hasta la producción de inflorescencias (Davenport, 1990). La lima Tahití necesitó 30 días de estrés hídrico en condiciones de Florida (USA), para inducir un número importante de yemas florales, mientras que se contabilizaron 90 días de estrés hídrico en la mandarina Arrayana en el piedemonte del Meta para inducir la floración principal (Orduz, 2007). La floración es regulada de forma endógena y existe una interrelación inversa entre la cantidad de flores con la cosecha anterior lo que puede estar ligado a la interferencia en la composición de reservas y a la alteración del balance hormonal en el árbol (Goldschmidt y Golomb, 1982;

Guardiola, 1997). La aplicación de ácido giberélico durante el periodo de inducción de la flor, impide la inducción e inhibe la siguiente floración (Monselise y Halevy, 1964); este efecto inhibitor se ha comprobado en un amplio número de especies y variedades (Agustí y Almela, 1991). Otros aspectos de la planta que influyen sobre el comportamiento de la floración son los niveles de carbohidratos, hormonas, temperatura, nutrición mineral y balance hídrico (Davies y Albrigo, 1994). En condiciones tropicales se plantea que la fuerza dominante de la inducción floral es el estrés hídrico, la madurez del último crecimiento sería un factor moderador positivo importante en el proceso; mientras que los frutos y las raíces en desarrollo actuarían como un factor moderador negativo debido a su participación en la síntesis de giberelinas que son los principales inhibidores de la inducción floral (Orduz, 2007).

Cuajado. La producción final viene determinada por: el número de flores formadas, el número de frutos cuajados y el potencial de crecimiento del fruto. Cada uno de estos procesos es regulado por una compleja regulación en la que intervienen factores genéticos, fisiológicos (hormonales, nutricionales, etc.), del medio ambiente, y del manejo agronómico y fitosanitario del cultivo (Goldschmidt y Monselise, 1977). El cuajado del fruto es el estado de desarrollo que marca la transición del ovario de la flor a un fruto en formación y que puede permanecer hasta la madurez. Los cítricos son especies que florecen con gran intensidad produciendo un número de flores muy superior al número de frutos que el árbol es capaz de sostener hasta la maduración (Talón *et al.*, 1996). Los cultivares de cítricos de mayor importancia comercial presentan una floración abundante. Se han contabilizado de 100 a 200 mil flores en un árbol adulto; sin embargo menos del 1 a 2% de estas flores llegará a fruta madura. Erickson y Brannaman (1960), contabilizaron 198.693 y 73.095 yemas florales en Washington navel y en naranja Valencia, de las cuales en el momento de la cosecha se recolectaron 419 y 708 frutos; lo que corresponde al 0,2% y el 1,0% del total de flores producidas, respectivamente.

Crecimiento y desarrollo del fruto. Se conoce como fructificación al proceso mediante el cual crece el ovario y logra su desarrollo fisiológico y económico hasta convertirse en un fruto maduro. Este proceso comienza con la antesis y continúa por varios meses dependiendo de la especie, la variedad y la localidad; puede durar tres meses para lima Tahití o nueve meses y medio para naranja Valencia en condiciones del trópico bajo del

Piedemonte llanero de Colombia (Orduz y Velásquez, 2003); hasta diez o doce meses para naranja Valencia en Florida a dieciocho meses para la misma variedad en regiones frías de California (Jackson y Davies, 1999). Después de la polinización se produce la abscisión del estilo y del estigma y comienza la división celular en el fruto. La polinización puede producirse por contacto directo de las anteras con el estigma o por medio de la participación de insectos en particular de las abejas. Las abejas son el principal agente en las variedades auto incompatibles y que necesitan de polinización cruzada. Para el desarrollo de los frutos cítricos, Bain (1958) plantea que en el crecimiento y desarrollo del fruto se sucede en tres etapas bien diferenciadas desde la antesis a la maduración: división celular (I), alargamiento celular (II) y maduración del fruto (III). La división realizada por Bain (1958), puede adaptarse para otras especies de cítricos, sin embargo, el tiempo y la duración de los diferentes estadios puede variar de acuerdo con la variedad, las condiciones climáticas, y el manejo del cultivo (Spiegel-Roy y Goldschmidt, 1996).

Maduración. Durante esta fase el fruto sufre transformaciones bioquímicas que propician la maduración interna y externa. En esta fase el fruto puede incrementar ligeramente su tamaño y se ha observado el crecimiento de la piel bajo condiciones de temperatura favorables para el crecimiento (Monselise, 1986). El fruto cítrico sigue un comportamiento de maduración no climatérico, por tanto no experimenta cambios notables ni en la producción de etileno, ni en la tasa de respiración del fruto. El momento de la recolección es definido por la preferencia de los consumidores en lo relacionado con color, sabor y textura de la pulpa. En condiciones subtropicales la pigmentación de la corteza del fruto es debido a la degradación enzimática de la clorofila del flavedo, proceso que se inicia con la disminución de las temperaturas con la llegada del otoño e invierno (temperaturas del aire y del suelo menores a 15°C) proceso descrito por Young y Erickson (1961) y comprobado por numerosas observaciones de campo. En las regiones tropicales donde las temperaturas permanecen altas todo el año, los niveles de clorofila en el fruto permanecen elevados en la corteza de las naranjas y mandarinas, y por tanto la fruta permanece de color verde (Goldschmidt, 1997); si la temperatura media es menor, como en la zona cafetera el fruto puede obtener una coloración amarillenta (Torres y Ríos-Castaño, 1968); sin embargo, en condiciones tropicales el color de la corteza no es un indicador sobre el estado de la

madurez interna del fruto. En el caso de que el fruto no sea recolectado, este inicia un proceso de senescencia en el cual va perdiendo calidad progresivamente. Este deterioro es más rápido en las regiones tropicales bajas debido a las altas temperaturas lo que ocasiona mayores tasas metabólicas (respiración), y por consiguiente un descenso rápido de la acidez, obteniéndose fruta con jugo insípido (Reuther, 1988). Por otro lado, en condiciones subtropicales debido a las bajas temperaturas invernales, el tiempo que puede durar la fruta en el árbol es mayor, Reuther (1973), calcula que la naranja puede almacenarse con madurez de consumo en el árbol un mes en condiciones de Palmira (Colombia), mientras que en Santa Paula (California), puede permanecer más de cuatro meses, antes de que pierdan las características organolépticas apropiadas para el consumo. Davies (1997), señala que la mejor calidad de fruta para mercado fresco en el mundo se obtiene en las regiones subtropicales secas como la región mediterránea o las regiones cítricas de California, en donde la corteza y el jugo obtienen un color sobresaliente y los daños a son mínimos debido a las escasas precipitaciones y por consiguiente una baja humedad relativa (que disminuye el ataque de hongos), comparado con las regiones tropicales o subtropicales húmedas.

Calidad de la fruta. Está relacionada con dos aspectos de importancia comercial: **1.** El aspecto externo, en este punto se menciona el color obtenido por la fruta, en el cual influye la temperatura (Reuther, 1973), y el patrón (Castle, 1987); y las características externas de la corteza, lo cual está influido por los factores genéticos de la variedad, el patrón y la interacción entre ambos; además del clima y de las prácticas de cultivo utilizadas. **2.** Composición interna de la fruta. El agua es el principal componente de la fruta representando entre el 85 al 90% del peso total. Los carbohidratos (azúcares) contribuyen con el 75 al 85% de los sólidos solubles totales (SST) (Davies y Albrigo, 1994). De entre ellos, la sacarosa, glucosa y fructosa son los más abundantes y se encuentran en proporción 2:1:1 (Agustí, 2003). Por lo anterior, la regulación de los carbohidratos que se incorporan a la fruta presenta una notable influencia sobre la composición interna. El reporte realizado por Reuther y Ríos-Castaño (1969), en el cual evaluaron el crecimiento y desarrollo del fruto en condiciones tropicales (trópico alto, medio y bajo) y en condiciones subtropicales de regiones costeras y continentales de California; se determinó que los SST, se acumulan

rápida en las frutas que crecen en el trópico bajo y lentamente en las condiciones subtropicales de California. Los niveles máximos de SST, se obtienen en el trópico medio como Palmira (Colombia) y en zonas húmedas subtropicales con inviernos cálidos como Sao Paulo (Brasil) o Florida (Estados Unidos); los niveles de SST son intermedios en zonas semiáridas del trópico como Riverside (California) y del trópico alto para cítricos como Medellín (Colombia) (Davies y Albrigo, 1994).

Clasificación climática de las regiones citrícolas tropicales

El cultivo de los cítricos se realiza en una amplia variedad de condiciones ambientales y edáficas. El principal factor que restringe su distribución geográfica son las bajas temperaturas que pueden afectar de forma grave las plantas o las puede matar cuando la temperatura mínima es menor a los -7°C (Davies y Albrigo, 1994). Por esta razón la mayoría de las zonas productoras se encuentran situadas entre los 40 grados de latitud N y S. En estas latitudes hay varias regiones micro climáticas y toda la producción de cítricos se obtiene en las regiones tropicales y subtropicales; pero se excluyen las regiones dentro de esas latitudes que pertenecen a regiones con inviernos severos (climas continentales), las cuales presentan temperaturas demasiado bajas y heladas que dañan la calidad del fruto y pueden dañar las plantas de forma irreversible. La tolerancia al frío de las especies de cítricos es la siguiente: *P. trifoliata* y kumquat, mandarinas, naranjo amargo, naranjas dulces, toronjas, limones, limas ácidas y dulces, y cidras (Salibe, 1980).

En las condiciones climáticas donde los cítricos se cultivan de forma comercial están: las regiones tropicales bajas, medias y altas; las regiones subtropicales áridas y semiáridas, y las subtropicales húmedas (Davies, 1997). Los factores ambientales asociados a estas condiciones ambientales tienen una marcada influencia sobre el crecimiento, desarrollo, producción, calidad (interna y externa) de la fruta y los usos que se hacen de ella; ejerciendo una marcada influencia sobre la orientación productiva de cada una de las regiones y por tanto de sus posibilidades de desarrollo futuro.

Las regiones tropicales corresponden a las regiones ubicadas entre los $23,5^{\circ}$ de latitud norte y sur, siendo el límite el trópico de Cáncer en el hemisferio norte y el trópico de

Capricornio en el hemisferio sur. Las regiones tropicales, en especial las que están ubicadas dentro de los 10° N y S, experimentan pequeñas variaciones en la longitud del día (con excepción de las regiones ubicadas en el ecuador geográfico). Las temperaturas medias anuales en las regiones citrícolas son superiores a los 18°C y existe pequeña variación de la temperatura en el transcurso del día; en raras ocasiones se presentan heladas con excepción de las regiones de mayor altitud. Las temperaturas medias disminuyen con la altitud; Jaramillo (1982) calcula una modificación de 0,6°C por cada 100 m de altura en la zona cafetera de Colombia. Por tal motivo, la altitud y su influencia en la temperatura presentan un marcado efecto sobre el crecimiento y desarrollo de la planta cítrica y de las características de calidad de sus frutos.

Los cítricos en Colombia se cultivan desde el nivel del mar hasta los 2100 m (Ríos-Castaño y Camacho, 1980; Sánchez *et al.*, 1987). Es posible encontrar árboles por encima de esta altura, pero sus frutos no poseen calidades apropiadas de mercado (Camacho, 1981). Existen varios microclimas dentro de estas regiones que están influenciadas por la proximidad al mar, la presencia de cadenas montañosas y el movimiento de los vientos, lo que influye sobre la intensidad y frecuencia de las precipitaciones, el brillo solar, la radiación, la evaporación y el balance hídrico.

Uno de las maneras de diferenciar las diferentes regiones citrícolas es con la utilización del concepto de sumatoria de las unidades de calor anual. Esta acumulación se calcula tomando la temperatura media diaria a la cual se le resta 12,5°C, que corresponde a la temperatura mínima necesaria para el crecimiento de los cítricos y se multiplica por el número de días del año; la sumatoria se representa como unidades anuales de calor acumuladas (Mendel, 1969). El Centro de Investigación La Libertad de CORPOICA en Villavicencio (Meta), tiene una temperatura media anual de 26°C. Los cálculos son: $26,0 - 12,5 = 13,5$. Esta cifra se multiplica por el número de días del año; lo que corresponde a 4927 unidades de calor acumuladas ($13,5 \times 365$). La acumulación de unidades de calor se correlaciona de manera positiva con el índice de crecimiento de los cítricos y la calidad de la fruta, siempre y cuando, el agua y la nutrición mineral no sean limitantes (Davies y Albrigo, 1994). En la tabla 1, se presenta un listado de algunas zonas citrícolas importantes en las regiones

tropicales y subtropicales, y la acumulación de unidades anuales de calor para cada una de ellas.

Tabla 1. Datos sobre temperaturas y unidades anuales de calor acumuladas (superiores a 12,5⁰C), en diferentes zonas citrícolas.

Área y localización	Latitud	Altitud (msnm)	Unidades de calor (°C)	Número de meses con temperatura media	
				<12,5°C	<17,5°C
Regiones tropicales					
Aracataca (Colombia)	10°30'N	30	5500	0	0
Girardot (Colombia)	4°20'N	400	5700	0	0
Palmira (Colombia)	3°30'N	1000	3500	0	0
Mombasa (Kenia)	4°00'S	20	5200	0	0
Nairobi (Kenia)	1°20'S	1600	2500	0	1
Pereira (Colombia)	4°45'N	1350	3320	0	0
Villavicencio (Colombia)	4°04'N	340	4930	0	0
Regiones subtropicales					
Valencia (España)	39°30'	30	1600	3	6
Riverside (California)	34°00'	266	1700	3	6
Indio (California)	33°40'	-10	3900	1	4
Rehovot (Israel)	31°50'	50	2600	1	4
Orlando (Florida)	28°40'	30	3700	0	2
Weslaco (Texas)	26°05'	40	3900	0	2
Limeira (SP, Brasil)	22°30'	700	3000	0	1

Fuente: modificada según Mendel (1969)

Las altas tasas de unidades de calor acumuladas en los trópicos bajos donde las temperaturas medias son altas y permanentes, aumentan la respiración en las plantas, lo cual disminuye los niveles de sólidos solubles y de acidez en la fruta (Davies y Albrigo, 1994); mientras que en las condiciones tropicales de altitud media (500 a 1.500 msnm), la temperatura media y las unidades de calor son menores y por tanto las tasas de respiración, lo que ocasiona que las frutas pierdan más lentamente la acidez, y en el caso de variedades tardías como la naranja Valencia la fruta madura presenta una alta acidez que afecta la calidad de consumo (Moncada *et al.*, 1968; Ríos-Castaño y Camacho, 1980). En el trópico bajo con alta acumulación de unidades de calor, la naranja Valencia obtiene bajos niveles de acidez y un relación de SST/ATT (sólidos solubles totales/acidez total titulable) superior a nueve, nueve meses y medio después de la anthesis (Orduz y Velásquez, 2003), en

condiciones del piedemonte del Meta. Las principales características de cada una de las zonas tropicales se presentan a continuación:

Trópico bajo: Se caracteriza por un clima húmedo y cálido, con una humedad relativa alta en la mayor parte del año; también se presentan regiones con periodos húmedos intercalados con periodos secos que se conocen como trópicos húmedos-secos y la humedad relativa presenta un comportamiento estacional (Lydolph, 1985). Debido a la abundante precipitación y a que las temperaturas diurnas y nocturnas están en el rango favorable para el crecimiento durante todo el año, las plantas alcanzan el mayor tamaño comparado con otras regiones tropicales y subtropicales; y los cítricos pueden crecer dos veces más rápido que los que crecen en latitudes de 25 a 30° (Reuther, 1977). Se calcula que el tamaño que alcanza una planta en Israel en quince años, lo alcanza en Costa Rica en seis años (Davies y Albrigo, 1994). Las floraciones se pueden presentar continuamente todo el año, pero presentan picos más altos después del inicio de las temporadas lluviosas antecedidas por un periodo seco. La intensidad de la floración y el comportamiento del cuajado son determinados por la disponibilidad de agua. Lo anterior permite que en una planta se presenten varias cosechas al mismo tiempo, lo que puede ocasionar dificultades en determinar la madurez del fruto y el tiempo de cosecha (Reuther, 1973; Reuther y Ríos-Castaño, 1969; Davies, 1997). El crecimiento del fruto es rápido, pero la calidad externa del fruto para naranja y mandarina es pobre, el color de la piel es típicamente verde, el color del jugo es amarillo pálido; el total de sólidos solubles totales y la acidez total es baja debido a que las temperaturas medias permanecen altas durante todo el año, lo que ocasiona altas tasas respiratorias que metabolizan los azúcar y los ácidos (Davies, 1997). Por otro lado, la toronja y las limas ácidas obtienen características en la corteza y en el color del jugo que producen baja acidez y buena calidad interna de la fruta (Reuther y Ríos-Castaño, 1969). Los altos valores de temperatura y humedad relativa ocasionan una mayor presión de problemas fitosanitarios en especial de plagas y enfermedades (Davies, 1997).

Trópico medio: Las temperaturas en promedio son menores que las del trópico bajo. Existen regiones con altos niveles de precipitación y humedad, y otras con estaciones secas seguidas de estaciones húmedas. Se presentan fluctuaciones diarias de temperatura en el

transcurso del día (Lydolph, 1985). Las regiones cítricas colombianas ubicadas en la región Andina y en los valles interandinos poseen un clima bimodal o sea que presenta dos épocas de fuerte actividad pluvial (abril - mayo y octubre - noviembre) y dos periodos de escasas precipitaciones (enero-febrero y julio-agosto); siendo los meses restantes de comportamiento intermedio (Boshell, 1982). En estas condiciones se presentan dos floraciones principales que se presentan después del inicio de las lluvias antecedido de épocas de bajas precipitaciones (Sánchez *et al.*, 1987). Sin embargo, pueden presentarse floraciones adicionales menores en el transcurso del año. La tasa de desarrollo del fruto en el trópico medio es lenta y las frutas alcanzan un menor tamaño que las frutas producidas en el trópico bajo (Federación Nacional de Cafeteros, 1990). En estas regiones la fruta obtiene mejor color externo que las regiones bajas (Ríos-Castaño y Camacho, 1980); sin embargo, en estas condiciones por las altas precipitaciones se presenta una fuerte presión de enfermedades por ej. Antracnosis en naranja y *Alternaria* en tangelo *Minneola* ocasionada por la permanente presencia de inoculo debido a la floración y cuajado constante y a la presencia de temperaturas optimas para el desarrollo de estas enfermedades. En estas regiones se encuentra el mayor área de la citricultura colombiana y es la que provee la mayor cantidad de fruta para el país.

Trópico alto: Esta región se encuentra comprendida entre los 1500 a 2100 msnm (Sánchez *et al.*, 1987; Ríos-Camacho, 1980), siendo los 1500 m el límite superior de la zona cafetera. Estas áreas no son las mejores para la producción de cítricos debido a las limitaciones climáticas, en especial la baja acumulación de unidades de calor. En algunas de estas regiones se tienen selecciones regionales que se comercializan en mercados locales. En estas regiones la niebla reduce la intensidad de la luz durante el día y la asimilación neta de CO₂, lo cual reduce los sólidos solubles totales de las frutas (Davies, 1997). Adicionalmente, la luz ultravioleta causa distorsiones en las hojas y reducen el crecimiento de los cítricos cultivados en esas elevaciones (Davies y Albrigo, 1994). Debido a que el régimen de temperatura es isotérmico, la inducción y el desarrollo de las flores dependen de los ciclos de humedad-sequía, al igual que en el trópico medio y bajo. En Colombia esta citricultura no presenta mucha importancia desde el punto de vista comercial. El crecimiento del fruto es lento, el tamaño final es pequeño comparado con las otras regiones tropicales, y la calidad interna de la fruta es pobre debido al bajo nivel de sólidos solubles

y alta acidez. La coloración del fruto es la mejor y alcanza colores amarillos intensos; debido a que las bajas temperaturas medias contribuyen a la síntesis de carotenos (Davies, 1997). En estas regiones se hace necesario evaluar las variedades tempranas y de cultivo en las regiones de menor acumulación de unidades de calor como las Satsumas cultivadas en Japón.

Literatura consultada

- Agustí, M. 2003. Citricultura. Editorial Mundi-Prensa, Madrid. 422 p.
- Agustí, M. y Almela, V. 1991. Aplicación de fitoreguladores en citricultura. Editorial Aedos. Barcelona. 261 p.
- Bain, J.M., 1958. Morphological, anatomical and physiological changes in the development fruit of the Valencia orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. Austr. J. Bot. 6, 1-24.
- Boshell, F. 1982. Condiciones meteorológicas generales de Colombia. En: Fruticultura Tropical. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 2^a ed. Bogotá, Colombia, pp.3-8.
- Castle, W.S. 1987. Citrus rootstocks. En: Rootstocks in fruits crops. Rom, R.C. y Carlson, R. F. (eds), Jhon Wiley and Sons, New York, pp. 361-399.
- Camacho, S. 1981. Citrus culture in the high altitude American tropics. Proc. Intl. Soc. Citriculture 1, 321-325.
- Davies, F.S. 1997. An overview of climatic effects on citrus flowering and fruit quality in various parts of the world. En: Proceedings of Citrus Flowering and Fruit short course. IFAS, Citrus Research and Education Center, University of Florida. pp. 1-4.
- Davies, F. S. y Albrigo, L.G. 1994. Citrus. CAB International, Wallingford, U.K. 254 p.
- Davenport, T.L. 1990. Citrus flowering. Hort. Rev. 12, 349-408.
- Erickson, L.C. y Brannaman, B.L. 1960. Abscission of reproductive structures and leaves of orange trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 75, 222-229.
- Federación Nacional de Cafeteros, 1990. El cultivo de los cítricos. Litografía Cafetera, Manizales, 28 p.

- Goldschmidt, E.E. y Golomb, A. 1982. The carbohydrate balance of alternate-bearing Citrus trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107, 206-208.
- Goldschmidt, E.E. y Monselise, S.P. 1977. Physiological assumptions toward the development of citrus fruiting model. *Proc. Intl. Soc. Citriculture* 2, 668-672.
- Goldschmidt, E.E. 1997. Effect of climate on fruit development and maturation. En: *Proceedings of Citrus Flowering and Fruit short course*. IFAS. Citrus Research and Education Center, University of Florida, pp. 93-97.
- Guardiola, J.L. 1997. Overview of flower bud induction, flowering and fruit set. En: *Proceedings of Citrus Flowering and Fruit short course*. IFAS. Citrus Research and Education Center, University of Florida, pp 5-21.
- Jackson, L.K. y Davies, F.S. 1999. *Citrus growing in Florida*. University Press of Florida. 313 p.
- Jaramillo, A. 1988. Condiciones climáticas de la zona cafetera en Colombia. Balance hídrico. En: *Fruticultura tropical*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 2^a ed. Bogotá, Colombia, pp. 9-27.
- Lydolph, P.E. 1985. *The climate of the Earth*. Rowman and Allanheld Pub., Totowa, NJ, USA.
- Mendel, K. 1969. The influence of temperature and light on the vegetative development of citrus trees. *Proc. First Intl. Citrus Symp.* 1, 259-265.
- Moncada, J. Ríos-Castaño, D. y Torres, R. 1968. Calidad de frutos cítricos en Colombia. *Agricultura Tropical* 24, 518-526.
- Monselise, S.P. y Halevy, A.H. 1964. Chemical inhibition and promotion of citrus bud induction. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 89, 195-200.
- Monselise, S.P. 1986. Citrus. En: *Handbook of Fruit set and development*. Monselise, S.P. (ed.). CRC Press. Boca Raton, Florida, pp. 275-294.
- Orduz, J.O., Velasquez, H. 2003. Crecimiento y desarrollo del fruto de naranja Valencia en condiciones del trópico bajo. *Revista Achagua* 7, (9) 20-24.

- 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 doctoral. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 130 p.
- Reuther, W. 1973. Climate and citrus behavior. En: The citrus industry. Vol.III Reuther, W. (ed.). University of California, pp. 280-337.
- Reuther, W.1977. Citrus. En: Ecophysiology of tropical crops. Alvim, P. y Kozlowski, T. (eds.). Academic Press. New York, pp. 409-439.
- Reuther, W. y Ríos-Castaño, D. 1969. Comparison of growth, maturation and composition of citrus fruit in subtropical California and tropical Colombia. Proc. First Intl. Citrus Symp. 3, 277-300.
- Reuther, W. 1977. Citrus. En: Ecophysiology of tropical crops. Alvim, P. y Kozlowski, T. (eds.). Academic Press. New York, pp. 409-439.
- Reuther, W. 1988. Respuesta de los cítricos a los factores de clima. En: Fruticultura tropical. Programa de Desarrollo y Diversificación de Zonas Cafeteras. 2 ed. Federación Nacional de Cafeteros. Bogotá. pp. 160-162.
- Ríos-Castaño, D. y Camacho, S. 1980. Cítricos. En: Frutales. Manual de Asistencia Técnica No. 4. Tomo 1. Instituto Colombiano Agropecuario. 2. Ed. Bogotá. pp 23-124.
- Salibe, A.A. 1980. Citricultura: problemas importantes de otros países. En: Rodríguez, O. y Viegas, F.C. (eds.). Citricultura Brasileira. Vol. 2. Fundación Cargill, Campinas, Brasil. pp. 719-739.
- Sánchez, L.A., Jaramillo, C. y Toro, J.C. 1987. Fruticultura colombiana- Cítricos. Manual de asistencia técnica No. 42. ICA y SENA, Cali. 97 p.
- Southwick, S.M. y Davenport, T.L. 1986. Characterization of water stress and low temperature effects on floral induction in citrus. Plant Physiol. 8, 26-29.
- Spiegel-Roy, P. y Goldschmidt, E.E.1996. Biology of citrus. Cambridge University Press, U.K, 230 p.

Talón, M., Agustí, M., Almela, V., Tadeo, F.R. y Primo-Millo, E., 1996. Aplicaciones hormonales en el cultivo de los agrios. Cursos de Formación de Agricultores Cualificados. Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació, Generalitat Valenciana, 26 p.

Torres, R. y Ríos-Castaño, D. 1968. Crecimiento y maduración de frutos cítricos en el Valle del Cauca. Agricultura Tropical 24, 502-518.

Young, L.B. y Erickson, L.C. 1961. Influence of temperature on color change in Valencia oranges. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 78, 197-200.

Para citas bibliográficas:

ORDUZ RODRIGUEZ, JAVIER ORLANDO

Ecofisiología de los cítricos en el trópico: Revisión y perspectivas In: II Congreso Colombiano de Horticultura, 2007, Bogotá.

Memorias del evento. Bogotá: Produmedios, 2007. v.II. p.67 – 76.

ISBN 978-958-44-1790-9