

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Alternate bearing and phenology of 'Valencia' orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) in the lowland wet tropics of Colombia

Alternancia de la producción y comportamiento fenológico de la naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) en el trópico bajo húmedo de Colombia

Javier Orlando Orduz-Rodríguez¹, Diana Lucia Garzón C.²

ABSTRACT

In tropical conditions near the equatorial, precipitation is the main climatic factor that influences the growth and development of citrus plants. In a 'Valencia' orange orchard planted with 11-year-old trees located in the higher portion of the foothills of Corpoica, La Libertad Research Center in Villavicencio, Meta, Colombia, we recorded tree production data between the years 2008-2010. Information on the phenology of ten marked trees was gathered fortnightly from four cardinal directions using the methodology of Garrán *et al.* (1993) during the years 2009 and 2010. For this same period, the water balance was calculated for this orchard. The data were analyzed with descriptive statistics for most variables, and a mean-comparison test was carried out for the phenology observed at the cardinal points and for the correlation between annual precipitation and phenology. There was a positive correlation of 0.6 between rainfall and vegetative growth in 2009 and a negative correlation of -0.18 in 2010. There were no differences in phenology at the cardinal points. In 2008, the plants produced 168.8 kg/plant, causing the plants to present a strong vegetative growth and low yield (42.4 kg/tree) in 2009, whereas in 2010 there was an increase in the number of reproductive shoots, a decrease in the number of vegetative shoots and the harvest was 147.8 kg/tree. An alternation in the use of carbohydrates was observed between plant yield and vegetative growth.

Key words: ecophysiology, tropical citriculture, piedmont east plains, acid soils

RESUMEN

En condiciones tropicales cerca de la línea ecuatorial, la precipitación es el principal factor climático que influye sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas de cítricos. En un cultivo de naranja 'Valencia' de 11 años de edad ubicado en suelos de la terraza alta del piedemonte llanero en Corpoica, Centro de Investigación La Libertad, en Villavicencio, Meta, Colombia, se llevaron los registros de producción por árbol en los años 2008 a 2010. A diez árboles marcados se le tomó información quincenal de la fenología de la planta en los cuatro puntos cardinales utilizando la metodología de Garrán *et al.* (1993) durante los años 2009 y 2010. Para estos mismos años se calculó el balance hídrico para el cultivo. La información se analizó con estadística descriptiva para la mayoría de las variables, prueba de comparación de medias para la fenología por puntos cardinales y correlación entre la precipitación anual y la fenología. Se presentó una correlación positiva de 0,6 entre precipitación y crecimiento vegetativo en el año 2009 y negativa de -0,18 en el año 2010. No se presentaron diferencias en la fenología por puntos cardinales. En el año 2008 las plantas obtuvieron 168,8 kg/planta, lo que ocasionó que en el año 2009 estas presentaran una fuerte brotación vegetativa y baja cosecha (42,4 kg/árbol); mientras que en el año 2010 aumentaron los brotes reproductivos, disminuyeron los brotes vegetativos y la cosecha fue de 147,8 kg/árbol. Se presentó una alternancia en el uso de carbohidratos entre el rendimiento de la planta y la brotación vegetativa.

Palabras clave: ecofisiología, citricultura tropical, piedemonte llanero, suelos ácidos

Fecha de recepción: 06-02-2012
Fecha de aceptación: 29-07-2012

¹ Centro de Investigación La Libertad, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). Villavicencio (Colombia). jordu@corpoica.org.co

² Departamento de Ingeniería Agrícola y Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá (Colombia).

INTRODUCCIÓN

La naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), se originó en la China, pero fue identificada en Portugal antes de 1865; es clasificada como de cosecha tardía en el subtrópico (Jackson y Davies, 1999). Es la variedad de naranja dulce más cultivada en las regiones cítricas del mundo al igual que en Colombia. Las principales regiones

productores de cítricos en el mundo están ubicadas entre los 20° y 40° de latitud N y S lo que se conoce como los cinturones citrícolas. En el caso de la naranja, en las regiones subtropicales se produce más del 85% de la producción mundial, siendo los principales productores, Brasil (29%), Estados Unidos (11%), México (7%), India (6%) y China (5%); Indonesia, España, Irán e Italia suman el 4% del total (FAO, 2009).

En Colombia se reporta que para el año 2010 se cultivaban 62.409 ha de cítricos, de las cuales 36.943 ha eran de naranja, siendo 30.599 ha en monocultivo y 6.383 ha de cultivos asociados en especial con café. En el departamento del Meta se reportan 6.277 ha de naranja (MADR, 2010); siendo la variedad más importante la Valencia con cerca del 90% del total.

En las regiones productoras del subtropico, los ciclos anuales de crecimiento y desarrollo de las plantas cítricas están regulados por las modificaciones climáticas de las estaciones. En estas latitudes, el principal elemento climático que influye sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas cítricas es la modificación estacional de la temperatura que tiene influencia directa sobre la inducción floral, desarrollo de las flores, brotaciones, crecimiento, desarrollo y calidad interna - externa de los frutos. El régimen térmico presenta una influencia directa sobre la duración de cada fase fenológica. En condiciones tropicales cerca al ecuador geográfico, los climas son isotérmicos y sólo en las regiones del trópico alto, las temperaturas limitan la producción comercial de los cítricos (Ordúz, 2007b). En los climas tropicales la humedad de los suelos proveniente de la precipitación, es el principal factor que controla el crecimiento y desarrollo de los cultivos de cítricos (esta humedad puede ser modificada por el uso del riego). Las altas tasas de unidades de calor acumuladas en el trópico bajo 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); siendo esta, la alta acidez en la fruta, una de las principales razones para que el cultivo de la naranja 'Valencia', se obtenga las mejores características de calidad interna tanto para su consumo en fresco como para la agroindustria.

La fenología se define como la ciencia que describe los eventos periódicos naturales involucrados en la vida de las plantas (Volpe, 1992; Villalpando y Ruiz, 1993). Estos eventos están relacionados con los factores ambientales, principalmente las variaciones estacionales de las condiciones climáticas. La fenología tiene como objetivo, reunir información sobre el inicio, la culminación, la conclusión y la duración de cada etapa, y correlacionar

esta información con los factores y elementos ambientales (Heuvel dop *et al.*, 1986). Se ha documentado la influencia del déficit hídrico en la inducción floral de la mandarina 'Arrayana' (Ordúz y Fischer, 2007a); y la respuesta fenológica de las plantas de esta variedad a las condiciones ambientales del piedemonte del Meta (Ordúz *et al.*, 2010).

El comportamiento alternante en los frutales supone una producción irregular durante los ciclos de producción. Años de alta cosecha son seguidos por años de bajos rendimientos; volviendo a aumentar la producción al año siguiente. La competencia de fotosimilados en los años de cosechas abundantes, disminuyen el tamaño del fruto y este aumenta en el año de bajas producciones (Martínez, 2009). Los años de cosechas elevadas se denominan como "años *on*" y los de cosechas bajas como "años *off*". La intensidad del comportamiento alternante que se presente en un cultivar y en una región determinada, depende de la severidad de las condiciones ambientales sobre las fases fenológicas más sensibles en la producción (Davies y Albrigo, 1994), que en el caso de los cítricos corresponde a la fase de floración-cuajado.

En un cultivo con comportamiento alternante se pueden presentar dos o más años con altas producciones (años *on*) seguidos por uno o varios años *off*. Lo que lo diferencia de un comportamiento bianual, en el cual se intercalan años de altas producciones (*on*) con años de bajas producciones (*off*) (Martínez, 2010). En las variedades de manzana con comportamiento alternante, no se forman flores en las ramas que presentaron frutos en el ciclo anterior, por lo que en un año de producción intensa se limitaría el número de flores formadas (Dennis y Nielsen, 1999). La alternancia de cosechas representa un serio problema para el cultivo de frutales; y se presenta tanto con frutales caducifolios como con perennifolios (Singh, 1971).

En condiciones del piedemonte llanero el comportamiento fenológico y el rendimiento anual de los cultivos de cítricos varían en cada ciclo de producción (Mateus *et al.*, 2010). La alternancia es más frecuente en la mandarina 'Arrayana' (*Citrus reticulata* Blanco) y el tangelo 'Minneola' (*Citrus reticulata* Blanco × *Citrus paradisi* Macfad) y en menor medida en la naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck); lo que señalaría una mayor sensibilidad de estos cultivares a condiciones de estrés hídrico en las fases de floración-cuajado. En especial cuando se presentan precipitaciones en la temporada seca después de la inducción floral, lo que origina un anticipo de la floración en condiciones de déficit hídrico, ocasionado pérdidas muy altas de estructuras reproductivas y por consiguiente una baja cosecha anual (Mateus *et al.*, 2010). El cultivar menos afectado por este

fenómeno es la naranja 'Valencia', por la facilidad de producir flores fuera de época y la más afectada es la mandarina 'Arrayana' debido a que solo presenta una floración principal en el año (Orduz *et al.*, 2010).

En el piedemonte del Meta, la naranja 'Valencia' presenta una floración principal al iniciar el periodo anual de lluvias en el mes de marzo antecedido por 3 meses de déficit hídrico. Esta floración da origen a la cosecha principal que se empieza a recoger entre noviembre a diciembre (9 meses después de la antesis) dependiendo del inicio de la temporada lluviosa. Eventualmente se presentan floraciones extemporáneas en agosto o septiembre del año, en menor proporción que la floración principal; estas floraciones generan una producción secundaria llamada "mitaca" que se cosecha en los meses de junio a agosto del año siguiente.

El objetivo del presente estudio es el de contribuir al conocimiento de la influencia de las condiciones ambientales en especial de la precipitación y su influencia sobre los principales eventos fenológicos de la naranja 'Valencia' y avanzar en la información de la alternancia de cosechas de la principal especie de cítricos cultivada en el país en las condiciones climáticas del piedemonte del Meta. Esta información proporciona elementos para comprender el crecimiento y desarrollo de los cítricos en condiciones tropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Centro de Investigación La Libertad de Corpoica, en Villavicencio (Meta), ubicado a 04°03' N, 73°29' O, a una altitud de 336 msnm, en un cultivo de naranja 'Valencia', *Citrus sinensis* (L.) Osbeck de 11 años de edad, injertado sobre mandarino 'Cleopatra', *C. reticulata* Blanco, con una distancia de plantación de 8 x 6 m. El tipo de suelo del área experimental se clasifica como Typic haplustox, de textura FA; se conocen como suelos clase IV (terrazas altas) en la clasificación regional y son suelos recomendados para cítricos en el piedemonte del Meta (Orduz y Baquero, 2003). Estos suelos presentan topografía plana, pendiente de 1 a 3%, de textura FArA y niveles medios de MO (2,5%–3,0%); poseen buen drenaje interno y externo y una profundidad efectiva superior a 1,5 m.

La investigación se inició en el mes de febrero de 2009 y continuó hasta diciembre del año siguiente. Durante este periodo se cumplieron dos ciclos de brotaciones, desde el reposo de la época seca durante la transición 2008-2009, hasta una parte de la época seca en diciembre de 2010. Los registros mensuales, el promedio anual y la precipitación de los años 2008 a 2010 se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Precipitación mensual (mm) 2008 a 2010. Corpoica C.I. La Libertad (Villavicencio, Colombia)

Meses	Años		
	2008	2009	2010
Enero	4,4	64,1	0
Febrero	16,0	53,3	142,1
Marzo	11,8	194,3	245,1
Abril	306,9	383,8	532,0
Mayo	518,1	282,2	339,6
Junio	415,7	394,8	560,0
Julio	402,2	432,8	391,5
Agosto	222,7	275,8	274,1
Septiembre	316,7	250,3	203,9
Octubre	244,3	172,9	417,4
Noviembre	408,5	154,9	299,1
Diciembre	86,1	35,8	422,4
Total/año	2.953,4	2.695,0	3.827,2
Promedio	246,1	224,6	318,9

Para la toma de datos, se seleccionaron diez árboles; y en cada árbol se escogieron diez ramas de cada punto cardinal, para un total de 40 ramas/árbol. Los árboles y las ramas fueron marcados. En cada rama se evaluó en un segmento de 40 cm medidos a partir del ápice. Para las descripciones fenológicas se utilizó la escala y metodología propuestas por Garrán *et al.* (1993)

Tabla 2. Estadios fenológicos de brotación en cítricos. Modificada a partir de Garrán *et al.* (1993)

Estadio	Brotación
0	Ruptura de la yema y alargamiento inicial del brote
1	Crecimiento en longitud del brote
2	Fin del alargamiento del brote; comienzo de alargamiento y expansión de láminas foliares
3-4	Plena expansión de lámina foliar y comienzo de la maduración
5	Maduración de la hoja del brote; coloración verde más intensa
6	Hojas adultas, tamaño, grosor y color final
7	Hojas senescentes
Floración	
0	Botones florales, flores o frutos cuajados ausentes
1	Botones florales presentes
2	Botones florales hinchados
3	Flores abriéndose
4	Flores en plena floración
5	Flores en caída de pétalos
6	Flores sin pétalos
7	Frutitos cuajados
Agrupación de los estadios	
1-2	Alargamiento
3-4	Expansión de hojas
5	Maduración de hojas
6-7	Hojas adultas
1-2	Botones florales
3-4	Flores abiertas
5-6	Caída de pétalos

(Tabla 2). En cada observación se registró el estadio fenológico predominante entre los brotes vegetativos y reproductivos. Las evaluaciones se realizaron cada dos semanas, desde el 2 de febrero del 2009 hasta el 30 de diciembre de 2010, los datos se relacionaron con la precipitación mensual de los dos años de estudio. La información meteorológica se obtuvo en la estación del IDEAM, ubicada en Corpoica C.I. La Libertad.

Para realizar el balance hídrico se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros: precipitación promedio mensual, precipitación efectiva, evaporación, evapotranspiración potencial del cultivo y el coeficiente K_c del cultivo.

Para calcular la evapotranspiración del cultivo se utilizó la metodología propuesta por la FAO (2006), a través de la siguiente fórmula:

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

Donde, ET_c es la evapotranspiración potencial del cultivo, ET_o es la evapotranspiración de referencia y K_c es el coeficiente del cultivo con 0,75 para los meses lluviosos y 0,80 para los meses secos (FAO, 2006). Los promedios de evaporación mensual correspondientes a los dos ciclos comprendidos entre octubre de 2008 y enero de 2011.

Se realizaron 50 evaluaciones a lo largo de los dos años de estudio, luego de tomar la información en campo, a partir de las ramas muestreadas de cada punto cardinal, se totalizó el número de ramas en las que predominaba cada uno de los distintos estadios, y con base en ello se calculó el porcentaje correspondiente. Este procedimiento se realizó con los datos obtenidos de brotes vegetativos y de brotes reproductivos. Posteriormente se agruparon todos los estadios en categorías fenológicas que condensan la información para ambos tipos de brotes (Tabla 2) con el objetivo de representar gráficamente de forma cronológica las diferentes fases.

Para conocer la influencia de la posición de la rama en el árbol sobre el porcentaje de brotaciones reportado, se transformaron los datos a logaritmos y se realizó la prueba de rango múltiple de Duncan, utilizando el programa SAS® versión 9.2; para lo cual se utilizó un nivel de significancia variable que dependía del número de medias que entraban en cada etapa de comparación.

La producción promedio por árbol se obtuvo llevando los registros de la producción anual por hectárea dividiéndolo por el número de 208 árboles/ha que es la densidad de plantación utilizada en el lote de evaluación desde el año 2008 al 2010.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Balance hídrico

En general el consumo anual de agua para los cítricos varía entre 750 mm en zonas templadas y puede ir hasta 1.200 mm en zonas áridas (Koo, 1963; Van Bavel *et al.*, 1967; Agustí, 2003).

La Tabla 1, muestra la precipitación mensual de los años 2008 a 2010, siendo evidente que el año 2010 fue el más lluvioso con 3.827,20 mm, mientras que el 2009 el más seco especialmente finalizando el año con 2.695,00 mm en total, en diciembre de 2010 la precipitación fue de 422,40 mm lo que generó un exceso de humedad en el balance hídrico de ese año. Esta cifra es cinco veces mayor que el valor de precipitación promedio de 35 años para este mes que es de 77 mm. El 2010, se caracterizó por ser uno de los años más lluviosos de los registros de la estación meteorológica del C.I. La Libertad.

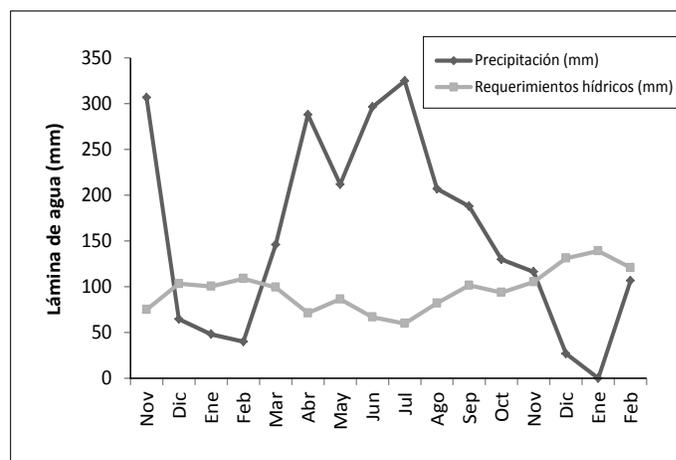


Figura 1. Balance hídrico del cultivo de naranja 'Valencia' de finales del 2008 y del año 2009 en Corpoica C.I. La Libertad (Villavicencio, Colombia)

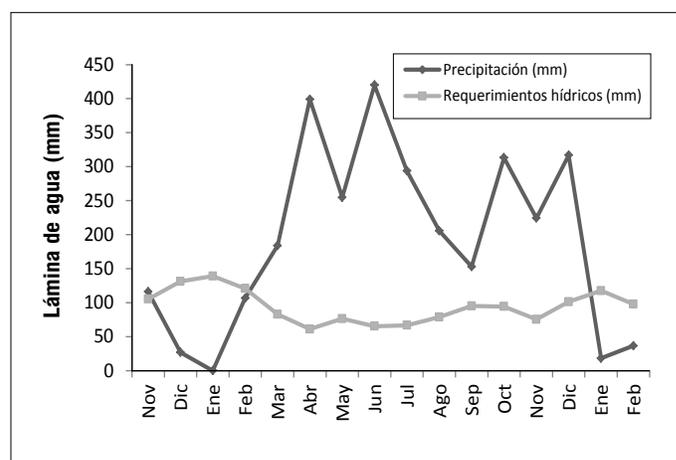


Figura 2. Balance hídrico del cultivo de naranja 'Valencia' de finales del 2009 y del año 2010 en Corpoica C.I. La Libertad (Villavicencio, Colombia)

En la Figura 1, se presenta el balance hídrico el cultivo de naranja experimenta un periodo de déficit hídrico durante 3 meses que van de diciembre del 2008 a febrero del 2009, en el cual acumuló un déficit teórico de 225,27 mm; mientras que en el periodo de finales del 2009 a 2010 (Figura 2) el periodo de déficit hídrico fue de solo 2 meses (enero y febrero de 2010), acumulando solamente un déficit hídrico de 153,13 mm, ocasionado por la prolongación de la época lluviosa durante el mes de diciembre; que redujo la época seca a solo sesenta días, siendo el promedio histórico de cerca de 90 días (Orduz y Fischer, 2007a).

Brotación y desarrollo vegetativo

En la Tabla 3, se presentan los resultados de la prueba de rango múltiple de Duncan para los dos ciclos estudiados, agrupados en los cuatro puntos cardinales. El análisis estadístico mostró que no existen diferencias significativas entre los valores de porcentajes de cada estadio de brotación, por lo que se estableció que la ubicación de las ramas dentro del árbol no influye en el comportamiento fenológico del mismo.

Tabla 3. Evaluación de estadios fenológicos de brotación según la escala de Garrán en los cuatro ejes cardinales en arboles de naranja 'Valencia'

Año	Punto cardinal	B0	B1	B2	B3	B4	B5
2009	N	0,229 a	0,209 a	0,255 a	1,088 a	1,012 a	0,924 a
	S	0,233 a	0,211 a	0,254 a	0,999 a	0,974 a	0,856 a
	E	0,256 a	0,237 a	0,269 a	1,021 a	0,963 a	0,899 a
	W	0,188 a	0,197 a	0,238 a	1,015 a	1,023 a	0,869 a
2010	N	0,100 b	0,116 b	0,091 b	1,282 b	1,215 b	1,099 b
	S	0,110 b	0,141 b	0,104 b	1,257 b	1,202 b	1,108 b
	E	0,081 b	0,101 b	0,071 b	1,282 b	1,259 b	1,134 b
	W	0,102 b	0,118 b	0,106 b	1,258 b	1,232 b	1,085 b

Porcentajes de brotación transformados a logaritmo y analizados con la prueba Duncan. Valores con la misma letra por estadio de brotación, no presentan diferencias estadísticamente significativas.

En el año 2009 se presentaron dos picos de brotaciones, la principal se dio al inicio de la temporada de lluvias, en el mes de abril, momento en el cual un gran número de las ramas evaluadas (90%) presentaron al menos un brote, esto sucedió después de recibir una precipitación acumulada durante 15 d de 290,20 mm. Durante este año se presentaron varios flujos de brotación con diferentes porcentajes, en el mes de septiembre se desarrolló el segundo pico de alargamiento del brote. En la Figura 3, se puede observar que durante la época lluviosa las plantas presentaron un importante porcentaje de brotes, que disminuyó con la llegada de la época seca.

En el año 2009, las plantas presentaron una alta brotación vegetativa en todos los meses, en las cuales el promedio de 18 lecturas de las ramas con brotes en desarrollo fue de

31,2% (Figura 3); mientras que en el año 2010 los valores medios de la misma variable fue de 17,4% (promedio de 22 lecturas) (Figura 4). En las variables brotes con hojas en expansión fue de 29,4% para el año 2009 y de 13,0% para el año 2010 (Figuras 3 y 4). Estos resultados confirman el mayor crecimiento y desarrollo vegetativo que presentaron los árboles en el año 2009 comparado con el año siguiente, señalando una modificación anual en la distribución de carbohidratos, lo que aparentemente esta regulado por los rendimientos anuales de las plantas.

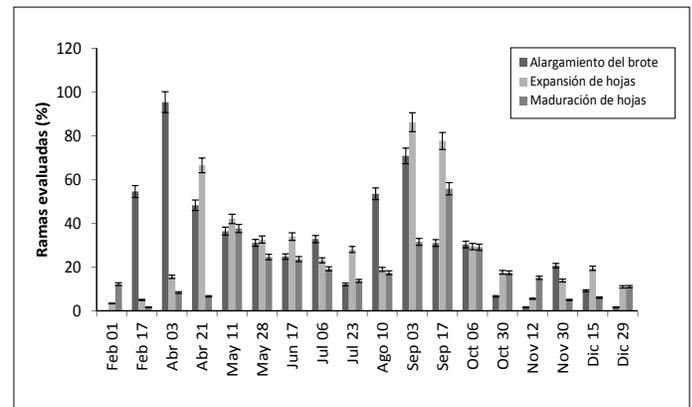


Figura 3. Evolución del desarrollo de brotes y hojas en árboles de naranja 'Valencia' en Corpoica C.I. La Libertad (Villavicencio, Colombia)

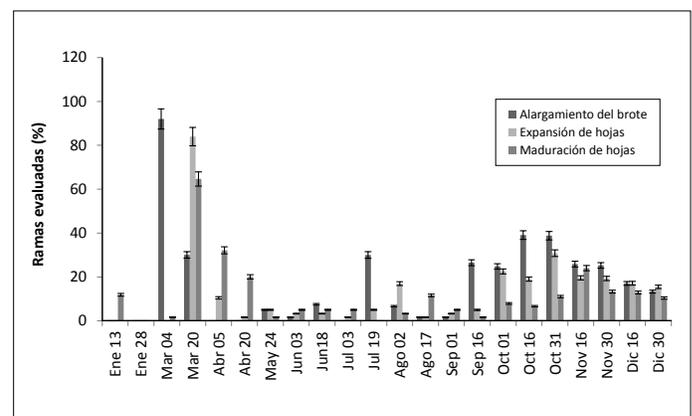


Figura 4. Evolución del desarrollo de brotes y hojas en árboles de naranja 'Valencia' en Corpoica C.I. La Libertad (Villavicencio, Colombia)

En el año 2008 las plantas obtuvieron 169 kg/árbol de fruta, siendo la mayor cosecha desde el inicio de la producción en el año 2002. Esta producción extrajo una fuerte cantidad de carbohidratos y nutrientes minerales. Bataglia *et al.* (1977) calcularon la cantidad de macronutrientes y micronutrientes exportados por una tonelada de naranja. Dentro de estos datos se señala que por tonelada producida se retiran (g), 1.906 N, 173 P, 1.513 K, 526 Ca, 127 Mg, 137 S. Para el caso de los micronutrientes se extrajo (g) 2,2 B; 25,0 Cl; 1,2 Cu; 6,6 Fe; 2,8 Mn; 0,9 Zn y 43,0 Na. El gasto de carbohidratos y de nutrientes minerales en la producción por planta en

el año 2008 (año *on*) (Figura 5); debió limitar el crecimiento y desarrollo vegetativo en ese año, lo que ocasionó una fuerte brotación vegetativa en el año 2009 (año *off*) (Figura 3) y una disminución de más del 75% de la producción por planta en ese año (Figura 5); a pesar que el porcentaje de ramas con flores al inicio de lluvias del año 2009 (Figura 7) fue superior a la evaluación del año 2010 (Figura 8); año en el cual las plantas obtuvieron alrededor de 147,8 kg/árbol, lo que puede considerarse un rendimiento normal. En el mismo año (2010) las plantas disminuyeron de forma apreciable los brotes vegetativos (Figura 4).

Teniendo en cuenta que el manejo agronómico del cultivo durante los años de estudio fue similar, se puede plantear que las diferencias de comportamiento de las plantas presentaron una fuerte influencia por las condiciones ambientales, en especial por las características de la precipitación de los años de estudio en particular en las fases fenológicas de floración y de cuajado. Las altas producciones de un ciclo (2008) estarían utilizando unos altos niveles de carbohidratos y de nutrientes minerales lo que limitaría el crecimiento vegetativo; mientras que en el ciclo siguiente (año 2009) las plantas disminuyeron los rendimientos de fruta, aumentando el uso de los carbohidratos para reponer el crecimiento vegetativo que fue afectado en el ciclo anterior; y volviendo en el tercer ciclo (año 2010) a tener altos rendimientos por planta.

Al inicio de lluvias en el mes de marzo del año 2009, la fase de floración presentó una duración cercana a los 50 d. Durante el mes de marzo la presencia de flor abierta fue del 23% (dos lecturas), descendiendo a un promedio de 12,5% de dos lecturas en el mes de abril; mientras que al inicio de lluvias en el 2010 la floración tuvo una duración cercana a 15 d, y el porcentaje de ramas con flores abiertas en una lectura fue del 32%. Lo anterior señala que aunque el número y la duración de la floración fue menor en el año 2010, esto no influyó sobre el rendimiento final de las plantas (año *on*). Contrario a lo que sucedió en el año 2009, en el cual

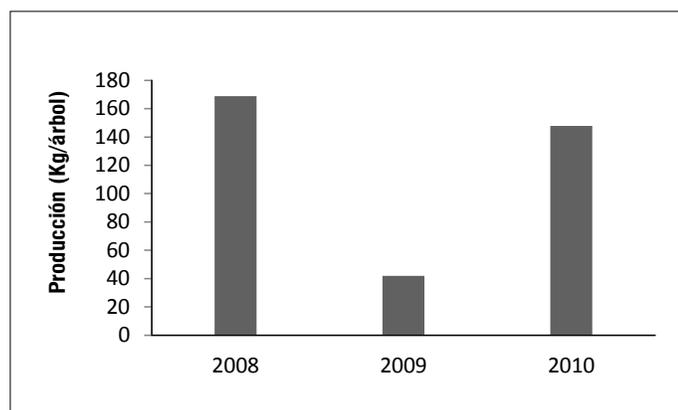


Figura 5. Producción promedio por árbol de naranja 'Valencia'

el periodo de floración fue extenso y se presentaron altos porcentajes de floración, pero la producción final fue baja (año *off*). Aparentemente el número de flores no tuvo relación directa con los rendimientos, como tampoco la alta cosecha del 2008 presentó influencia sobre la floración del 2009. En estas condiciones la producción parece estar relacionada por la competencia de fotoasimilados y nutrientes entre cosecha y brotación vegetativa.

En la Figura 6, se observa que en el año 2009 el cultivo desarrolló brotes vegetativos durante un periodo de 10 meses. La menor brotación ocurrió en diciembre, mientras que en abril, después del inicio de la temporada lluviosa, más del 90% de las ramas evaluadas presentaron brotes. Durante los meses de mayo, junio y julio el porcentaje de brotación descendió, para reactivarse en agosto y septiembre, con porcentajes mensuales de ramas en brotación del 67%, 57%, 44%, 53% y 78%, respectivamente.

Además en la Figura 6, también se puede observar que las plantas presentaron dos picos de brotación en el transcurso del año; la primera brotación en el que lo hacen casi la totalidad de las ramas, las cuales no vuelven a brotar hasta que haya terminado el proceso de maduración de hojas, esto sucede en el segundo semestre del año cuando el porcentaje de brotación vuelve a ser alto. El comportamiento anterior está directamente relacionado con el régimen de precipitación monomodal del piedemonte llanero.

El comportamiento de la brotación vegetativa ocurrido durante el año 2009 fue similar al que presentan los cítricos en condiciones subtropicales, en las cuales se obtienen de tres a cuatro picos de crecimiento (Davenport, 1990; Spiegel-Roy y Goldschmidt, 1996; Agustí, 2003; Tadeo *et al.*, 2003). En el trópico bajo se pueden presentar brotes nuevos continuamente todo el año, pero presentan picos más altos después del inicio de las temporadas lluviosas antecedidas por un periodo seco. Un comportamiento similar fue reportado para la fenología de mandarina 'Arrayana' en ésta región (Orduz *et al.*, 2010).

Durante el año 2010, el comportamiento fenológico fue muy diferente al ocurrido en el año 2009, las brotaciones de mayor intensidad se presentaron en el mes de marzo después de una precipitación acumulada durante los 15 d anteriores de 211,8 mm. En la Figura 6, se puede observar que en el resto del año hubo brotaciones esporádicas en los meses de enero, abril, mayo, junio, agosto y septiembre; en el mes de julio se presentó un aumento, y en los siguientes meses hubo brotes en menor porcentaje hasta finalizar el año. En la Figura 6, se observa que la principal brotación ocurrida en el año 2010 fue en el mes de marzo, y otro importante pero con menos intensidad se presentó en el mes de octubre.

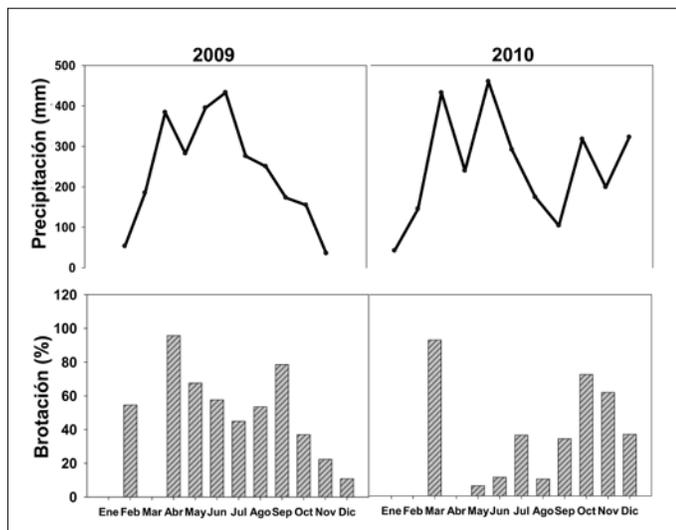


Figura 6. Brotación mensual en ramas de árboles de naranja 'Valencia' y su relación con la precipitación en el piedemonte del Meta (Colombia) 2009 y 2010

Al comparar los porcentajes de brotación mensual de los años 2009 y 2010 en la Figura 6, se puede notar la diferencia en el comportamiento de la brotación vegetativa, y su relación con la precipitación. Durante el año 2009 se presentó un mayor porcentaje de brotaciones y existió una relación proporcional con la cantidad de precipitación. El coeficiente de correlación de Pearson fue de 0,6 lo que indica que existe una relación positiva. Mientras que para los datos del año 2010, se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson de -0,18, es decir, que la relación entre las dos variables fue baja y negativa. Se puede observar en la Figura 6, que durante ese año se presentaron altas precipitaciones pero no existió una relación directa con el porcentaje de brotación ya que durante los meses en los que se presentó mayor precipitación, se presentaron porcentajes de brotación muy bajos, como lo fue en los meses de abril, mayo, junio y julio. La variabilidad en el porcentaje de brotaciones durante los dos ciclos estudiados puede estar influenciada por diferentes factores, como el rendimiento obtenido en el ciclo anterior (Figura 6), ya que existe una relación entre las reservas de carbono del cultivo, la brotación vegetativa y el volumen de cosecha.

Floración y cuajado

En el primer año de estudio (2009), el estrés hídrico se inició a finales del mes de noviembre de 2008, y se prolongó hasta la primera semana de febrero del año 2009. Así, en la brotación de la primera semana de marzo se presentó la principal floración del año, donde un 32% de las ramas evaluadas presentaba botones florales, mientras que el final de la antesis se registró en la segunda semana de abril (Figura 7). En el mes de agosto se presentó otra floración de menor intensidad que la primera, donde un 10% de las

ramas evaluadas presentaron al menos un botón floral, y en septiembre un 15%.

En el segundo año de evaluación (2010), el periodo de déficit hídrico se inició en diciembre del año anterior (2009) y terminó en la cuarta semana de enero del 2010 (Figura 8). Después del inicio de las lluvias en el mes de febrero, la principal floración se presentó en la primera semana de marzo, en este caso el 68% de las ramas evaluadas presentaban botones florales (el doble del porcentaje del año anterior) y el final de la antesis se registró en la segunda semana de abril. Al igual que en el 2009, en los meses de agosto y septiembre se registró la presencia de botones florales aunque en menor intensidad que en el año anterior (4% y 8%, respectivamente).

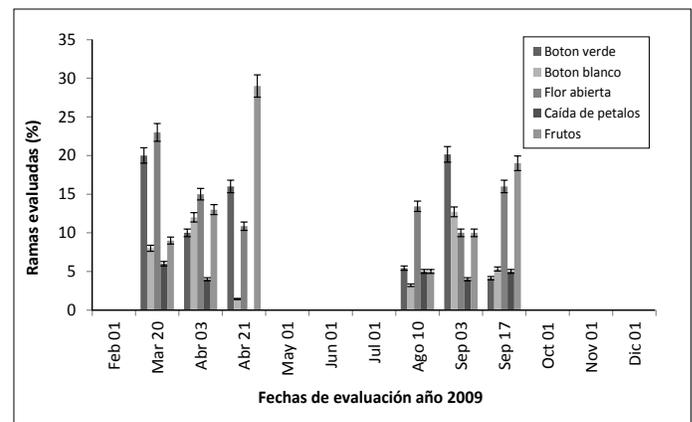


Figura 7. Comportamiento de la floración en ramas de naranja 'Valencia' en el piedemonte del Meta (Colombia) 2009

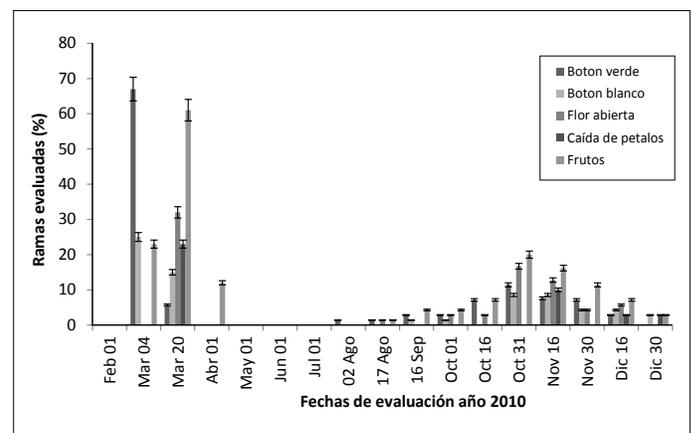


Figura 8. Comportamiento de la floración en ramas de naranja 'Valencia' en el piedemonte del Meta (Colombia) 2010

El mayor porcentaje de floración en los 2 años (2009 y 2010), se presentó al inicio de la temporada lluviosa (antecedida por un periodo de déficit hídrico); corroborando lo descrito en la literatura sobre inducción floral y el desarrollo de la floración en condiciones tropicales (Stover *et al.*, 2002; Reuther, 1973; Davenport, 1990; Davies,

1997). Si bien, la inducción floral es un evento en el que deben estar bajo control hormonal, solo se ha podido demostrar el papel inhibitorio de las giberelinas, como fue demostrado inicialmente por Monselise y Halevy (1964) con la aplicación exógena de GA₃ y por Koshita y Takahara (2004) quienes con plantas de mandarina sometidas a estrés hídrico severo (-1,5 a -2,0 MPa), documentaron un aumento en la concentración interna de GA₃ y una disminución del número de nudos florales.

La información de las Figuras 7 y 8 señalan que en tanto en el año 2009 y el 2010 se presentaron floraciones en ausencia de estrés hídrico como se puede comprobar en las Figuras 1 y 2. No se conocen los factores relacionados con la inducción de estas yemas reproductivas durante la época lluviosa y en ausencia de déficit hídrico. Orduz *et al.* (2010) plantearon dos posibilidades para la presencia de floraciones extemporáneas en estas condiciones: *i*) que la inducción se haya realizado en el periodo de estrés hídrico de la época seca, pero su brotación habría sido inhibida por la presencia de otras yemas o de frutos en desarrollo, o *ii*) que puede estar regulada por los factores endógenos de hormonas en las ramas con flores extemporáneas y relacionadas con los ciclos de crecimiento de tallos, raíces y presencia de frutos en desarrollo; tejidos que están documentados como los principales productores de giberelinas; las cuales actúan como inhibidores de la inducción floral. Al finalizar el crecimiento de los brotes y el sistema radical del inicio de lluvias, se estaría disminuyendo el contenido endógeno de giberelinas; lo que permitiría la inducción de yemas de flor en los meses de junio – julio, y su posterior desarrollo en los meses de agosto y que pueden prolongarse hasta octubre o noviembre (Figuras 7 y 8). Existe evidencia que los brotes jóvenes, los frutos en desarrollo y los ápices radicales son eficientes productores de giberelinas (Davies y Albrigo, 1993), lo que ayuda a sustentar este planteamiento.

Es evidente el papel determinante de las condiciones climáticas, en especial de la precipitación, sobre este comportamiento, teniendo en cuenta que el cultivo en estudio recibió la misma aplicación de correctivos, fertilizantes y prácticas de manejo durante los años 2008 al 2010. Otro aspecto que puede influir sobre este comportamiento es la permanencia de los frutos en el

árbol después de la maduración, si permanecen durante un periodo de tiempo prolongado y el fenómeno de la inhibición floral se acentúa hasta el punto que el número de flores formadas llega a ser tan escaso que limita de forma importante la siguiente cosecha (Agustí, 2003).

CONCLUSIONES

Se corroboró que el estrés hídrico es el principal factor de inducción floral en condiciones tropicales para el cultivo de naranja 'Valencia', aunque durante la temporada lluviosa se presentaron floraciones extemporáneas en ausencia de déficit hídrico y para lo cual no se conocen los factores ambientales que propician esta inducción y desarrollo floral; y cuales son las condiciones endógenas de las plantas para la presencia de estas estructuras reproductivas.

El comportamiento alternante de las plantas de naranja 'Valencia' en las condiciones de estudio, se debió a la competencia anual de la distribución de carbohidratos y nutrientes minerales entre la cosecha y el desarrollo vegetativo; este comportamiento estaría influenciado por la eficiencia del cuajado en la principal floración anual y al inicio de la temporada lluviosa que de ser favorable origina una alta cosecha, lo que a su vez disminuye el crecimiento vegetativo (años *on*) dando lugar a que se presente en el ciclo siguiente el fenómeno contrario (bajos rendimientos con abundante brotación vegetativa), lo que se conoce como año *off*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos al director Jaime Triana Restrepo (q.e.p.d.) al personal administrativo de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. La Libertad. A los señores Heberth Velásquez, Capitolino Ciprian, Alfredo Pardo, David López y a Melba Mora por el acompañamiento y apoyo durante el desarrollo de la investigación; a dos evaluadores anónimos, a las Ingenieras Agrónomas Diana Mateus y Claudia Calderón; y a los investigadores Takumasa Kondo (Corpoica, C.I. Palmira) y Gerhard Fischer de la Universidad Nacional por la revisión del texto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agustí M. 2003. Citricultura. Madrid: Mundi Prensa.
- Aubert B, Lossois P. 1972. Considerations sur la phenologie des especes fruitieres arbustives. *Fruits* 27(4):269-286.
- Bataglia OC, Rodríguez O, Hiroce R, Gallo JR, Furlani PR, Furlani AM. 1977. Composição mineral da frutas cítricas na coleitha. *Bragantia* 36(21):215-221.
- Davies F, Albrigo L. 1994. Citrus. Wallingford, UK: CAB International.
- Davenport TL. 1990. Citrus flowering. *HortRev.* 12:349-408.
- Dennis F, Nielsen J. 1999. Physiological factors affecting biennial bearing in tree fruit. The role of seeds in apple. *HortTechnology* 9(3):317-322.
- FAO. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje No. 56 Roma.
- FAO. 2009. Estadísticas FAOSTAT base de datos con datos procedentes de la FAO, la OIT y el Banco Mundial. En: <http://faostat.fao.org>; consulta: noviembre, 2012.
- Garrán SM, Ragone M, Vázquez D. 1993. Observaciones fenológicas en plantas cítricas. En: Resúmenes XVI Congreso Sociedad Argentina de Horticultura. Argentina. p. 171.
- Heuveland J, Pardo J, Quirós S, Espinoza L. 1986. Agroclimatología tropical. San José: Universidad Estatal a Distancia.
- Jackson LK, Davies FS. 1999. Citrus growing in Florida. Gainesville, FL: University press of Florida.
- Koo RCJ. 1963. Effects of frequency of irrigation on yield of orange and grapefruit. *Proc. Florida State Hort Soc* 76, 1-5.
- Koshita Y, Takahara T. 2004. Effect of water stress on flower-bud formation and plant hormone content of 'Satsuma' mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *Scientia Hort* 99:301-307.
- MADR, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2010. Encuesta nacional agropecuaria. En: http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/ena/ENA_2010.pdf; consulta: noviembre, 2012.
- Mateus D, Pulido X, Gutiérrez A, Orduz J. 2010. Evaluación económica de la producción de Cítricos cultivados en el Piedemonte del Departamento del Meta durante 12 años. *Orinoquia* 14(1):16-26.
- Martínez A. 2010. El tiempo de permanencia del fruto en el árbol y su relación con la floración de los cítricos [Tesis de doctorado]. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Monselise SP, Halevy AH. 1964. Chemical inhibition and promotion of citrus flower bud induction. *Proc Amer Soc Hort Sci* 84:141-146.
- Orduz J, Baquero J. 2003. Aspectos básicos para el cultivo de los cítricos en el Piedemonte Llanero. *Rev Achagua* 7(9):7-19.
- Orduz J, Fischer G. 2007a. 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 JO. 2007b. Ecofisiología de los cítricos en el trópico: revisión y perspectivas. En: Memorias Segundo Congreso Colombiano de Horticultura. Bogotá: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. pp. 67-76.
- Orduz J. 2008. Mejoramiento de la producción y calidad de la naranja valencia en los llanos, mediante la investigación de los factores limitantes: agua, nutrición y eficiencia del cuajado (fase II). Villavicencio, Colombia: Corpoica.
- Orduz J, Monroy H, Fischer G. 2010. Comportamiento fenológico de la mandarina 'Arrayana' en el piedemonte del Meta. *Agron Colomb* 28(1):63-70.
- Reuther W. 1973. Climate and citrus behavior. En: Reuther W, Batchelor LD, Webber HJ, editores. *Citrus industry*. Vol. 3. Davis, CA: University of California. pp. 281-337.
- Singh RN. 1971. Biennial bearing in fruit trees-accent on mango and apple. New Delhi: Indian Council of Agricultural Research.
- Spiegel R, Goldschmidt E. 1996. *Biology of citrus*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Stover E, Boman B, Parsons L. 2002. Physiological response to irrigation and water stress. En: Boman BJ, editores. *Citrus and water stress*. Gainesville, FL: Institute of Agricultural Sciences, University of Florida. pp. 112-116.
- Tadeo F, Moya JL, Iglesias D, Talón M, Primo-Millo, E. 2003. Histología y citología de cítricos. Valencia, España: Generalitat Valenciana.
- Talón M, Delhom MJ, Soler J, Agustí M, Primo-Millo E. 1999. Criterios de racionalización de las aplicaciones de ácido giberélico para la mejora del cuajado del fruto de los cítricos. *Levante Agrícola* 347:128-133.
- Villalpando J, Ruiz A. 1993. Observaciones agrometeorológicas y su uso en la agricultura. México DF: Editorial Lumusa.
- Volpe CA. 1992. Citrus phenology. En: *Proc. Intl. Sem. Citrus Physiol*. Bebedouro, São Paulo, Brasil. pp. 103-122.
- Van Bavel CH, Newman M, Hilgeman RH. 1967. Climate and estimated water use by and orange orchard. *Agric Meteorol* 4:27-37.