

COMPORTAMIENTO TÉRMICO E HÍDRICO EN LA FLORACIÓN DEL AGUACATE (*Persea* spp.) GRUPO MEXICANA EN LA REGIÓN CENTRO-NORTE COSTERA DE VENEZUELA

M. Pérez¹; L. Avilan¹; E. Soto¹, M. Rodríguez¹ y J. Ruiz¹.

¹INIA-CENIAP, e-mail: mercedesperez@inia.gob.ve Apdo. 4846, Maracay 2101, Venezuela

Se relacionó el comportamiento térmico, hídrico y horas de luz con el inicio de la floración de una población de 26 árboles mayores de 10 años, cultivares e híbridos de aguacate (*Persea* spp.) del grupo mexicana, localizado en un bosque seco tropical. Se describió el comportamiento fenológico durante tres ciclos anuales de producción comprendidos entre el 2002 y el 2005. Las características ecológicas de la localidad ubicada a una elevación de 450 msnm no fueron las más propicias para las exigencias de este grupo. Se estima que la inducción floral ocurre en los tres meses que anteceden el inicio de la floración, caracterizando el régimen térmico e hídrico de este período, en los cuatro ciclos de floración evaluados. Este periodo que antecede el inicio de la floración se caracterizó por presentar temperaturas máximas diarias altas (30° a 32°C) y escasa frecuencia de días con temperaturas bajas ($\leq 19^{\circ}\text{C}$); amplitud térmica diaria promedio de 11°C y grados-día acumulado de 1475. La precipitación acumulada en este periodo varió entre 110.3 y 768.9 mm y estuvo ausente de manera parcial y/o total durante la floración. La suma de horas de luz en este periodo varió entre 524 y 619 horas-brillo, con promedio día⁻¹ de 5.8.

THERMAL AND HYDRIC BEHAVIOUR IN MEXICAN VARIETY AVOCADO (*Persea spp*) FLOWERING IN THE COASTAL NORTH-CENTER REGION OF VENEZUELA

M. Pérez¹, L. Avilan¹, E. Soto¹, M. Rodriguez¹ and J. Ruiz¹.

¹INIA-CENIAP, e-mail: mercedesperez@inia.gob.ve Apdo. 4846, Maracay 2101, Venezuela

Thermal and water factors, as well as hours of light were related with the beginning of flowering in a population of 26 Mexican-variety avocado trees (*Persea spp*), cultivars and hybrids, older than 10 years, located in a dry tropical forest. Phenological behaviour was described during three annuals cycles of production between 2002 and 2005. Ecological characteristics of the locality, placed at 450 masl were not the most suitable for this variety. It is estimated that flowering induction occurs three months before the beginning of flowering, this period was characterized for its thermal and water conditions in the four flowering cycles evaluated. Daily maximum temperatures were high (30° a 32°C) and there was few frequency of low-temperature days ($\leq 19^{\circ}\text{C}$); daily thermal amplitude average was 11°C, and accumulated degree-days until the beginning of the flowering were 1475°C. The accumulated precipitation in this period varied between 110.3 and 768.9 mm, and it was partially or totally absent during the flowering. The addition of hours of light in this period varied between 524 and 619 hours of shine, with an average day⁻¹ of 5.8.

1. INTRODUCCIÓN

En Venezuela la presencia del grupo mexicano, muy difundidos a nivel mundial, es nula o muy escasa debido a que sus frutos pequeños y alto contenido de grasa, no se ajusta a las exigencias de los consumidores nacionales; sin embargo poseen un gran potencial para ser empleados como patrones por inducir el pequeño tamaño o porte de los árboles (Gaillard, 1987, Avilán et al. 1997). El aguacate del grupo mexicano, presenta, dos o más flujos de crecimiento anual, siendo el primero el más intenso asociado con periodos lluviosos y acompañando al proceso de floración, mientras que las etapas de reposo se presentan con frecuencia en periodos de sequía (Venning y Lincoln, 1956; Rodríguez-Suppo, 1982; Avilán *et al*, 2007). En la región centro-norte del país la floración de éste grupo ocurrió en los meses finales del año, septiembre–noviembre, y estuvo caracterizado por una larga extensión de 20 a 29 semanas y una baja intensidad que varió entre 25% y 50% (Avilán *et al*, 2007). El estímulo floral según Gaillard (1987) se produce alrededor de dos meses antes de la floración y se le atribuye a temperaturas bajas, días cortos y al estrés hídrico. Butrosse y Alexander (1978) utilizando el cultivar Fuerte en condiciones controladas, lograron establecer que temperaturas máximas menores a 20°C promovieron la inducción floral; mientras temperaturas máximas superiores a 25°C, la inhibieron completamente. Salazar-García *et al*, (1998) encontraron una buena correlación entre el desarrollo de la inflorescencia y las temperaturas nocturnas inferiores a los 15°C pero no consideran ésta temperatura como inductiva sino que juega un rol como promotora de la expresión floral. En plantas del cv Hass en condiciones controladas Salazar-García *et al*, (1999), destacan el efecto positivo que tiene el régimen 20/15 °C sobre la floración. Los árboles mantenidos en régimen de temperaturas elevadas 25/20 °C y días cortos (10 horas de fotoperíodo) no florecieron. Chaikiattiyos *et al*, (1994) destacan que existe para el aguacate un rango de temperatura neutra entre 23°C / 18°C y 29°C / 25°C donde no ocurre la floración ni el desarrollo vegetativo. Según Salazar-García *et al*, (1998) un periodo de reposo no es un prerrequisito para el desarrollo de la inflorescencia.

En relación a la humedad Chaikiattiyos *et al*, (1994), demostraron que al reducir o paralizar el desarrollo vegetativo se favorece la inducción floral, pero que el estrés hídrico por si solo no induce el proceso. Plantas en régimen de 29°/25° y en estrés hídrico no florecieron.

En el presente estudio se caracterizó el comportamiento térmico e hídrico de los tres meses que antecedieron el inicio de la floración de cultivares e híbridos de aguacate del grupo mexicano, en la región centro-norte costera de Venezuela durante tres ciclos anuales de producción comprendidos entre julio del año 2002 y julio del 2005.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la descripción de las características térmicas e hídricas presentes durante la inducción floral, la cual ocurre en los dos a tres meses que anteceden el inicio de la floración (Gaillard, 1987), se tomo como base el comportamiento fenológico observado en una población de 26 árboles mayores de 10 años, cultivares e híbridos, de aguacate del grupo mexicano pertenecientes a la colección del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP-INIA), localizado en la región centro norte del país caracterizada como Bosque Seco Tropical (Avilán *et al.*, 2007). El inicio de la floración fue establecido por la presencia de la estructura correspondiente descrita por Aubert y Lossois (1972) y evidenciada por la presencia de la estructura globosa de la inflorescencia y la visible del pedúnculo primario, correspondiente a los estadios B y C, en el 5% de la superficie exterior de la copa de cada árbol en el 30% de la población. Su ubicación en el tiempo fue establecida contabilizando el número de Semanas transcurridas a partir de la última semana de julio considerada como el inicio de cada ciclo anual de producción (Semana 1), el cual culmina en la penúltima de julio del siguiente año (Semana 52). La duración del flujo de floración (Total de Semanas) se determino por la diferencia entre Semana final (S_{final}) donde cesa la emisión de inflorescencias (esatado G) y la Semana inicial ($S_{inicial}$) donde ocurre y/o se detecta la presencia de las mismas (Duración = $S_{final} - S_{inicial}$). De la estación climatológica “CENIAP-INIA”, localizada a 10°17' N, 67°37' W a unos 100 metros del huerto, se obtuvieron los registros diarios de temperatura máxima y mínima del aire, precipitación, evaporación e insolación, en los tres meses que antecieron los diferentes ciclos de floración. La evapotranspiración potencial (ETo) se determino por el método de la tina tipo “A”, usando el factor de corrección de 0,8 recomendado para Venezuela (López 1968). Considerando la influencia de las temperaturas y el régimen hídrico sobre la inducción e iniciación floral, se calcularon los índices agroclimáticos: simples: Precipitación acumulada (Pacum) y el número de días con temperaturas iguales e inferiores a los 23, 22, 21, 20, 19, 18, 17 16 y 15 °C., que antecieron al evento, además de los Índices Compuesto: Grados-días (GD), desde la fecha (25/07) de inicio de cada ciclo anual de producción hasta el inicio de la floración empleando los métodos Residual, $td = T_x - T_{base}$, donde: T_x = temperatura media del día (°C) y T_{base} = temperatura base (°C) considerando como “cero fisiológico” 10°C (Aubert ,1976).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La floración con mayor frecuencia fue evidenciada entre septiembre–noviembre, y en el transcurso de los tres ciclos anuales de producción fueron determinados 4 flujos (Cuadro 1) cuya intensidad y duración se fue incrementando paulatinamente con el pasar de los ciclos. En el Ciclo 1 ocurrieron dos flujos (Flujos 1 y 2) mientras en los Ciclos 2 y 3 solamente uno (Flujos 3 y 4)

Cuadro 1. Semanas de inicio, duración y máxima floración, durante los Ciclos de producción 2002 al 2005.

Ciclo de producción	Semana Inicio Floración (S _{inicial})	Semana Final Floración (S _{final})	Total semanas	Semanas de Máxima floración
1	Flujo 1 Semana 16 (4 al 10 noviembre 2002)	Semana 17 (11 al 17 noviembre 2002)	2	Semana 17 (11 al 17 noviembre) (25%)
	Flujo 2 Semana 25 (5 al 11 enero 2003)	Semana 36 (23 al 29 marzo 2003)	11	Semana 29 a 30 (4 al 13 febrero) (25%)
2	Flujo 3 Semana 19 (23 al 29 noviembre 2003)	Semana 40 (18 al 24 abril 2004)	20	Semana 26 a 27 (14 al 20 de enero del 2004) (50%)
3	Flujo 4 Semana 10 (14 al 25 septiembre 2004)	Semana 39 (10 al 16 de abril 2005)	29	Semana 27 a 28 (21 al 28 de enero 2005) (50%)

*Ciclo 1 =2002-2003, Ciclo 2 = 2003-2004, Ciclo 3=2004-2005

Las medias mensuales de las temperaturas máximas diarias registradas durante los tres meses que precedieron la floración (Cuadro 2) variaron entre 31°C y 32°C, superiores a los 25°C señalado por Buttrose y Alexander (1978) como inhibidoras de la inducción floral, mientras las mínimas diarias entre 19,1°C y 21.3°C. además, establecieron para el 'Fuerte' (híbrido de mexicana por guatemalteca) que las temperaturas mínimas menores a 20°C promovieron la inducción floral.

Cuadro 2. Temperaturas medias máximas y mínimas diarias, amplitud térmica diaria y Grados días acumulados (GDA) en los tres meses que antecedieron el inicio de la floración. Periodo 2002-2005

N° Flujos	Meses que antecedieron Inicio floración	Temp. Max Media (°C)	Temp. Min Media (°C)	Amplitud térmica diaria	GDA* 10°C
Flujo 1:	Septiembre- :Noviembre (4/08 al 4/11/ 2002)	31.3	21.3	10	1662
Flujo 2:	Octubre-Diciembre: (5/10 al 5/12/ 2002)	32.2	20.2	10	—
Flujo 3:	Septiembre- :Noviembre (23/08 al 23/11/ 2003)	32.0	19.6	12.4	1920

Flujo 4: | Julio-Octubre
 (14/07 al 14/09 /2004) 31.1 19.1 12 793

***GDA =25/07 fecha de inicio del ciclo de producción hasta el inicio de la floración**

En el Cuadro 3 donde se presenta la frecuencia de días con temperatura iguales y/o inferiores a los 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23°C, durante los meses que precedieron la floración, se observa que a partir de agosto se va incrementando paulatinamente el número de días con temperaturas inferiores a los 20°C. El análisis estadístico de los registros de las temperaturas mínimas para la misma localidad y épocas indicó (Avilán et al., 2005) que la frecuencia de días en los periodos de 30, 60 y 90 antes del inicio de la floración, presentaron diferencias significativas. Así mismo que los 20°C y 19°C fueron los de mayor frecuencia, representando en su conjunto entre el 48,6% y 57,7% de los estratos considerados.

Las medias mensuales de la amplitud térmica diaria variaron entre 10 y 12°C, 4°C (Cuadro 2) la cual es una oscilación diaria, diurna-nocturna de la temperatura muy alta, que probablemente interfiere la acumulación de horas frío necesarias para inducir la floración. Los intervalos reportados en la literatura de los regímenes de temperatura diurna-nocturna, por Buttrose y Alexander (1978) Sedgley y Annells (1981), Chaikiattiyos et al., (1994) y Salazar-García et al., (1999), en general no exceden de los 5°C. Buttrose y Alexander (1978) obtuvieron la máxima floración con 20°C, 15 horas al día y 15°C, 9 horas en la noche.

Cuadro 3. Frecuencia de días con temperatura iguales y/o inferiores a los 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23°C, respectivamente, en los Ciclos anuales de producción 2003- 2004 y 2004-2005.

Mes	>14°≤1	>15°≤1	>16°≤1	>17°≤1	>18°≤1	>19°≤2	>20°≤2	>21°≤2	>22°≤2
	5°	6°	7°	8°	9°	0°	1°	2°	3°
Julio	0	0	1	0	2	17	7	3	1
Agosto	0	0	0	2	7	12	10	0	0
Septiem	0	0	0	2	7	11	8	2	0
Octubre	0	0	1	1	3	10	13	3	0
Noviem	0	1	0	3	9	10	7	0	0
Diciemb	2	7	6	4	7	5	0	0	0
Enero	17	6	4	2	1	1	0	0	0
Febrero	16	4	4	2	2	0	0	0	0
Marzo	6	3	4	4	9	3	2	0	0
Abril	0	1	2	0	2	6	9	6	4
Mayo	0	0	1	1	3	4	12	4	6
Junio	0	0	1	6	6	12	2	2	1
Julio	0	1	3	3	9	11	3	1	0
Agosto	0	0	0	2	7	11	4	4	3
Septiem	0	0	1	2	10	12	5	0	0
Octubre	0	0	0	1	12	12	6	0	0
Noviem	0	0	4	3	7	11	5	0	0

Diciemb	5	2	4	10	8	1	0	1	0
Enero	4	5	8	5	5	2	2	0	0
Febrero	5	3	3	5	4	5	1	2	0
Marzo	2	7	4	8	5	3	0	1	1
Abril	0	0	0	3	2	14	4	2	5
Mayo	0	0	0	0	2	9	5	14	1

La extensión del proceso (Flujo 3 y 4) con 20 y 29 semanas de duración, la baja intensidad (50%) y la ocurrencia de dos flujos (Flujo 1 y 2) como sucedió en el Ciclo 1 (Cuadro 1) parecen estar asociado a las condiciones térmicas (temperaturas máximas, mínimas y amplitud térmica diaria) imperantes que no son propicias para favorecer la acumulación de horas de frío requeridas por el grupo de cultivares e híbridos mexicano. Estos resultados son concordantes con lo acotado por Schroeder (1951) citado por Gaillard (1987), quien señala que el alargamiento del periodo de floración de 1 a 6 meses, ocurre porque las condiciones climáticas son desfavorables, y en casos muy acentuados pueda existir una segunda floración, como sucedió en el Ciclo 1. El comportamiento fenológico de híbridos de guatemalteca por antillana en la misma localidad y época (Avilán et al., 2005) se caracterizó por periodos de menor extensión y mayor intensidad del proceso evidenciando una mejor adaptabilidad a las condiciones de la zona. De acuerdo a Gregoriou et al. (1982) y Chaikiattiyos *et al.* (1994) existe una temperatura crítica que varía con la especie y el cultivar, en la cual se produce la transición del crecimiento vegetativo al reproductivo.

En relación a la precipitación en los meses que precedieron al inicio de la floración en los Flujos 3 (agosto, septiembre y octubre) y al Flujo 4 (junio, julio y agosto) la precipitación acumulada (Pacum.) fue de 593,5 y 396,6 m.m. respectivamente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Precipitación (m.m) y temperatura (°C) máxima diaria promedio mensual durante los tres Ciclos anuales de producción comprendidos entre el 2002 y 2005.

Meses	Ciclo 1		Ciclo 2		Ciclo 3	
	mm	°C	mm	°C	mm	°C
Julio	67,3	32,1	135,9	30,9	122,9	31,3
Agosto	128,2	32,1	229,3	31,3	170,2	31,0
Septiembre	139,3	32,1	144,0	31,9	177,4 *	31,4
Octubre	72,6	32,8	194,3	32,4	107,2	31,3
Noviembre	37,1 *	32,9	201,3 *	32,1	87,5	30,5
Diciembre	0,6	32,8	6,7	32,2	17,8	31,7
Enero	0,0 **	34,1	0,0	32,7	67,5	31,9
Febrero	0,0	34,6	0,0	33,4	24,1	32,6
Marzo	0,0	35,9	0,0	34,2	0,0	34,1
Abril	84,1	33,9	77,9	34,0	76,3	32,8
Mayo	146,0	33,3	172,1	31,4	80,8	31,1
Junio	82,7	31,8	82,7	31,2	-	30,1
Total	757,9	-	1244,2	-	931,7	

(*) Registros climáticos de la Estación CENIAP, Latitud 10°17', Longitud 63°17'. Altitud 455 m.s.n.m. *Ciclo 1=2002-2003, Ciclo 2 =2002-2004, Ciclo 3 = 2004-2005.

(*)Un ciclo anual se inicia en la última semana del mes de julio y culmina en la penúltima semana del mes de julio del siguiente año.

La relación de oferta hídrica (precipitación) y la demanda (evaporación potencial) expresada como índice de humedad (IH) indica para los mismos periodos (Cuadro 5) valores de 2,2 y 1,6 respectivamente; mientras para los Flujos 1 y 2 con Pacum. de 314,9 y 106, valores de IH fueron de 0,99 y 0,34, respectivamente. Esto indica que la inducción floral ocurrió en condiciones de buena y limitada humedad. Gaillard (1987) destaca que un déficit hídrico de corta duración (2 meses) es favorable para una iniciación floral, especialmente en algunos climas tropicales no caracterizados por una disminución en la temperatura suficiente para acarrear una detención completa del crecimiento vegetativo. Sin embargo como acota Salazar-García et al. (1998), un periodo de reposo, no es un prerrequisito para el desarrollo de la inflorescencia.

Cuadro 5. Condiciones de humedad en los 3 meses antes del inicio de la floración del aguacate. Periodo 2002-2005

Periodo	Pluviometría		Evaporación		IH= P/eto
	(mm) en el periodo	% anual	total (mm)) en el periodo	% anual	
2002-2005					
Flujo 1: 4/08 al 4/11/ 2002	314.9	39.0	418.9	39.3	0.99
Flujo 2: 5/10 al 5/12/ 2002	106.7	13.2	402.2	37.8	0.34
Flujo 3: 23/08 al 23/11/ 2003	593.5	48.3	406.5	21.8	2.2
Flujo 4: 14/06 al 14/09 /2004	396.6	39.0	416.7	24.1	1.6

Si bien para la inducción floral es favorable la ocurrencia de un estrés hídrico, durante el proceso, puede causar problemas en función a la demanda de la planta. Whiley et al. (1988) destacan que durante ésta fenofase cerca del 13% de la transpiración total de la copa de la planta, puede ser atribuida a los órganos florales, lo cual indica que durante el proceso las demandas hídricas son elevadas.

4. CONCLUSIONES

Las características del hábitad ubicado a 450 msnm no fueron las más propicias para la expresión de la floración.

El inicio de la floración ocurrió en los meses finales del año (septiembre-noviembre) y el proceso se caracterizó por su larga extensión (20 a 29 semanas) y baja intensidad (25% a 50%), como consecuencia del régimen térmico caracterizado por temperaturas máximas diarias altas (30° a 32°C) y escasa frecuencia de días con temperaturas bajas ($\leq 19^\circ$).

La precipitación acumulada en el periodo de inducción floral varió entre 314,9 y 593,5 mm y estuvo ausente parcial y/o total durante la floración.

5. REFERENCIAS

AUBERT, B. Y P. LOSSOIS. 1972. Considérations sur la phénologie des espèces frutieres arbustives. Fruits 27 (4) : 269-286.

AVILAN, L; E. SOTO; M. PÉREZ M; M. RODRIGUEZ Y J. RUIZ. 2007. Fenología de cultivares e híbridos de aguacate (*Persea spp.*) de la raza mexicana en la región centro norte costera de Venezuela. 2007. Agronomía Tropical 57(2).

AVILÁN, L; E. SOTO; M. PÉREZ M; C. MARÍN; M. RODRIGUEZ Y J. RUIZ. 2005. Comportamiento fenológico híbridos guatemalteca por antillana de aguacate en la región centro-norte costera de Venezuela. Agronomía Tropical. 55 (4): 535-551.

AVILÁN, L. Y M RODRÍGUEZ. 1997. Descripción y evaluación de la colección de aguacates (*Persea spp.*) del CENIAP. Maracay. Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias; Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, IICA/CReA/PROCIANDINO/FRUTEX. 92p (Serie A N° 12)

BUTTROSE, M AND D. ALEXANDER. 1978. Promotion of floral initiation in 'Fuerte' avocado by low temperature and short daylength Scientia Horticulturae.8 213-219.

GREGORIOU, C AND D. KUMAR. 1982. Some aspects of shoot and root growth of avocado under lowland tropical conditions. California Avocado Society Yearbook: 66:129-144.

CHAIKIATTIYOS, S; C. MENZEL AND T. RASMUSSEN. 1994. Floral induction in tropical fruit trees: Effects of temperature and water supply. Journal of Horticultural Science 69(3): 397-415.

GAILLARD, J .1987. L'avocatier sa culture, ses produits. France. G.P. Maisonneuve et Larose et A.C.C.T.419p.

LÓPEZ, J. 1968. Resultados comparativos de mediciones y cálculos de evaporación y uso consuntivo. Jornadas Venezolanas de Riego. Caracas, Venezuela.

RODRIGUEZ-SUPPO, F.1982 El aguacate. México. A.G.T. Editor, S.A.167p

SALAZAR-GARCIA, S.; E. LORD AND C. LOVATT. 1998. Inflorescence and flower development of the 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill) during "on" and "of" crop years. Journal American Society Horticultural Science. 123(4): 537-544.

SEDGLEY, M. AND C. ANNELLS. 1981. Flowering and fruit set response to temperature in the avocado cultivar Hass. *Scientia Horticulturae* 14 (1):27-33.

VENNING, F AND F. LINCOLN. 1956. Developmental morphology of the vegetative axis of avocado and its significance spacing, pruning practices, and yields of grove. *Proceedings Florida Station Horticultural Society*. 71: 350-356

WHILEY, A ; K. CHAPMAN AND J. SARANAH. 1988. Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* cv Fuerte) during flowering. *Australian Journal Agricultural Research* 39: 457-467.