

Variabilidad climática y la floración del café en Colombia

La **variabilidad climática** hace referencia a las variaciones en los valores promedios del clima a escala temporal y espacial, más allá de los eventos individuales del tiempo. Como ejemplos de variabilidad climática se tendrían sequías extendidas, inundaciones y condiciones resultantes de los eventos de El Niño y La Niña-Oscilación del sur (ENSO)¹.

En la zona cafetera colombiana la variabilidad climática asociada a los Fenómenos de El Niño y La Niña, produce cambios en la distribución y magnitud de los elementos del clima (17, 18). Con respecto a una condición neutra, bajo condiciones de La Niña la precipitación se incrementa entre un 30% y un 50% (25) y bajo condiciones de El Niño las precipitaciones se reducen entre un 8% y un 24% (15). Los cambios en los patrones de precipitación ocurren especialmente en los períodos históricamente secos, como diciembre a febrero y junio a agosto (25).

¹ Definición tomada del Documento de la Agencia de Cooperación de los Estados Unidos titulado "Adapting to climate Variability and Change: A Guide Manual for Development Planning, 2007.31p





Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

Autores

Víctor Hugo Ramírez B.
Investigador Científico I. Fitotecnia

Jaime Arcila P.
Investigador Principal. Fitotecnia

Álvaro Jaramillo R.
Investigador Científico III. Agroclimatología

José Raúl Rendón S.

Guiovanny Cuesta G. (Hasta agosto de 2010)

Juan Carlos García L.

Hernán Darío Menza F.

Carlos Gonzalo Mejía M.

Diego Fabián Montoya

Jhon Wilson Mejía M. (Hasta abril de 2011)

Jorge Camilo Torres N.

Pedro María Sánchez A.

José Enrique Baute B.
Asistentes de Investigación.
Experimentación

Andrés Javier Peña Q.
Investigador Científico I. Agroclimatología.
Centro Nacional de Investigaciones de Café,
Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia

Edición:
Sandra Milena Marín L.

Fotografías:
Víctor Hugo Ramírez B.
Gonzalo Hoyos Salazar

Diagramación:
María del Rosario Rodríguez L.

Imprenta:

ISSN - 0120 - 0178

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Chinchiná, Caldas, Colombia
Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723
A.A. 2427 Manizales
www.cenicafe.org

La floración del café está estrechamente ligada a condiciones climáticas como el fotoperíodo, la distribución de los períodos húmedos y secos, y cambios en la temperatura del aire (1, 6, 7, 9, 10, 12, 14, 21, 22, 23, 27, 28).

La floración del café es un estado fenológico, asociado directamente con la producción del cultivo, por lo tanto, es necesario comprender e identificar los factores y variables que limitan o favorecen la aparición de este estado. Entender el fenómeno de floración y establecer una relación con las variables agrometeorológicas es de gran utilidad para tomar decisiones, dado que se podrá cuantificar el efecto potencial de la variabilidad climática sobre el cultivo y avanzar en la estimación de los efectos potenciales sobre la producción. En este Avance Técnico se cuantifica el efecto de la variabilidad climática sobre la floración del café en Colombia.

■ Localización y evaluación ■

La evaluación de la floración se realizó en ocho localidades de

la zona cafetera colombiana, en las Estaciones Experimentales de Cenicafé (Tabla 1), ubicadas desde 02° 24' de latitud Norte (Manuel Mejía- El Tambo, Cauca) hasta los 10° 25' de latitud Norte (Pueblo Bello-Cesar).

En cada una de las Estaciones Experimentales se realizó un conteo del número de botones florales, correspondiente a la etapa 59 (preantesis) en la escala BBCH para café (Figura 1) aplicada por Arcila *et al.* (3). Las observaciones se efectuaron semanalmente desde mayo de 2008 hasta octubre de 2010.

Períodos analizados. En Colombia se presentan dos períodos de floración, comprendidos entre el 1° de mayo y el 31 de octubre, que corresponde a la cosecha del primer semestre, y entre el 1° de noviembre y el 30 de abril, responsable de la cosecha del segundo semestre (2). Para el caso de este estudio, cada período de floración se dividió en dos trimestres (Tabla 2), los cuales se describen en detalle en la Tabla 3. Durante los períodos analizados se presentó

Tabla 1. Localización de las estaciones experimentales de Cenicafé.

Localidad	Departamento	Municipio	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (m)
Cordillera Central - vertiente Occidental					
El Rosario	Antioquia	Venecia	05°58'	75°42'	1.635
Naranjal	Caldas	Chinchiná	04°58'	75°39'	1.381
La Catalina	Risaralda	Pereira	04°45'	75°44'	1.321
Paraguaicito	Quindío	Buenavista	04°24'	75°44'	1.203
Manuel Mejía	Cauca	El Tambo	02°24'	76°44'	1.735
Cordillera Central - vertiente Oriental					
La Trinidad	Tolima	Líbano	04°54'	75°02'	1.456
Cordillera Oriental - vertiente Occidental					
San Antonio	Santander	Floridablanca	07°06'	73°04'	1.539
Sierra Nevada de Santa Marta					
Pueblo Bello	Cesar	Pueblo Bello	10°25'	73°34'	1.134



Figura 1. Botones florales en estado de preantesis, en Etapa 59 escala BBCH (3).

Tabla 2. Períodos de floración y cosecha de café en Colombia, y trimestres considerados en el análisis (Adaptado de Arcila (2)).

Evento	Meses																			
	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
Floración-cosecha																				
Floración-cosecha																				

P: Período, T: trimestre; ● Floración; ● Cosecha

Tabla 3. Trimestres de floración considerados en el estudio y trimestres climáticos respectivos.

Período	Trimestre observado de floración	Trimestre observado de los índices	Año
I	Del 1° de may. al 31 de jul.	Del 20 de abr. al 31 de jul.	2008
	Del 1° de ago. al 31 de oct.	Del 20 de jul. al 31 de oct.	2008
II	Del 1° de nov. al 31 de ene.	Del 20 de oct. al 31 de ene.	2008 -2009
	Del 1° de feb. al 30 de abr.	Del 20 de ene. al 30 de abr.	2009
III	Del 1° de may. al 31 de jul.	Del 20 de abr. al 31 de jul.	2009
	Del 1° de ago. al 31 de oct.	Del 20 de jul. al 31 de oct.	2009
IV	Del 1° de nov. al 31 de ene.	Del 20 de oct. al 31 de ene.	2009-2010
	Del 1° de feb. al 30 de abr.	Del 20 de ene. al 30 de abr.	2010
V	Del 1° de may. al 31 de jul.	Del 20 de abr. al 31 de jul.	2010
	Del 1° de ago. al 31 de oct.	Del 20 de jul. al 31 de oct.	2010

un evento El Niño (Índice Oceánico de El Niño-ONI > +0,5°C.) y dos eventos La Niña (Índice Oceánico de El Niño-ONI < - 0,5°C.); el evento de El Niño inició en junio de 2009 y terminó en abril de 2010, y el primer evento La Niña inició en septiembre de 2007 y terminó en mayo de 2008 y el segundo inició en junio de 2010 y se ha extendido hasta principios de 2011 (Figura 2).

Relación entre la floración y la variabilidad climática. Una de las características de las zonas tropicales es que la variabilidad de los elementos del clima como la lluvia, la temperatura y el brillo solar, entre otros, es más pronunciada a nivel diario que a nivel estacional, por lo tanto, los cambios diarios de estos elementos son los que condicionan la respuesta fenológica de los cultivos en estas zonas, como es el caso del cultivo del café.

Con el propósito de evaluar el efecto de la variabilidad climática sobre la floración del cultivo, se analizaron los cambios diarios de los elementos del clima empleando **índices agrometeorológicos**. Cuando se analizan los efectos del clima sobre las plantas, el uso de índices agrometeorológicos tiene cierta ventaja con respecto al uso de elementos del clima, dentro de las principales ventajas se encuentran (24):

- Son útiles para describir respuesta de los cultivos a condiciones atmosféricas
- Incluye variables del suelo, el cultivo y de la atmósfera
- Son aplicables en estudios de zonificación agroclimática y regionalización por niveles de vulnerabilidad

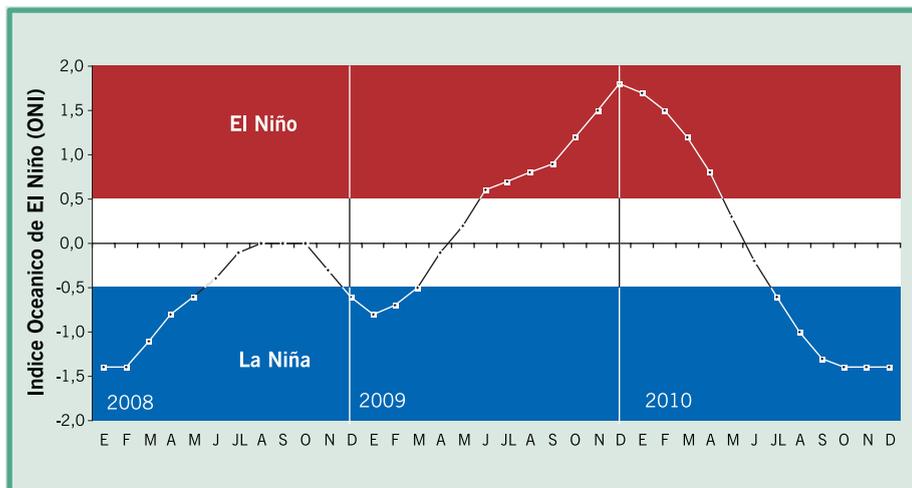


Figura 2. Distribución del Índice Oceánico de El Niño (ONI) para los años 2008, 2009 y 2010. La franja azul indica condiciones La Niña, la franja roja indica condiciones El Niño y la franja blanca indica condiciones neutras. Datos de tomados del Servicio Atmosférico y Oceánico de Los Estados Unidos (NOAA).

- Incluyen la variabilidad espacial y temporal a nivel atmosférico, edáfico y de cultivo

En este estudio se emplearon índices hídricos, térmicos y de brillo solar, los cuales se describen a continuación.

A. Índices hídricos. La disponibilidad de agua en el suelo se sincroniza con los ciclos de crecimiento, floración y cosecha (5), tanto el déficit hídrico como el exceso hídrico en café afectan procesos fisiológicos importantes en la planta (13). En este estudio se emplearon dos índices hídricos descritos en detalle por Ramírez *et al.* (26), los cuales permiten cuantificar tanto el déficit como el exceso hídrico, los índices empleados son:

Índice de Déficit Hídrico (IDH). Este índice tiene valores entre 0,0 y 1,0. Cuando el IDH es igual a 1,0 indica que no hay déficit hídrico y en la medida que éste se va reduciendo, el déficit hídrico se va aumentando. En

este Avance se considera el número de días por trimestre con IDH <0,8 como déficit hídrico moderado, y número de días por trimestre con IDH <0,5 como déficit hídrico fuerte.

Índice de Exceso Hídrico (IEH). El índice de exceso hídrico se desarrolló para café con el fin de cuantificar los excesos de humedad del suelo. Por lo tanto cuando los valores sean superiores a 0,5 se consideran como críticos para cafetales en producción. En este estudio se considera el número de días por trimestre con IEH >0,5 como exceso hídrico crítico para café.

B. Índices Térmicos. La variabilidad climática influye también sobre la temperatura del aire, y como la temperatura gobierna todos los procesos físicos y químicos que activan las reacciones biológicas dentro de la planta (20), reflejándose directamente en las tasas de división y expansión celular (4), se emplearon los siguientes índices:

Tiempo Térmico (TT). Los organismos requieren para su crecimiento y desarrollo una cantidad constante de calor (16), la cual se expresa comúnmente como tiempo térmico (TT), el cual es el acumulado de las temperaturas promedio diarias menos una temperatura base, que es la temperatura a partir de la cual se inicia el crecimiento. Para el análisis, se consideró el tiempo térmico acumulado por trimestre.

Amplitud Térmica (AT). En las zonas tropicales los cambios estacionales de temperatura no son tan pronunciados, como sí lo son los cambios a nivel diario (16), las variaciones diarias de temperatura influyen directamente sobre la longitud de entrenudos, altura de las plantas y en la floración (11, 22), por lo tanto, el segundo índice térmico empleado fue la *Amplitud Térmica* (AT), la cual se estimó como la diferencia de la temperatura máxima (T_{max}) y la temperatura mínima (T_{min}) a nivel diario. En este estudio, luego de un análisis previo, se consideró el número de días por trimestre con amplitud térmica inferior a 10°C.

C. Índice de brillo solar. El brillo solar es una medida indirecta de la cantidad de radiación que llega a la superficie terrestre y que puede ser aprovechada por los cultivos, en café tiene un efecto directo en la formación de nudos (8, 19), por lo tanto el índice propuesto es:

Índice de déficit de brillo solar (N-n). El cual se calcula como la diferencia entre el brillo solar astronómico posible (N) y el brillo solar medido (n) en la superficie a 1,5 m. El brillo solar astronómico (N) es la cantidad

² http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

de brillo solar que llega al tope de la atmósfera y depende de la época del año y la latitud del lugar. Si la diferencia N-n es igual a 0, significa que la zona registró valores de brillo solar iguales a los astronómicamente posibles, en la medida que la diferencia aumente, significa que el brillo solar ha sido bajo o es inferior al astronómicamente posible. Para Colombia la diferencia máxima puede alcanzar valores entre 11,0 horas y 12,5 horas, dependiendo de la latitud y la época del año. En este estudio se tomó el valor promedio diario del trimestre.

■ Floración del café y déficit hídrico ■

El déficit hídrico afecta el crecimiento vegetativo del café y el desarrollo del fruto (5), pero es una condición necesaria para una adecuada floración. Cuando las flores alcanzan el estado 57 escala BBCH (3) de “comino” entran en un período de reposo, que puede durar varias semanas. Para que este período termine y ocurra la floración, además de la madurez de los “cominos”, se requiere de un estrés proporcionado por períodos secos de mediana a larga duración, interrumpidos por una lluvia o cambios bruscos de temperatura (5). Se observa que la floración es baja cuando en un trimestre se presentan menos de 65 días con déficit hídrico moderado (Figura 3), y la floración se incrementa por encima de 65 días con déficit hídrico moderado por trimestre. En la medida en que el déficit hídrico se hace más fuerte, representado en el número de días con IDH<0,5, el número de botones florales aumenta (Figura 4), lo que significa que se requiere como mínimo 30 días de déficit hídrico fuerte por trimestre para una apropiada floración.

Las localidades en donde la floración responde en mayor medida al déficit hídrico son: El Rosario, Naranjal, La Trinidad y Manuel Mejía. Las Estaciones La Catalina, Paraguaicito y San Antonio no muestran una relación significativa entre el déficit hídrico y el número de botones florales, lo que hace pensar que además del déficit hídrico existe algún otro estímulo ambiental, que influye sobre la floración del cultivo en esas localidades, los cuales se analizan más adelante.

Floración del café y exceso hídrico. El exceso hídrico se relaciona negativamente con el número de botones florales en café, siendo éste el primer reporte cuantitativo para Colombia de dicho fenómeno. Por lo tanto, cuando

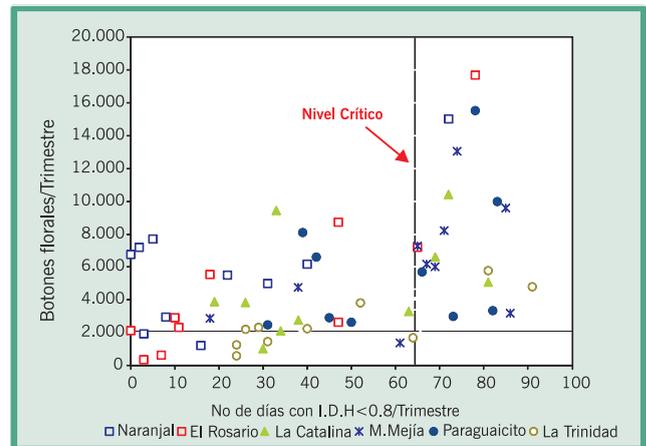


Figura 3. Relación entre el número de botones florales por trimestre y el número de días con déficit hídrico moderado.

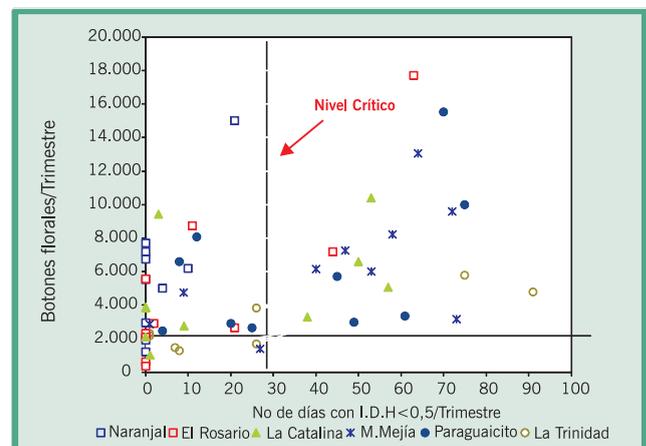


Figura 4. Relación entre el número de botones florales por trimestre y el número de días con déficit hídrico fuerte.

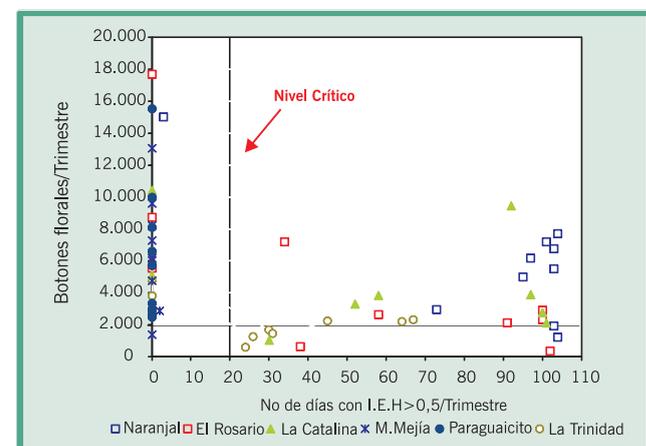


Figura 5. Relación entre el número de botones florales por trimestre y el número de días con exceso hídrico fuerte para café.

se presentan más de 20 días por trimestre con valores de IEH >0,5, se reduce fuertemente el número de botones florales en café (Figura 5).

■ Floración del café y temperatura ■

La temperatura, representada por la suma térmica o tiempo térmico y por la amplitud térmica, puede explicar la floración del café. Además, el efecto aditivo de la temperatura y el déficit hídrico explica en forma adecuada la floración ocurrida en las diferentes localidades; en ese sentido, además de haber un déficit hídrico apropiado, como se mencionó anteriormente, es necesario que se acumulen, como mínimo, 1.100°C. de temperatura por trimestre (Figura 6), y que no se presenten más de 50 días por trimestre con amplitud térmica inferior a 10°C. (Figura 7), lo que indica que diferencias entre la temperatura máxima y mínima superiores a 10°C. son más favorables para una adecuada floración. La amplitud térmica superior a 10°C. a nivel diario, coincide con las épocas de mayor floración en las diferentes localidades de la zona cafetera (Figura 8); primer semestre zona norte, primero y segundo semestre zona centro, con intensidad variable, y segundo semestre zona sur. Además, la amplitud térmica se convierte en un indicador, junto con el exceso hídrico, de factores limitantes de la floración del café.

La distribución de la amplitud térmica a lo largo de la zona cafetera, de cierta manera, explica los patrones de distribución de la floración, por ejemplo La Trinidad está ubicada geográficamente en la zona centro (Líbano-

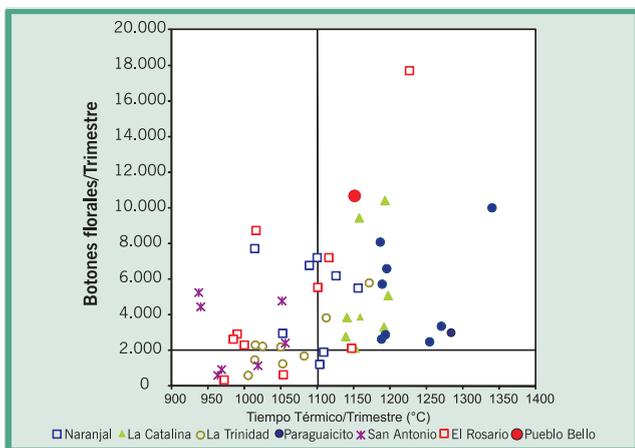


Figura 6. Relación entre el número de botones florales por trimestre y el tiempo térmico acumulado, calculado con una temperatura base de 10°C.

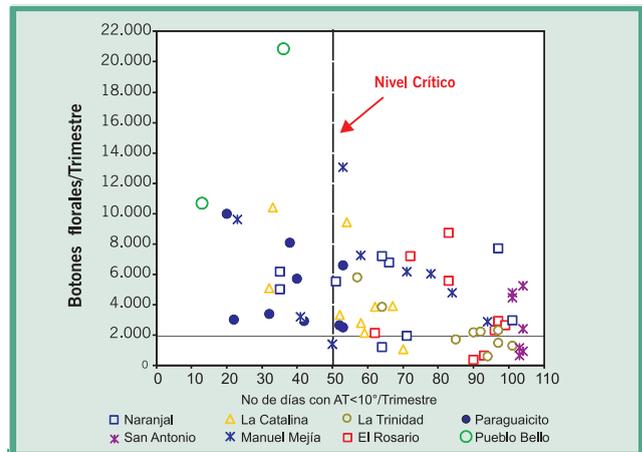


Figura 7. Relación entre la amplitud térmica ($AT = T_{max} - T_{min}$) y el número de botones florales por trimestre en café.

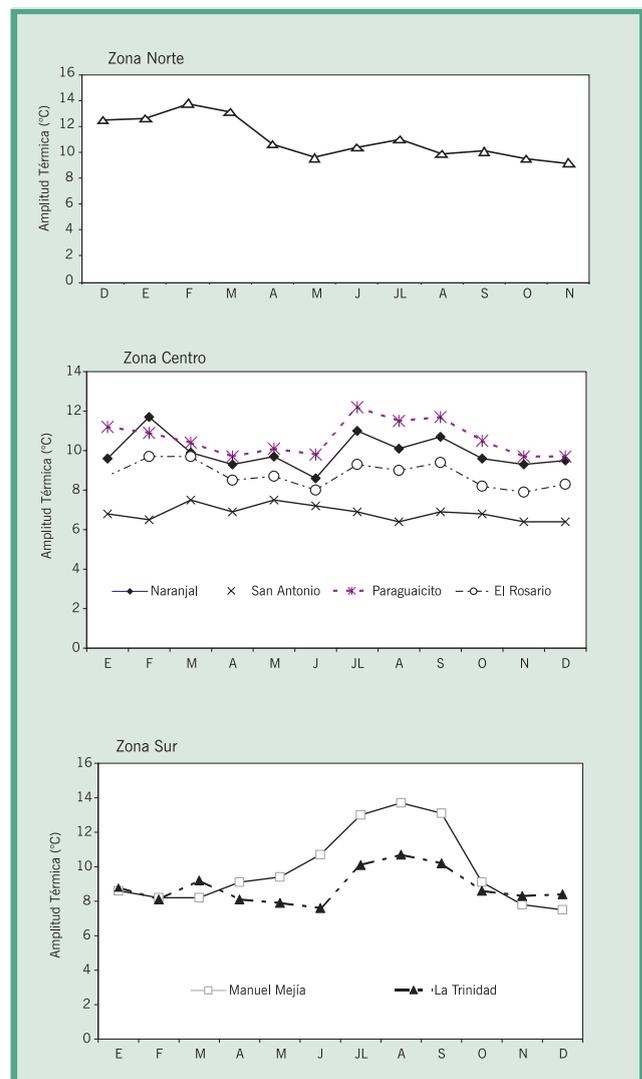


Figura 8. Distribución de la amplitud térmica en diferentes localidades de la zona cafetera Colombiana.

Tolima), pero según su amplitud térmica tiene una distribución de zona sur y el máximo porcentaje de la floración anual se presenta en el trimestre agosto-septiembre-octubre, similar a la estación Manuel Mejía (El Tambo-Cauca) que está ubicada geográficamente en el sur del país, caso similar a lo observado en la estación San Antonio, la cual está ubicada geográficamente en la zona norte (departamento de Santander) y tiene un patrón de floración similar al de zona centro, como la Estación Central Naranjal (Chinchiná-Caldas) o La Estación El Rosario (Venecia-Antioquia).

Floración del café y brillo solar. Además del déficit hídrico, la acumulación de temperatura y los cambios diarios de temperatura, para una buena floración también es necesaria la presencia de una apropiada cantidad de energía representada en el brillo solar. Como el brillo solar varía de acuerdo a la época del año, la latitud y los factores topográficos, en este reporte se hace el análisis de déficit de brillo solar, por lo tanto, en la medida que

el brillo solar disminuye, o lo que es igual, se aumenta el déficit de brillo solar, la floración en café disminuye (Figura 10); valores de déficit de brillo solar superiores a 7,5 horas reducen el número de botones florales en café.

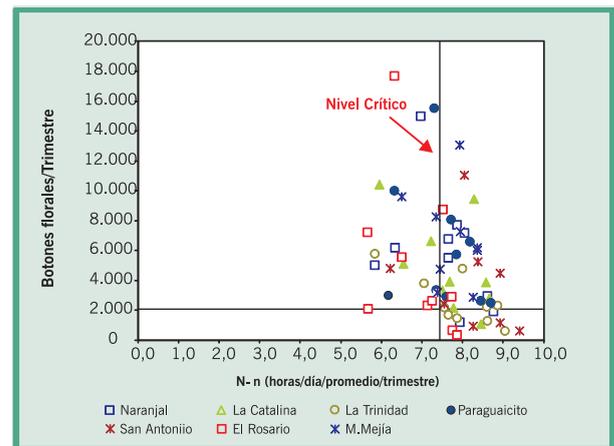


Figura 9. Relación entre el déficit de brillo solar promedio diario, por trimestre, y el número de botones florales en café.

■ Conclusiones ■

La floración del café en Colombia se relaciona directamente con estímulos ambientales, como el déficit hídrico y los cambios diarios de temperatura (amplitud térmica); por otra parte, el tiempo térmico acumulado y el brillo solar influyen directamente en la formación de nudos y en el logro de la madurez de cada una de las etapas de la floración (inducción, iniciación, diferenciación, desarrollo, latencia y antesis), por lo tanto, se puede afirmar que las condiciones ambientales necesarias para una apropiada floración del café son: Un déficit de brillo solar promedio diario, por trimestre, no mayor de 7,5 horas; entre 60 y 65 días de déficit hídrico moderado, representado en el índice de déficit hídrico (IDH) menor de 0,8 ó entre 20 y 30 días de déficit hídrico fuerte, representado en el IDH < 0,5 por trimestre; como mínimo 1.100°C. de tiempo térmico acumulado por trimestre; menos de 50 días por trimestre con amplitud térmica inferior a 10°C. Condiciones especialmente importantes en los trimestres de mayor floración (febrero-marzo-abril y agosto-septiembre-octubre).

La variabilidad climática asociada al Fenómeno de El Niño, se ha caracterizado en las zonas cafeteras de Colombia, por el incremento en el número de días

de déficit hídrico, aumentos en el brillo solar y en la temperatura, al igual que diferencias diarias de temperaturas más pronunciadas, debido entre otras a la disminución de la nubosidad, lo que se traduce en condiciones favorables para la floración.

Por otra parte, la variabilidad climática asociada con el Fenómeno de La Niña, se caracteriza por reducción o desaparición del déficit hídrico e incrementos de exceso hídrico, por encima de lo normal, disminución del brillo solar y la temperatura, al igual que cambios menos drásticos de la temperatura del aire entre el día y la noche, lo que se traduce en disminución del número de botones florales en café. En este sentido, se observa que más de 20 días acumulados por trimestre, con valores de humedad del suelo por encima de los niveles óptimos o considerados críticos para el cultivo por exceso y representados en el índice de exceso hídrico (IEH) mayor de 0,5 y más de 50 días con amplitudes térmicas inferiores a 10°C., reducen la floración del cultivo. La reducción de la floración ocasionada por el Fenómeno de La Niña, es especialmente crítica, si se presenta en los trimestres de mayor floración, como lo son febrero-marzo-abril y agosto-septiembre-octubre.

■ Literatura citada ■

1. ALVIM, P de T. Moisture Stress as requirement for flowering of coffee. *Science*. 132:354. 1960.
2. ARCILA P.,J. Crecimiento y desarrollo de la planta de café. En: Arcila P, J.; Farfán V., F.; Moreno B.; A.M.; Salazar G., L.F.; Hincapié G. *Sistemas de producción de café en Colombia*:21-60. 2007.
3. ARCILA, P.J.; BUHR, L.; BLEIHOLDER, H.; HACK, H.; WICKE, H.. Application of the "extended BBCH-scale" for the description of the growth stages of coffee *Coffea* sp. *Annals of Applied Biology (Inglaterra)* 141:19-27.2002
4. ARCILA, P.J.; CHAVES, C.B. Desarrollo foliar del cafeto en tres densidades de siembra. *Cenicafé* 46(1):5-20. 1995.
5. ARCILA, P.J.; JARAMILLO, R. A. Relación entre la humedad del suelo, la floración y el desarrollo del fruto del café. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 311.9 p. 2003.
6. BARROS, S.R.; MAESTRI, M. Periodicidade de crescimento em café. *Revista Ceres*.19(106): 424-448. 1972.
7. CAMAYO, V., G. C.; CHAVES, C., B.; ARCILA, P. J.; JARAMILLO, R. A. Desarrollo floral del cafeto y su relación con las condiciones climáticas de Chinchiná-Caldas. *Cenicafé* 54(1):35-49. 2003.
8. CASTILLO, Z. J.; LÓPEZ, A .R. Nota sobre el efecto de la intensidad de la luz en la floración del cafeto. *Cenicafé* 17(2):51-60. 1966.
9. CRISOSTO, C.H.; GRANTZ, D.A.; MEINZER, F.C. Effects of the water deficit on flower open in coffee (*Coffea arabica* L.). *Tree Physiology*. 10:127-139. 1992.
10. DRINNAN, J.E.; MENZEL, C.M. Synchronization of the anthesis and enhancement of vegetative growth in coffee (*Coffea arabica* L.) following water stress during floral initiation. *Journal of Horticultural Science* 69(5): 841-849. 1994.
11. ERWIN, E.J.; HEINS, R.D.; KARLSSON, M.G. Thermomorphogenesis in *Lilium longiflorum*. *American Journal of Botany* 76(1):47-52. 1989.
12. FRANCO, C.M. Fotoperiodismo em cafeeiro *Coffea arabica* L. *Revista do Instituto do Café* 27:1586-1542. 1940.
13. GÓMEZ, M. O. Efecto del estrés hídrico sobre la actividad fotosintética en la planta de café (*Coffea arabica* L. c.v, Colombia). Tesis de Grado de Ing. Agrónomo. Universidad de Caldas. 2000. 68p.
14. GOPAL. N.H.; VASUDEVA, N. Physiological studies of flowering in arabica coffee under South Indian conditions. I. Growth of flower buds and flowering. *Turrialba* 23(2):146-153. 1973.
15. GUZMÁN, M.O.; BALDIÓN R., .J.V. 1997. El evento cálido del Pacífico en la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 48(3):141-155.
16. JARAMILLO, R. A. Clima andino y café en Colombia. *Cenicafé*. 2005. 192p.
17. JARAMILLO, R.A.; ARCILA P.J. Variabilidad climática en la zona cafetera asociada al fenómeno de El Niño y su efecto en la caficultura. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 390. 8p. 2009
18. JARAMILLO, R.A.; ARCILA P.J. Variabilidad climática en la zona cafetera asociada al fenómeno de La Niña y su efecto en la caficultura. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 389. 8p. 2009
19. JARAMILLO, R. A.; VALENCIA, A. G. Los elementos climáticos y el desarrollo de *Coffea arabica* L., en Chinchiná, Colombia. *Cenicafé* 31(4):127-144. 1980
20. MAVI, H.S.; TUPPER, J.G. *Agrometeorology: principles and applications of climate studies in agriculture*. Food Products Press. 381p. 2004.
21. MES, M.G. Estudios sobre la florescencia del *Coffea arabica* L. IBEC Research Institute. No 14.42p. 1957.
22. MYSTER, J.; MOE, R. Effect of diurnal temperature alternations on plant morphology in some greenhouse crops-a mini review. *Scientia Horticulture* 62(4):205-215. 1995.
23. PAES, de C. A. Florescimento e fructificacao de café arabica nas diferentes regioes (cafeiras) do Brasil. *Pesquisa Agropeuaria Brasileira* 20(7):831-839. 1985.
24. RAMÍREZ, B.V.H. Índices Agrometeorológicos y Fenología del Café. Seminario Científico/ Cenicafé. Marzo 4 de 2011.
25. RAMÍREZ B, V. H. ; JARAMILLO R, A. Relación entre el índice oceánico de El Niño y la lluvia, en la región andina central de Colombia. *Cenicafé* 60(2):161-172. 2009.
26. RAMÍREZ, B.V.H.; JARAMILLO, R.A.; ARCILA, P.J. Índices para evaluar el estado hídrico en los cafetales. *Cenicafé* 61 (1): 55-66. 2010.
27. TROJER, H. El Ambiente climatológico y el cultivo de café en Colombia. *Boletín Informativo del Centro Nacional de Investigaciones de Café* 5(57):22-37. 1954.
28. WORMER, T.M.; GITUANJA, J. Floral initiation and flowering of *C. arabica* L. *Kenya Experimental Agriculture* 6(2):157-170. 1970

