

**CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DEL CACAO EN BOSQUE HÚMEDO
PREMONTANO (bh-PM) Y BOSQUE HÚMEDO TROPICAL (bh-T) INFLUENCIADO POR EL
FENÓMENO DEL NIÑO**

I.C. URUETA¹, E.I. LEIVA² Y R. RAMIREZ³

¹ Estudiante de Maestría en Ciencias Agrarias. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín (Colombia). Correo: icuruetac@unal.edu.co

² Profesora Asociada. Departamento de Ciencias Agronómicas. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín (Colombia). Correo: eileiva@unal.edu.co

³ Profesor Asociado. Escuela de Geociencias. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín (Colombia). Correo: rramirez@unal.edu.co

Resumen

La producción promedio de cacao en Colombia presenta rendimientos inferiores a los 500 kg por hectárea al año, dado los bajos niveles de tecnología en el manejo agronómico del cultivo, en donde, una de las principales limitantes se encuentra en el desconocimiento del comportamiento de la fenología del cacao, es de resaltar que el crecimiento y desarrollo dependen de las condiciones climáticas, edáficas y de los requerimientos nutricionales. Sin embargo, los estudios indican que la alternancia del crecimiento en el trópico es influenciada por las condiciones meteorológicas, en la actualidad los fenómenos de cambio en el patrón de lluvias y temperaturas, han demostrado que son los factores de mayor efecto en el ciclo productivo del cacao. La humedad relativa y la radiación pueden modificar el comportamiento fisiológico de los cultivos. Se estudió el crecimiento y desarrollo del cultivo de cacao en bh-PM y bh-T, se registraron variables meteorológicas contrastantes en precipitación, temperatura, humedad relativa entre otros, que fueron relacionadas con las variables fisiológicas, durante los años 2015 y 2016. La caracterización climática permitió identificar que en estos periodos se presentó fenómeno del niño, confirmado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Las variables reproductivas, floración, frutos de 0 a 2 meses, 2 a 4 meses, > 4 meses, frutos secos y el estado de crecimiento vegetativo, registrados mensualmente evidenciaron que el fenómeno del niño, seguido por un periodo con incremento en la precipitación afectaron estas variables, generando la alteración en el periodo vegetativo y disminución en la producción.

Palabras clave: Producción, cacao, fenómeno niño, crecimiento

Introducción

El crecimiento y desarrollo del cacao está determinado por factores climáticos como temperatura, precipitación, humedad relativa y radiación (daymon, 2000) que corresponden a la fenología del cultivo, información útil para planificar eficientemente labores culturales, control de enfermedades, relaciones ecológicas entre especies y el desarrollo de metodologías de investigación aplicada (Righi *et al.*, 2001; Muller *et al.*, 2004; Niemenak *et al.*, 2010; Hoopen *et al.*, 2012).

En el cultivo del cacao las condiciones climáticas favorables para la producción son temperatura mínima de 20°C y máxima de 30°C, la precipitación entre 1500 y 2500 mm, una luminosidad en un rango de 1700 a 2200 horas luz de sol anuales y humedad relativa de 75 a 80% (Amores, *et al.*, 2009).

Los cambios climáticos, especialmente el fenómeno del niño con centro de origen en el océano pacifico tropical, está asociado a una disminución de lluvias y al incremento de temperaturas del aire, que influye especialmente en las regiones caribe y andina colombiana (IDEAM, 2015).

Gil & colaboradores en 2017, exponen que los factores de mayor influencia en la ocurrencia de eventos fisiológicos son la precipitación y la radiación fotosintéticamente activa (PAR); además exponen, que la estacionalidad de la precipitación condiciona la alternancia de crecimiento vegetativo y reproductivo.

En este sentido valorar la influencia del fenómeno “Niño” sobre el cultivo de cacao permite tomar las medidas preventivas apropiadas para menguar su efecto, por ello se cuantificó, en términos de variables vegetativas y reproductivas, el crecimiento y producción de cacao durante un período con fenómeno del “Niño”.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en el departamento de Antioquia en los años 2015 y 2016, se seleccionaron dos áreas de estudio, ubicadas en los municipios de maceo (bh-PM), con coordenadas N 6° 31' 39.036'' - W 74° 49' 33.384'', con una altura de 1050 m, régimen de precipitación bimodal superior a 2000 mm anuales, temperatura de 15.4 a 31.9 °C y humedad relativa del 84%. En Chigorodó (bh-T), con coordenadas N 7 36' 52.5473'' - W 76 39' 32.8495'', con una altura de 30 m, régimen de lluvias unimodal superior a 3000 mm anuales, temperatura 19.1 °C a 36.6 °C y humedad relativa del 84%

En (bh-t) se evaluaron los genotipos ICS 95, LK 40 y CCN 51 de cada clon se eligieron 30 árboles mayores a siete años. En (bh-pm) los materiales FSV 41, FCH 8 y CCN 51 con 20 árboles de cada clon mayores de 5 años de edad.

Durante los años 2015 y 2016 se realizaron evaluaciones con una periodicidad mensual del estado vegetativo en los árboles seleccionados en base al método propuesto por Leiva, (2015); además, el número de flores abiertas, número de frutos de 0 a 2 meses, número de frutos de 2 a 4 meses, número de frutos mayores a 4 meses y número de frutos secos según la escala BBCH propuesta por Niemenak *et al.*, (2010).

Se estimó la evapotranspiración de referencia ETo con la ecuación modificada Penman-Monteith con datos de precipitación, temperatura, humedad relativa y radiación fotosintéticamente activa (PAR) registrada con la estación meteorológica DECAGON DEVICES INC cada 30 minutos.

Para detectar diferencias estadísticas se efectuó análisis de varianza al 95% y correlaciones de Spearman entre factores del clima y floración, con el Software R-Studio (R Core Team 2017).

Resultados y discusión

Caracterización del clima

En bh-PM las temperaturas más bajas se registraron con balance hídrico negativo en enero y junio de 2015 y enero de 2016 con valores de 15.2 y 15.6 °C respectivamente, aunado a la ausencia de nubosidad. Las temperaturas máximas se presentaron en junio de 2015 y febrero de 2016, alcanzando valores de 31.4°C y 31.9°C, como consecuencia del fenómeno del niño. La humedad relativa fue mayor cuando iniciaron las precipitaciones y disminuyó a medida que incrementó la temperatura; los meses de mayor luminosidad con más de 200 horas PAR entre 400 y 1600 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ fueron diciembre y enero.

La distribución de la precipitación fue bimodal; en los meses enero con 39 mm y junio con 80 mm, fueron los de menor precipitación y presentaron un balance hídrico negativo, el resto de los meses del año el balance hídrico fue positivo (Figura 1 y 2).

Figura 1. Distribución de precipitación bh-PM en los periodos 2015 – 2016. (Letras en la parte superior corresponden a la media)

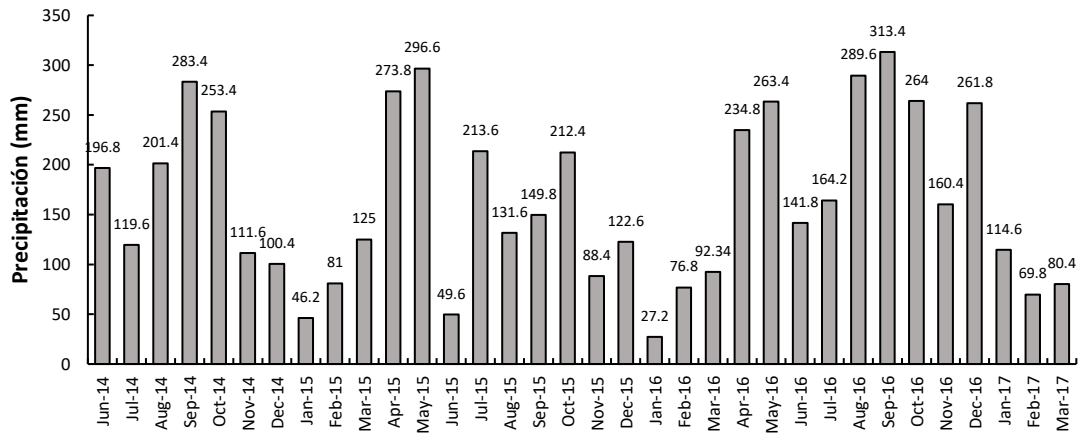
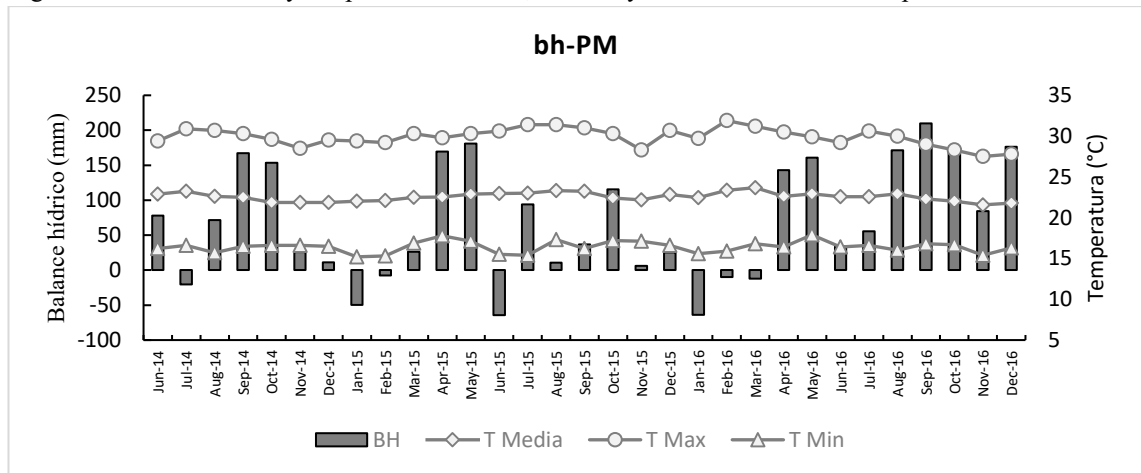


Figura 2. Balance hídrico y temperatura máxima, mínima y media en bh-PM en los periodos 2015 - 2016



En bh-T en el primer trimestre del 2015 se presentaron las menores temperaturas de 20,4 °C, la mayor amplitud térmica, por las temperaturas extremas y balance hídrico negativo. En 2016 las temperaturas más bajas se registraron después de finalizar el fenómeno del niño, es decir, en el tercer trimestre del año con 15,1°C. Las temperaturas máximas se registraron en marzo, abril y septiembre en ambos años con valores que alcanzaron 34,1°C, 36,6°C y 34, 5°C respectivamente y la temperatura promedio anual fue de 22,6°C.

En bh-T la precipitación es unimodal con la menor precipitación en el primer trimestre con balance hídrico negativo, mientras que el resto del año presenta balance hídrico positivo (Figura 3 y 4).

Figura 3. Distribución de precipitación en bh-T durante 2015 – 2016.

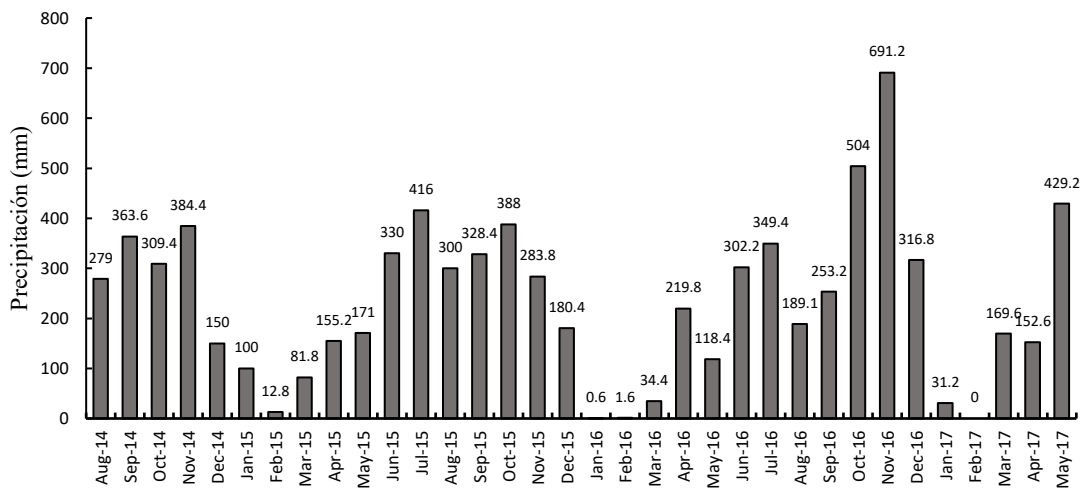
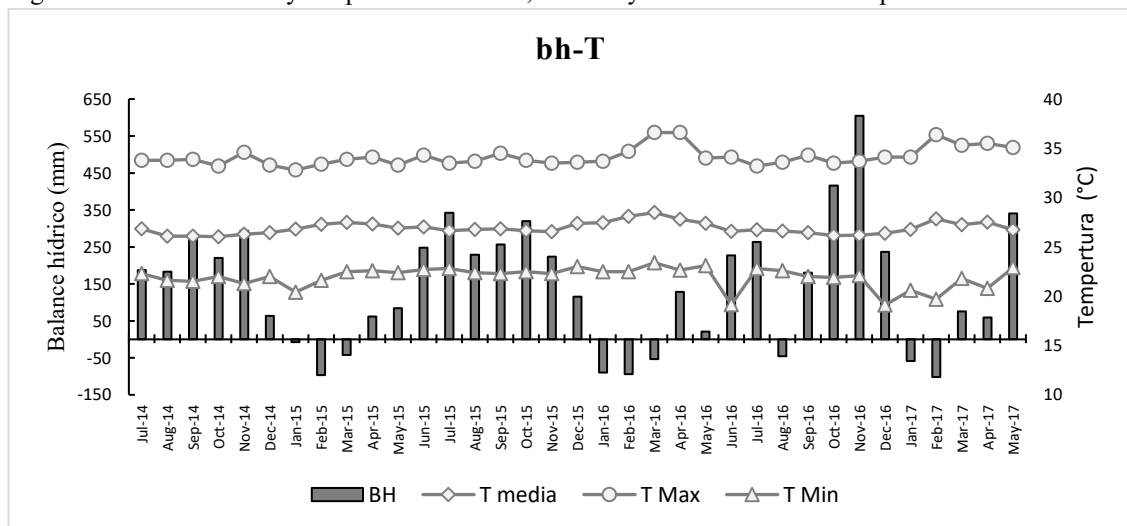


Figura 4. Balance hídrico y temperatura máxima, mínima y media en bh-T en los periodos 2015 - 2016



Las condiciones registradas coinciden con la información del IDEAM (2015) la cual describe que, en 2015, las lluvias escasearon, aunque hubo algunas precipitaciones, se registraron déficits moderados de precipitación (30-60%) en el Urabá. También reportaron plenitud del Fenómeno del Niño desde octubre y máxima intensidad en diciembre de 2015 y los volúmenes deficitarios de lluvias y aumento de temperaturas se prolongaron hasta mayo de 2016.

En las dos zonas de vida, el año 2015 evidencio menor precipitación y un incremento en la temperatura, consecuencia del fenómeno del “Niño” en comparación al 2014 y 2016.

Crecimiento y Desarrollo del cacao

En bh-PM se presentó brotación y desarrollo de ramas (F1, F2) en mayor proporción durante el primer trimestre de 2015, el crecimiento vegetativo se prolonga y permanece hasta septiembre debido el déficit hídrico (balance hídrico negativo). Se observó la mayor proporción de ramas con hojas maduras (I2 e I3) en diciembre de 2015 y marzo de 2016.

El clon FCH 8 presentó una fase vegetativa, de ramas maduras con yemas en dormancia, más extendida hasta mayo de 2016. La mayor proporción de ramas inmaduras y en brotación (F1, F2 e I1) se observó en

el clon CCN 51 en los meses noviembre-diciembre en el 2015 y marzo-julio-diciembre en el 2016; en FCH 8 en diciembre del 2015 y julio-marzo-diciembre del 2016 y en FSV 41 en diciembre en 2015 y febrero y abril del 2016; datos que concuerdan con lo expuesto por Gil, *et al.*, (2016). Los estados F1, F2 en 2015 fueron cortos en marzo y mayo con 50% y los estados I2 e I3, hojas maduras se observaron la mayor parte del año mayor al 40% (figura 5).

En bh-T los clones CCN 51 ICS 95 y LK 40 presentaron F1 (brotación de yemas) en el primer trimestre de 2015 y 2016 y se acentúan en marzo, la mayor proporción de ramas maduras se observó en junio en 2015 y 2016.

El clon LK 40 presentó brotación extendida desde enero hasta abril con una proporción 20 a 60% en 2015 y 35% a 50% en 2016; CCN 51 presenta F1 en el primer trimestre con una proporción de 30% en 2015 y 20% en 2016; el clon ICS 95 presenta brotación en marzo y junio con una proporción de 20 a 25% en 2015 y 20 a 50% en 2016.

Los estados de dormancia en 2015 presentaron una proporción de 70% en CCN 51, 100% en ICS 95 y 95% en LK 40 y en 2016 la proporción fue de 85% en CCN 51, 80% en ICS 95 y 95% en LK 40. En general no se evidencia afectación en las proporciones, pero si en la duración en el clon LK 40.

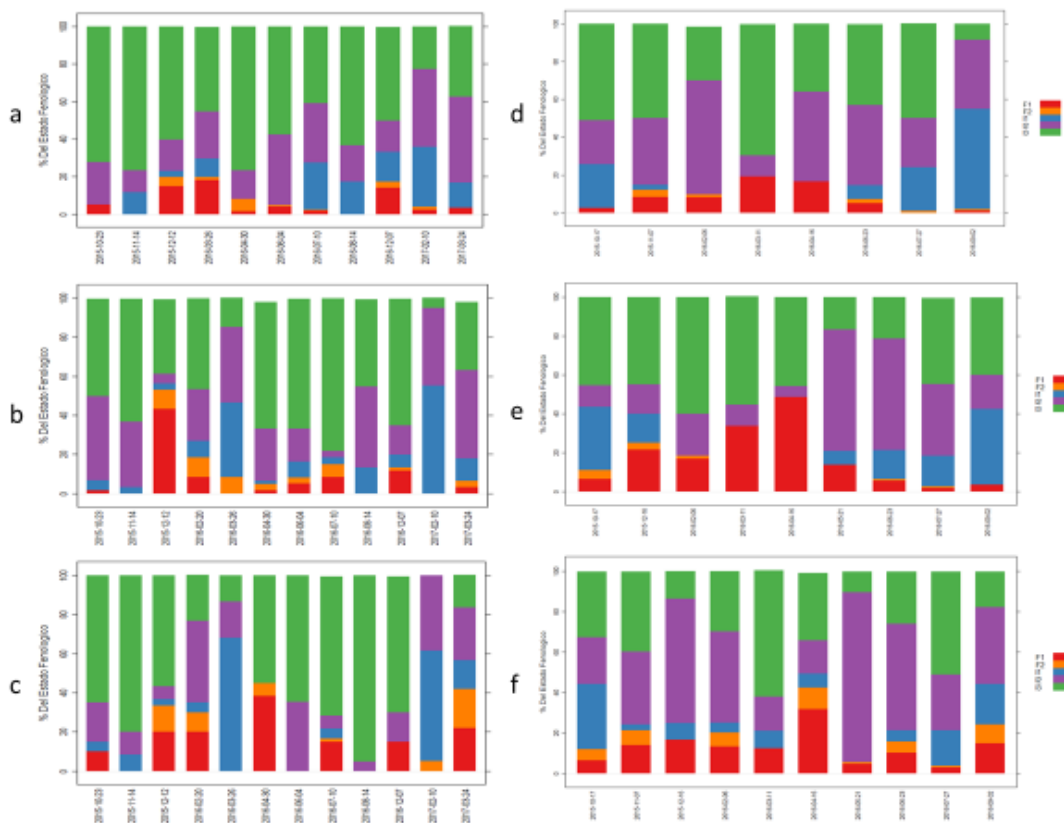


Figura 5. Desarrollo vegetativo del árbol de cacao en 2016. a: CCN 51 en bh-PM; b: FCH 8 en bh-PM; c: FSV 41 en bh-PM; d: CCN 51 en bh-T; e: ICS 95 en bh-T; f: LK 40 en bh-T.

Desarrollo reproductivo

La floración en bh-PM evidenció modificaciones en los años evaluados; el año 2014 se caracterizó por la presencia de tres épocas estacionales marcadas en los meses de abril, junio y septiembre; en el año 2015 se definió una época estacional marcada de floración en el mes de junio; y en el 2016 se observó dos eventos estacionales de floración en los meses de marzo y junio. Los valores reportados en el 2015 son mayores a los cuantificados en 2014 y 2016, es decir, el fenómeno del Niño modificó la periodicidad y la magnitud de la floración (Tabla 1) (Figura 6).

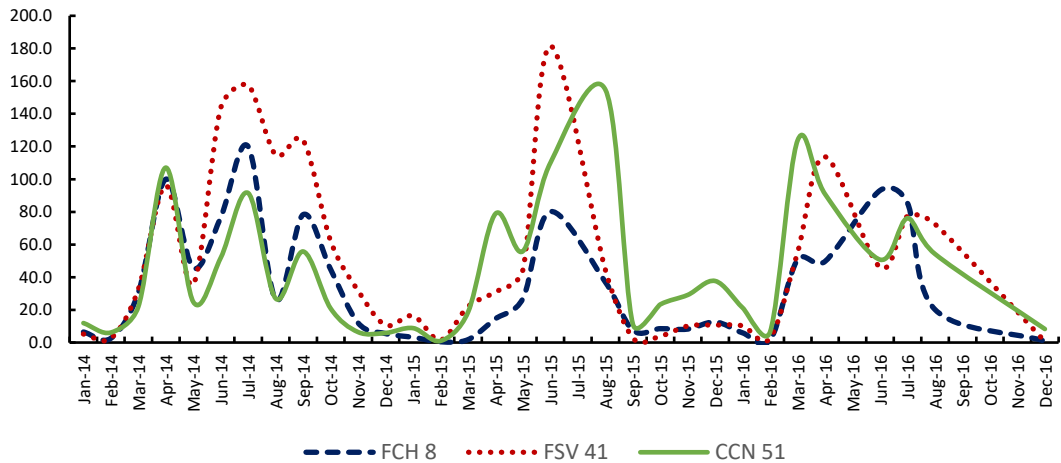


Figura 6. Floración en clones FSV 41, FCH 8 y CCN 51 en bh-PM en los años 2014 – 2016

Tabla 1. Número de flores árbol día promedio en los clones CCN 51, FCH 8 y FSV 41 años 2015 y 2016 en bh-PM.

Clon/Año	2015	2016
CCN 51	141	125
FCH 8	130	93
FSV 41	137	105

La floración en bh-T presentó eventos de mayor desarrollo floral entre junio y septiembre en los clones CCN 51, en ICS 95, en LK 40. El año 2015 presentó dos eventos estacionales en LK 40 e ICS 95, el clon CCN 51 se consolidó en un evento de floración en julio; el año 2016 se consolidó la floración en un evento de floraciones. El número de flores emitidas en el año 2015 fue superior al visto en 2016 a excepción del clon ICS 95 que presenta mayor magnitud (tabla 2) (figura 7).

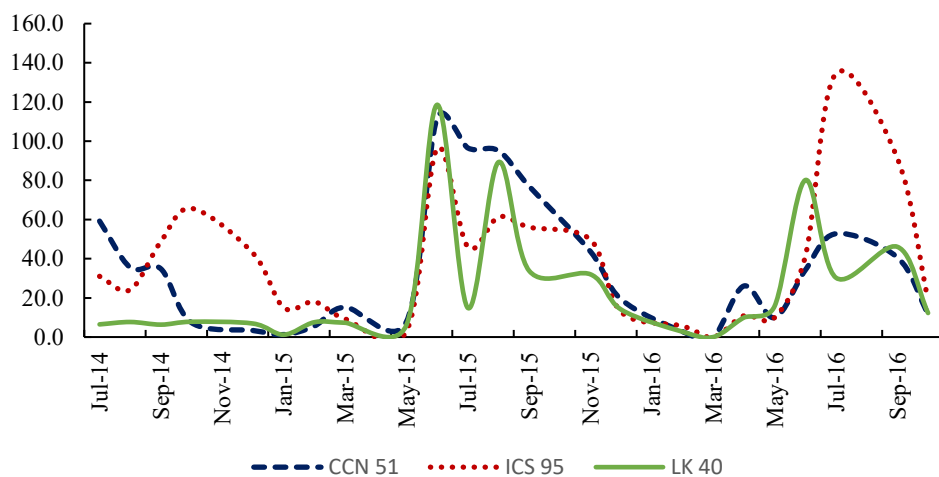


Figura 7. Floración en clones FSV 41, FCH 8 y CCN 51 en bh-PM en 2014 – 2016

Tabla 2. Número de flores árbol⁻¹ día⁻¹ de los clones CCN 51, ICS 95 y LK 40 en bh-T años 2015 y 2016

Clon/Año	2015	2016
CCN 51	133	96
ICS 95	116	275
LK 40	203	80

En bh-PM la formación de frutillos entre 0-2 meses ocurre en julio y septiembre y concuerda con lo reportado por Gil, et al., (2017). El menor número de frutillos ocurre en el año 2015, en 2016 presenta mayor cantidad con respecto al 2015, sin embargo, en el clon FSV 41 se registró mayores valores en 2014 (Tabla 3).

Posteriormente, el número de frutos de dos a cuatro meses de edad (fase de crecimiento lineal) concentró la mayor presencia en los meses septiembre a noviembre en CCN 51, FCH 8 y FSV 41, comportamiento que coincide con lo reportado por Gil, et al., (2016) para bh-PM. En 2015 consecuentemente se obtiene un número mayor de frutillos de esta edad, que en el año 2016.

El número de frutos cosechables, mayores a cuatro meses, en CCN 51 presentó la mayor cantidad en los meses de octubre a noviembre y noviembre a diciembre para FCH 8 y FSV 41, fechas que coinciden con lo expuesto por Gil, et al., 2016).

La ocurrencia de frutos secos se observó cuando hay mayor cantidad de frutos de 2 a 4 meses, con alta correlación (Spearman 0.52), dado que el secamiento de frutillos ocurre cuando existe altas cantidades de frutos en llenado, mayores a dos meses (Gil, *et al*, 2017).

Tabla 3. Promedio de variables productivas en bh-PM durante 2014-2015 y 2016

Año	Clon	Frutos			Secos
		0 a 2 meses	2 a 4 meses	> 4 meses	
2014	CCN 51	9,9	6,8	4,3	7,8
	FSV 41	11,2	8,5	3,0	4,8
	FCH 8	10,4	5,9	1,9	5,1
2015	CCN 51	6,8	5,5	2,7	10,3
	FSV 41	5,2	7,3	3,2	6,3
	FCH 8	4,7	13,8	6,7	2,1
2016	CCN 51	13,3	8,5	5,4	10,9
	FSV 41	7,8	5,3	4,6	4,6
	FCH 8	15,1	5,4	7,9	3,4

Consecuentemente en CCN 51 el mayor número de frutillos (pepinos) menores a dos meses ocurrió en los meses de julio y septiembre, igual que FCH 8, aunque en este se extendió hasta octubre, comportamiento que coincide con lo reportado por Gil, et al., (2017) para bh-T. En CCN-51 el año 2015 presentó la media más baja, por efecto del clima.

Posteriormente, el número de frutos de dos a cuatro meses de edad (fase de crecimiento lineal) concentró la mayor producción en los meses septiembre a noviembre en CCN-51 y en ICS-95 fue de septiembre a diciembre, comportamiento que coincide con lo reportado por Gil, et al., (2017) para bh-T.

El número frutos mayores a cuatro meses, en CCN 51 presentó la mayor cantidad en los meses de octubre a noviembre y noviembre a diciembre para ICS 95.

En todos los clones la ocurrencia de frutos secos sucede cuando existe altas cantidades de frutos en llenado especialmente si estos son mayores a dos meses, alta correlación (Spearman 0.52) con frutos de 2 a 4 meses, datos que concuerdan con lo expuesto por Gil, et al., (2017).

Tabla 4. Promedio de variables productivas en bh-T durante 2014-2015 y 2016

Año	Clon	Frutos			Secos
		0 a 2 meses	2 a 4 meses	> 4 meses	
2014	CCN 51	26,4	10,5	5,9	25,3
	ICS 95	13,3	8,1	2,1	3,1
	LK 40	8,0	6,9	5,2	4,8
2015	CCN 51	11,5	3,7	2,1	5,1
	ICS 95	9,6	5,6	3,9	4,4
	LK 40	8,1	3,4	1,6	4,9
2016	CCN 51	17,8	7,7	2,7	11,6
	ICS 95	18,1	11,1	2,0	10,1
	LK 40	11,0	8,6	2,4	8,1

Conclusiones

El fenómeno del Niño afectó la ocurrencia y e incrementó la cantidad de flores de los clones evaluados en bh-PM, con su consecuencia en menor cuajamiento y retención de frutos, que disminuyen la producción.

Los clones CCN 51 y LK 40 en bh-T se afectaron en cantidad de flores en el 2015 y se incrementó en el 2016, por el fenómeno del “Niño”, pero se disminuye en frutos cosechables en ambos años. El fenómeno del “Niño” disminuyó el cuajamiento y la retención de frutos.

El clon ICS 95 es un cultivar que manifiesta plasticidad, dado que no cambia en su productividad por los cambios en el clima.

Reconocimiento

Esta investigación está incluida en el Convenio especial de cooperación No. 4600000987 entre La Gobernación de Antioquia-Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural y Universidad Nacional de Colombia- Sede Medellín, cofinanciado por el Sistema General de Regalías. Expresamos un agradecimiento especial a los productores: Evelio González (propietario de la Finca Canes) y Nazario de Jesús Días Cárdenas (propietario finca Mi fortuna), a los estudiantes de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad de Antioquia - Seccional Urabá, al grupo de investigación AgroXue y al Laboratorio de Física de Suelos UNALMED.

Bibliografía

- Amores, F. (1992). Requerimientos del suelo para cultivo cacao. Revista sabor arriba, Anecacao. 18-19
- Balassimha, D. (1987). Cocoa, 263–285. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-42841-7.50019-1>.
- Dahlman, L. (2009). National Oceanic and Atmospheric Administration. Retrieved from <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-oceanic-niño-index>. consultado 15 de mayo de 2016
- Daymond, AJ. (2000) An investigation into physiological parameters underlying yield variation between different varieties of cocoa (*Theobroma cacao* L.). UK, University of Reading, PhD thesis.

- Gil Restrepo, J. P., Leiva Rojas, E. I., & Ramirez Pisco, R. (2017). Phenology of cocoa tree in a tropical moist forest. *Jaboticabal*, 45(3), 240–252.
- Hardy, F. (1962). Cacao soils. III. The problem of shade for cacao. *Gordian* 62, 685–690.
- IDEAM. (2015). Boletín informativo sobre el monitoreo de los fenómenos de variabilidad climática “el niño y la niña.” disponible en ideam.gov.co/web/pronosticos-y-alertas/pronosticos-alertas/fenomenos-el-nino-y-la-nina/-consultado en mayo 17 de 2016.
- Müller, M. W., de Lima, A. A., Alvim, P. (2004). Influência do paclobutrazol e do anelamento aplicados em diferentes estádios fenológicos do cacauzeiro no controle da floração. *Agrotrópica* 16 (3): 105-110. Centro de Pesquisas do Cacau, Ilhéus, Bahia, Brasil.
- Niemenak N, Cilas C, Rohsius C, Bleiholder H, Meier U, Lieberei R (2010) Phenological growth stages of cacao plants (*Theobroma* sp.): codification and description according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology* 156 13-24.
- R Core Team (2017) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Righi, C. A., Silveira, M., Castro, D. S., Abbud, D. M. (2001). Fenologia e variação temporal do índice de área foliar de três cultivares de seringueira (*Hevea* spp.). *Agrotrópica* 13 (3): 125 – 132. Centro de Pesquisas do Cacau, Ilhéus, Bahia, Brasil.