

Nota técnica

LA PODA Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DEL GRANO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)

Eduardo E. Gutiérrez-Brito*, Edna I. Leiva-Rojas^{1/**}, Ramiro Ramírez-Pisco^{***}

Palabras clave: Contenido de grasa; Área foliar (AF); acumulación de minerales.
Keywords: Fat content; Leaf area (LA); mineral's accumulation.

Recibido: 31/07/18

Aceptado: 14/02/19

RESUMEN

La poda es un procedimiento que tiene el propósito de estimular el desarrollo de nuevas yemas, incrementar la floración y la producción de frutos. Se evaluó la calidad del grano en árboles con diferente intensidad de poda en zona de bosque húmedo tropical (bh-T) en el municipio de Chigorodó región de Urabá en Colombia, a 40 msnm, con temperaturas entre 21 y 34°C, con humedad relativa promedio del 80%. Se cuantificó el contenido de grasa y de minerales en granos de cacao fermentados y secos de los clones universales CCN-51 e ICS-95, los tratamientos correspondieron a poda de altura (-h) donde se cortó el árbol a 4 m de altura; poda base (b) con corte a 4 m de altura y ramas secas y mal ubicadas, poda base menos 25 por ciento del área foliar (b-25% AF), poda base menos 50 por ciento AF (b-50%) y base menos 75 por ciento (b-75%) del dosel. La colecta de frutos se realizó en 3 épocas, 2, 3, y 8 meses después de la poda.

ABSTRACT

The pruning and its effect on the quality of cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). The purpose of pruning is to stimulate the development of new buds, increase flowering, production, and the quality of fruits. The quality of cocoa beans from trees that were pruned at different levels was evaluated in tropical moist forest life zone (T-mf) in the municipality of Chigorodó, in the Urabá region in Colombia, at 40 m. altitude, with temperatures between 21 and 34°C, with 80% average relative humidity. The fat content and minerals in fermented and dried cocoa beans of the universal clones CCN-51 and ICS-95 were quantified. The pruning treatments were as follows to height pruning (-h) the tree was cut to 4 m height; base pruning (b) cut at 4 m height with dry and poorly located branches removed; base pruning minus 25 percent leaf area (b-25% LA), base minus 50 percent LA (b-50%) and base minus 75 percent LA (b-75%) of the

1 Autora para correspondencia. Correo electrónico: eileiva@unal.edu.co

* Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
 0000-0002-7795-027X.

** Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Colombia.
 0000-0001-9522-4151.

*** Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Colombia.
 0000-0002-8639-8173.

El tratamiento de poda no tuvo efecto significativo sobre el contenido de minerales en el grano de cacao, solamente la época de cosecha fue el factor que presentó significancia.

INTRODUCCIÓN

La poda en los árboles de cacao en producción, se realizó con el propósito de estimular el desarrollo de nuevas yemas y renovar el aparato fotosintético de la planta, con la expectativa de balancear el crecimiento vegetativo con el reproductivo y así procurar el incremento de la productividad y la calidad del grano. La práctica consistió en eliminar ramas sombreadas, entrecruzadas, viejas, enfermas, secas para prolongar la vida útil del árbol, aumentar el rendimiento biológico y por ende, su capacidad productiva (Sánchez *et al.* 2007, Paredes 2009). Las podas de mantenimiento pretenden la aireación y el ingreso y distribución de la luz en el dosel para incrementar la producción y la calidad de los frutos (Casierra-Posada y Fischer 2012).

El grano de cacao es un ingrediente esencial en la preparación de varios alimentos, postres, alta confitería, licores y en la elaboración de productos de la industria cosmética, además, es considerado como uno de los sabores y aromas de mayor preferencia por la humanidad (Di Carro *et al.* 2015) extraction time of 65. min, and extraction temperature of 60. \u00b00C. The internal standard method was used for the quantitative determination of four pyrazines (2,3-dimethylpyrazine, 2,5-dimethylpyrazine, 2,3,5-trimethylpyrazine and tetramethylpyrazine. En sus cotiledones contiene minerales como fósforo, potasio, calcio, magnesio, manganeso,

canopy. The harvest was carried out in 3 seasons, 2, 3, and 8 months after pruning. The pruning treatment had no significant effect on the mineral content in the cocoa beans, however the harvest time was a significant factor.

hierro, cobre, zinc, entre otros, de ahí su importancia para la salud humana en particular la composición de los huesos. Es una fuente importante de proteína del 11 al 16%, presenta metilxantinas compuestos que le confieren un pequeño poder estimulante y son ricas en flavonoides (Valenzuela 2007).

Entre las prácticas comunes del manejo del dosel de cacao se encuentra la poda, que afecta significativamente la producción de grano (Leiva *et al.* 2019) pero se requiere evaluar su influencia en la calidad. Es así como en este trabajo se cuantificó el contenido de minerales y de grasa en granos de cacao colectados en tres épocas, provenientes de árboles con distinta intensidad de poda.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La investigación se realizó en el municipio de Chigorodó, de la región de Urabá en Colombia, con coordenadas N 7°39'2.5" y W - 76°41'58.0", a una altitud de 40 m, con temperaturas que oscilaron entre los 21°C a 34°C, humedad relativa promedio del 84 % y una precipitación de 3257 mm en el 2016 (Cuadro 1), estas condiciones corresponden a la zona de vida bosque húmedo tropical (bh-T) según el sistema de clasificación propuesto por Holdridge y adaptado por IDEAM (2002).

Cuadro 1. Condiciones climáticas en bh-T en el Municipio de Chigorodó – Antioquia durante el 2016.

Meses	Precipitación ¹ total (mm)	Humedad relativa media (%)	Temperatura ² media (°C)	horas PAR ³ 400 ≤ 1600 (μmol.m ⁻² .s ⁻¹)
Enero	0,6	80,5	27,4	234,5
Febrero	1,6	78,4	28,1	197
Marzo	34,4	77,4	28,4	206,5
Abril	261,8	81,4	27,8	201
Mayo	104,8	85,3	27,2	188
Junio	301,3	86	26,6	205,5
Julio	349,9	88,5	26,7	224,5
Agosto	289,5	86,4	26,4	231
Setiembre	346	86,3	26,4	218,5
Octubre	559,9	86,1	26,3	210,5
Noviembre	691	87,1	26,2	189
Diciembre	317	86,9	26,3	202

¹Precipitación registrada en Em50G Decagon device con Collector II de Davis instruments. ²Registrada con sensores THR 102 y ³Radiación Fotosintéticamente Activa registrada con sensor QSO 110 de Apogee instruments.

Instalación del experimento y material vegetal

En cultivo comercial de cacao CCN 51 e ICS 95, se seleccionaron 20 árboles de cada clon, en etapa productiva, con 8 años, a los que se les realizó la poda. A todos se les cortó a 4 m de altura, desde el suelo hasta el ápice de la planta; para obtener el área foliar total del árbol (AFT), inicialmente, se determinó el área foliar de 150 hojas de diversos tamaños obtenidas al azar de la copa; luego, se cuantificaron todas las hojas del dosel y a partir de ambos datos se calculó el área foliar total. Los tratamientos fueron:

- 1) poda de altura (-h) solo se podó la planta a 4 m de altura.
- 2) poda base (b) se aplicó poda de altura y se eliminaron ramas improductivas, entrecruzadas, ramas secundarias y terciarias dirigidas hacia el interior del dosel o al suelo.
- 3) poda base menos el 25% del AFT (b-25%).
- 4) poda base menos el 50% del AFT (b-50%).
- 5) poda base menos el 75% del AFT (b-75%), esta última es la utilizada por los productores de la zona (Cuadro 2). La poda se realizó en marzo después de la cosecha principal y mes en el que históricamente inician las lluvias.

Cuadro 2. Área foliar total (AFT) e índice de área foliar (IAF) correspondiente en cada tratamiento para los clones CCN-51 e ICS-95.

Clon	CCN 51		ICS 95	
	Ttos	AFT m ²	AFT m ²	IAF
(-h)		51,8	37,4	2,15
(b)		20,6	14,5	2,11
b-25%		15,6	10,5	1,63
b-50%		10,4	7,3	1,06
b-75%		5,2	3,6	1,2

Todos los árboles recibieron fertilización con mezcla órgano mineral, en marzo, mayo, julio y setiembre, con base en el resultado del análisis químico del suelo y de los requerimientos.

Se midió el índice de área foliar (IAF) con el equipo ceptómetro ACCUPAR LAI (Modelo LP-80). De cada tratamiento se colectaron granos en 3 épocas después de la poda; en el clon CCN-51 la cosecha se efectuó en mayo, junio y noviembre y en ICS-95 en mayo, junio y diciembre del 2016.

Los granos se fermentaron, se secaron en estufa, siguiendo la metodología propuesta por Álvarez *et al.* (2010); posteriormente, se tomó una muestra de 200g de cada tratamiento. En granos sin cascarilla se cuantificó el contenido de calcio (Ca), cobre (Cu), hierro (Fe), magnesio (Mg), manganeso (Mn), potasio (K) y zinc (Zn) por el método de espectrometría de absorción atómica. El porcentaje de cenizas por incineración directa a 600°C; Fósforo (P) por espectrofotometría U.V-VIS; porcentaje de humedad (%H) y otras materias volátiles por termogravimétrico a 103±2°C y contenido de grasa por el método de extracción Soxhlet, todos los resultados se expresaron en base seca.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un diseño de bloques completos al azar, con 5 tratamientos de poda, 3 épocas de cosecha con 4 repeticiones. Se realizó el análisis de varianza (ANAVA) con un nivel de confianza 95%; se asignó como factor de bloque las fechas

de cosecha y se consideró que se quiere evaluar el efecto de los tratamientos sobre las variables respuesta como el peso de grano seco, contenidos de grasa y minerales, medidos en los granos cosechados en cada árbol. Se aplicó el test de Shapiro-Wilk y el test de Bartlett y se compararon medias entre tratamientos, con el test de Tukey con un nivel de significancia del 5%, se utilizó el Software R-Studio (R Core Team 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de grano seco

En la cosecha de mayo en CCN-51 se obtuvo 1,20 kg de grano seco por árbol en el tratamiento (-h), 1,11 kg en el (b); 0,58 kg en el (b-25%); 0,61 kg en el (b-50%) y 0,84 kg en el b-75%. Posteriormente, en la cosecha de junio se obtuvo alrededor de 0,2 kg por árbol en los tratamientos (-h), b, b-25%, b-75% y en el tratamiento b-50% fue de 0,07 kg, significativamente la menor entre las 3 épocas evaluadas. En noviembre con el tratamiento (-h) se produjo 4,8 kg de grano seco por árbol, con el tratamiento (b) se obtuvo 3,4 kg, con el (b-25%): 4,1 kg, con el (b-50%): 3,1 kg y con el (b-75%): 2,6 kg, esta última fue la época de cosecha significativamente de mayor producción (Valor p 4.75e-10). La cantidad de frutos cosechados también presentó diferencias significativas entre las épocas de cosecha (Figura 1).

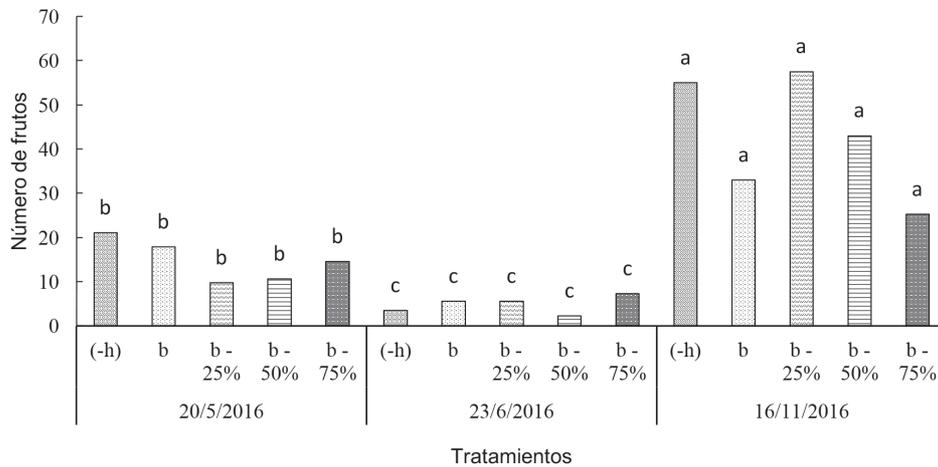


Fig. 1. Frutos cosechados del clon CCN 51, en 3 épocas con 5 tratamientos de poda. (Letras distintas indican diferencias significativas entre las épocas de cosecha, prueba de Tukey, con confianza de 95%).

El clon ICS-95 en la cosecha de mayo, con el tratamiento (-h) produjo 0,21 kg de grano seco por árbol, el (b) alcanzó 0,66 kg, el (b-25%): 0,37 kg, el (b-50%): 0,12 kg y el (b-75%): 0,15 kg por árbol; en la cosecha de junio se cosechó en el tratamiento (-h): 0,08 kg por árbol, en el (b): 0,42 kg, en el (b-25%): 0,18 kg, en el (b-50%): 0,15 kg

y en el (b-75%): 0,10 kg por árbol. En la cosecha de diciembre que fue significativamente la mayor (Valor p 3.17e-12), el tratamiento (-h) produjo 1,59 kg por árbol, el (b): 1,51 kg, el (b-25%): 1,21 kg, el (b-50%): 1,07 kg y en el (b-75%) 0,86 kg por árbol. Igual comportamiento se presentó para el número de frutos (Figura 2).

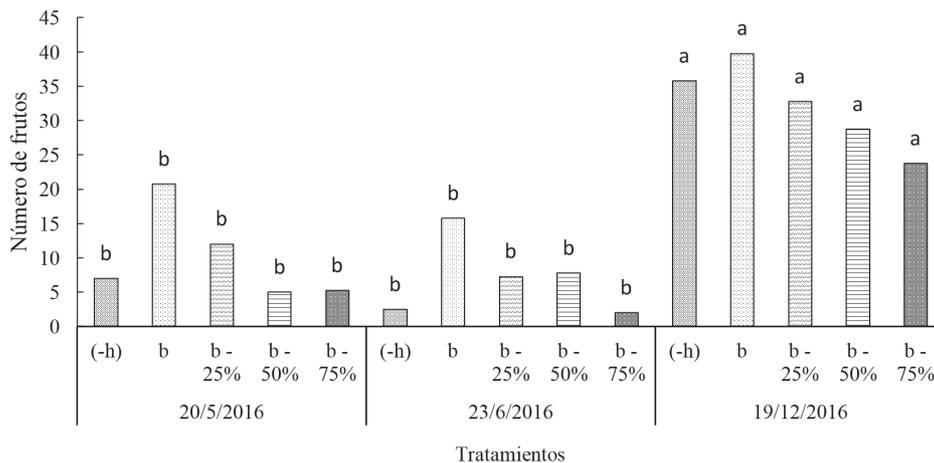


Fig. 2. Frutos cosechados del clon ICS 95, en 3 épocas con 5 tratamientos de poda. (Letras distintas indican diferencias significativas entre las épocas de cosecha, prueba de Tukey, con confianza de 95%).

Las cosechas de mayo y de junio no presentaron diferencias entre tratamientos. La poda efectuada en marzo no influyó significativamente en el llenado de estos frutos, la producción de esta época correspondió entre un 25-30% de la total registrada en el ciclo evaluado. Estos frutos provienen de la floración de diciembre de 2015 y la intervención en el dosel se realizó cuando en los frutos existentes ya había transcurrido la etapa de mayor demanda de fotoasimilados (Gil *et al.* 2017, Niemenak *et al.* 2010, Alvim 1977). Los frutos cosechados en noviembre y diciembre se desarrollaron a partir del área foliar nueva, pues el crecimiento y maduración de las ramas tarda entre 50 a 65 días en esta región (Gil *et al.* 2017) y en clon CCN 51 a los 98 días (junio) el tratamiento (b) alcanzó un IAF de 2,8, el de menor crecimiento fue (b-75%) con IAF de 2 y los demás tratamientos IAF mayor de 3. Los árboles con mayor intervención en el dosel necesitaron unos 7 meses para alcanzar en IAF de 2,5 (Gutiérrez-Brito 2017).

En el clon ICS 95 los árboles con mayor manejo de poda a los 98 días presentaron un IAF superior de 2,8 y los de tratamientos (-h) con IAF de 3,5 y (b) de 4,2.

En consecuencia al incremento considerable de su área foliar con hojas maduras exportadoras de fotoasimilados, favorecieron la producción de noviembre y diciembre.

Porcentaje de grasa, humedad y minerales del grano de cacao

El contenido de grasa en el grano osciló entre 39 y 44% en CCN-51 y entre 38 y 42% en ICS-95, valores que coinciden en general, con lo reportado para cacao (Lares *et al.* 2012, Vera *et al.* 2014), sin evidenciar efecto de la poda sobre esta característica, a diferencia de lo obtenido en la India, donde fue diferente el contenido de grasa, ya que dependió de la poda pues al retirar el 20% de las ramas secundarias se alcanzó el más alto contenido de grasa 45% (Govindaraj y Jancirani (2017) y 42% (Uchoi *et al.* 2018).

El contenido de humedad del grano osciló entre un 5 al 7% en los 2 clones y en todos los tratamientos en las 3 cosechas realizadas. Este contenido de humedad está dentro de los rangos propuestos por Álvarez *et al.* (2010).

La época de cosecha presentó significancia sobre el contenido de minerales del grano en el clon ICS 95. Sin que se evidenciaran diferencias significativas entre tratamientos.

Contenido de Calcio (Ca), Fósforo (P), Potasio (K), y Magnesio (Mg) en granos de cacao

El contenido de Ca, P, K y Mg evidenció diferencias significativas entre las épocas de cosecha, en los 2 clones. Aunque los contenidos de fósforo fueron menores en los granos de la primera época de cosecha (Cuadro 3 y 4), posiblemente por la mayor demanda en los tejidos meristemáticos donde las células están en rápida división y elongación (Fageria 2009).

Cuadro 3. Contenido de elementos minerales en granos de cacao discriminados por clon y tratamientos (Cenizas, P, K, Ca y Mg reportados en %, Fe, Cu, Mn y Zn expresados en $\text{mg}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Clon	Tto	Fecha	Ca	P	K	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
CCN-51	(-h)	18-May	0,12±0,01	0,62±0,01	1,13±0,01	0,42±0,01	21,5±0,7	29,0±1,4	23,0±1,4	44,0±0,1
	(-h)	20-Jun	0,11±0,01	0,46±0,04	1,06±0,01	0,33±0,01	20,5±0,7	17,5±3,5	16,0±2,3	40,5±2,1
	(-h)	16-Nov	0,10±0,00	0,47±0,02	0,97±0,04	0,34±0,01	17,0±2,3	33,0±1,9	18,0±0,1	46,5±0,7
	b	18-May	0,13±0,01	0,55±0,02	1,14±0,04	0,39±0,01	25,5±0,7	30,0±4,4	23,5±0,7	44,5±2,8
	b	20-Jun	0,15±0,00	0,43±0,04	1,15±0,07	0,35±0,01	20,5±0,7	23,1±1,4	22,0±1,1	48,0±1,4
	b	16-Nov	0,09±0,01	0,46±0,01	1,03±0,02	0,35±0,08	19,5±0,7	28,5±0,7	19,0±0,1	47,1±0,7
	b - 25	18-May	0,12±0,00	0,55±0,01	1,08±0,02	0,39±0,01	21,0±0,1	30,1±0,1	20,5±0,7	42,5±0,7
	b - 25	20-Jun	0,12±0,00	0,44±0,03	1,08±0,01	0,31±0,02	22,5±0,6	17,5±0,7	17,5±0,8	38,5±0,1
	b - 25	16-Nov	0,11±0,01	0,46±0,00	0,96±0,01	0,33±0,00	19,0±0,1	29,5±2,1	19,5±0,7	47,1±0,7
CCN-51	b - 50	18-May	0,14±0,01	0,56±0,01	1,12±0,05	0,41±0,01	21,5±0,7	35,0±7,1	24,0±2,8	46,5±2,1
	b - 50	20-Jun	0,13±0,01	0,37±0,04	0,91±0,03	0,31±0,02	24,0±1,4	16,5±2,1	17,0±1,4	37,5±2,1
	b - 50	16-Nov	0,11±0,01	0,46±0,00	1,10±0,02	0,35±0,01	18,0±0,1	26,5±3,5	18,5±2,1	45,3±0,1
	b - 75	18-May	0,12±0,00	0,57±0,00	1,15±0,01	0,41±0,01	21,0±1,4	27,5±0,7	24,0±4,2	43,5±3,5
	b - 75	20-Jun	0,12±0,00	0,61±0,00	1,19±0,02	0,43±0,01	22,5±0,7	13,1±0,1	23,0±0,1	37,2±0,1
	b - 75	16-Nov	0,09±0,01	0,47±0,01	1,06±0,04	0,34±0,01	17,5±0,7	27,5±0,7	19,4±0,1	46,5±0,7

Cuadro 4. Contenido de elementos minerales en granos de cacao discriminados por clon y tratamientos (P, K, Ca y Mg reportados en %, Fe, Cu, Mn y Zn expresados en $\text{mg}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Clon	Tto	Fecha	Ca	P	K	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
ICS-95	(-h)	18-May	0,10±0,01	0,45±0,01	1,02±0,02	0,32±0,01	19,0±0,1	29,0±2,8	32,5±2,1	46,0±2,9
	(-h)	20-Jun	0,12±0,01	0,51±0,01	1,08±0,02	0,36±0,01	20,5±0,7	18,5±2,1	25,5±0,7	39,1±1,4
	(-h)	6-Dic	0,13±0,02	0,59±0,02	1,15±0,03	0,39±0,01	20,1±0,0	25,5±0,7	20,5±0,7	46,0±0,1
	b	18-May	0,11±0,07	0,45±0,00	0,96±0,02	0,30±0,01	20,5±0,7	28,0±1,4	26,6±1,3	48,1±0,1
	b	20-Jun	0,11±0,01	0,62±0,01	1,10±0,03	0,42±0,00	27,5±2,1	20,5±7,7	24,5±0,7	41,0±0,1
	b	6-Dic	0,15±0,01	0,58±0,04	1,19±0,02	0,39±0,00	21,5±0,7	29,5±0,7	25,5±0,7	42,5±0,7
	b - 25	18-May	0,11±0,01	0,42±0,01	0,95±0,06	0,28±0,01	20,0±1,4	25,1±0,1	33,5±2,1	43,5±0,7
	b - 25	20-Jun	0,12±0,08	0,56±0,03	1,12±0,05	0,44±0,02	27,5±0,71	17,1±0,2	26,0±1,4	42,1±0,1
	b - 25	6-Dic	0,13±0,01	0,59±0,03	1,14±0,05	0,40±0,01	17,5±0,71	26,5±2,1	23,0±1,5	41,1±0,1
ICS-95	b - 50	18-May	0,11±0,01	0,43±0,01	0,94±0,01	0,28±0,01	19,5±0,71	26,5±0,7	32,0±0,1	45,5±2,1
	b - 50	20-Jun	0,14±0,08	0,57±0,03	1,15±0,04	0,44±0,01	24,0±0,71	16,1±0,1	26,5±0,1	43,1±0,1
	b - 50	6-Dic	0,13±0,06	0,58±0,03	1,18±0,02	0,42±0,02	19,5±1,4	30,0±4,2	22,5±0,2	42,0±1,4
	b - 75	18-May	0,11±0,01	0,42±0,04	0,97±0,04	0,29±0,01	20,1±1,4	28,5±0,7	27,5±0,2	46,0±1,5
	b - 75	20-Jun	0,12±0,01	0,55±0,01	1,11±0,01	0,44±0,01	23,0±0,1	24,0±0,1	30,1±0,1	43,1±0,1
	b - 75	6-Dic	0,13±0,01	0,60±0,01	1,19±0,04	0,40±0,02	22,5±2,1	27,5±0,7	21,5±0,7	40,5±0,7

La poda no afectó significativamente el contenido de minerales en el grano (Cuadro 3 y 4), es de tener en cuenta que la aplicación de fertilizantes en mezcla órgano-mineral suplió las necesidades nutricionales sin afectar la composición mineral del grano de cacao.

Concentración de Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), y Zinc (Zn) en granos de cacao

El contenido de Fe, el Mn y el Zn en el grano presentaron diferencias significativas entre las épocas de cosecha.

Los granos de cacao presentaron acumulación secuencial de $K > P > Mg > Ca$, en proporciones 1:0, 5:0, 3:0, 1, respectivamente. De los elementos menores, el de mayor concentración fue el Zn, los demás elementos: Fe, Mn, Cu se evidenciaron en cantidad similar (Cuadro 3 y 4).

Las condiciones climáticas a partir de junio, con balance hídrico positivo por el incremento en la precipitación y en las horas de radiación (Cuadro 1), beneficiaron el crecimiento del follaje y se hizo notorio en el IAF y la recuperación del dosel, (Gutiérrez-Brito 2017) que con la fertilización fraccionada contribuyó a la absorción de nutrientes y propició en los granos un contenido de minerales similares a los reportados en la literatura por Puentes *et al.* (2014), Bertoldi *et al.* (2016) y Arévalo *et al.* (2017).

La intensidad de la poda no afectó el contenido de grasa ni la acumulación de minerales en el grano de cacao.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se realizó como parte del convenio de cooperación N°. 4600000987, entre La Gobernación de Antioquia y la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, cofinanciado por el Sistema General de Regalías. Expresamos un agradecimiento especial al Área curricular de producción agraria sostenible de la Facultad de Ciencias Agrarias por el aporte y al grupo de investigación AgroXue, a don Antonio Rojas y al estudiantado de Ingeniería

Agropecuaria de la Universidad de Antioquia – Sede Tulenapa- Carepa por su apoyo en trabajo de campo.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, L; Trovar, H; García, F; Morillo, P. 2010. Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores, Revista científica UDO agrícola 10(1):76-87.
- Alvim, P. 1977. Cacao. In Alvim, P; Kozlowski, TT (eds.) Ecophysiology of Tropical Crops, 279-313 Academic Press Elsevier Inc. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-055650-2.50015-0>
- Arévalo, E; Arévalo, O; Baligar, C; HE, ZL. 2017. Heavy metal accumulation in leaves and beans of cacao (*Theobroma cacao* L.) in major cacao growing regions in Peru. Science of the Total Environment 605-606:792-800. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.122>
- Bertoldi, DC; Barbero, A; Camin, F; Caligiani, A; Larcher, R. 2016. Multielemental fingerprinting and geographic traceability of *Theobroma cacao* beans and cocoa products. Food Control 65:46-53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.01.013>
- Casierra-Posada, F; Fischer, G. 2012. Poda de árboles frutales en el trópico In Manual para el cultivo de frutales en el trópico G. Fischer (ed.). Produmedios Bogotá, Colombia. p. 169-185.
- Fageria, NK. 2009. The use of nutrient in crop plants. New York, USA, CRC Press Taylor y Francis Group London. 448 p.
- Gil-Restrepo, JP; Leiva-Rojas, EI; Ramirez-Pisco, R. 2017. Phenology of cocoa tree in a tropical moist forest. Científica Jaboticabal 45(3):240-252. DOI: <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2017v45n3p240-252>
- Govindaraj, K; Jancirani, P. 2017. Effect of pruning on cocoa (*Theobroma cacao* L.) on morphological, flowering and yield and quality of cocoa beans. International Journal of Agricultural Science and Research (IJASR) 7(6):113-118. DOI: 10.24247/ijasrdec201714
- Gutiérrez-Brito, E. 2017. El área foliar y su relación con la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis de maestría. Medellín. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. 124 p.
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). 2002. Perfil del Estado de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en Colombia 2001. Tomo 3 Colombia (en línea). Consultado 22 jul. 2016. Disponible en <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/002592/TOMO3-PERFIL.pdf>
- Lares, MC; Gutiérrez, R; Pérez, E. 2012. Efecto del tostado sobre las propiedades físicas, fisicoquímicas,

- composición proximal y perfil de ácidos grasos de la manteca de granos de cacao del estado Miranda, Venezuela, Revista Científica UDO Agrícola 12(2):439-446.
- Leiva-Rojas, EI; Gutiérrez-Brito, E; Pardo-Macea, CJ; Ramírez-Pisco, R. 2019. Comportamiento vegetativo y reproductivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) por efecto de la poda. Revista Fitotecnia Mexicana. De próxima publicación.
- 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.
- Paredes, N. 2009. Manual del cultivo del cacao para la Amazonía ecuatoriana. Manual N° 76. Quito, Ecuador, INIAP Estación Experimental Central de la Amazonía. 25 p.
- Puentes, JY; Menjivar, JC; Gómez, A; Aranzazu, F. 2014. Absorción y distribución de nutrientes en clones de cacao y sus efectos en el rendimiento, Acta Agronómica 63:145-152.
- R Core Team. R: A. 2017. Language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Viena-Austria. 2017 (en línea). Consultado 2 feb. 2017. Disponible en <https://www-projectorg/>
- Sánchez, EL; Parra, D; Rondón, O. 2007. Poda del árbol de cacao. Ciencia y Producción vegetal. Centro de Investigaciones agrícolas del Estado de Táchira- La Asunción, Venezuela. 67 p.
- Uchoi, A; Shoba, N; Balakrishnan, S; Gopal,NO; Uma,D. 2018. Effect of different pruning levels and growth retardants on growth, yield and quality of cocoa (*Theobroma cacao* L.) Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 7(4):3354-3357.
- Valenzuela, A. 2007. El chocolate un placer saludable. Revista Chilena de Nutrición, 34(3):180-190 (en línea). Consultado 17 abr. 2016. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182007000300001&lng=es&nrm=iso
- Vera, J; Vallejo, C; Párraga, D; Morales, W; Macías, J; Ramos, R. 2014. Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador. Ciencia y Tecnología 7(2):21-34. DOI: <https://doi.org/10.18779/cyt.v7i2.99>



Todos los derechos reservados. Universidad de Costa Rica. Este artículo se encuentra licenciado con Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica. Para mayor información escribir a rac.cia@ucr.ac.cr