

# ADAPTACIÓN DE CLONES DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.) TIPO NACIONAL EN EL PIEDEMONTES DE GUASAGANDA, COTOPAXI, ECUADOR

---

## ADAPTATION OF CLONES OF COCOA (THEOBROMA CACAO L.) TYPE NATIONAL IN PIEDEMONTE OF GUASAGANDA, COTOPAXI, ECUADOR

FREDDY AMORES<sup>1</sup>, ROMMEL RAMOS<sup>2</sup>, FRANCISCO RHON<sup>3</sup>, KARINA SOTOMAYOR<sup>4</sup>, ALFONSO VASCO<sup>5</sup>

1 Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. [famores@uteq.edu.ec](mailto:famores@uteq.edu.ec)

2 Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. [rros@uteq.edu.ec](mailto:rros@uteq.edu.ec)

3 Centro Andino de Acción Popular, Ecuador. [caaporg.ec@uia.satnet.net](mailto:caaporg.ec@uia.satnet.net)

4 Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. [ksotomayor@uteq.edu.ec](mailto:ksotomayor@uteq.edu.ec)

5 Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. [avasco@uteq.edu.ec](mailto:avasco@uteq.edu.ec)

### RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la zona de piedemonte de Guasaganda, Ecuador, con el objetivo de seleccionar preliminarmente clones de cacao con mejor grado de adaptación a las condiciones agroclimáticas locales. Se probaron en total seis clones de cacao, EET-48, EET-62, EET-96, EET-103 y EET-544, de ascendencia Nacional y CCN-51 tipo Trinitario. Se evaluó el comportamiento productivo y sanitario frente a los factores climáticos de temperatura, precipitación y humedad relativa. Se realizó un análisis de varianzas con un registro de datos de los tres primeros años de establecimiento. Los clones EET-103 y EET-544 se mostraron más precoces a los 12 meses de establecimiento y los mayores productores de frutos sanos en los tres años con 998 y 868 mazorcas acumuladas. La mejor combinación de las variables asociadas al rendimiento índices de mazorca e índice de semilla fue observada en los clones CCN-51 con 15 mazorcas y 1.5g y EET-103 con 18 mazorcas y 1.5g. Entre el 80 y 90 % de la precipitación se concentró en el primer cuatrimestre del año, lo que ocasionó entre el 31 y 41% de pérdidas acumuladas de frutos por enfermedades fungosas, una menor incidencia de frutos enfermos la presentaron los clones EET-544 y CCN-51. Los mayores rendimientos anuales de cacao seco lo registraron CCN-51 y EET-103 con valores de 2336.4, 2310.4 kg ha<sup>-1</sup>.

**PALABRAS CLAVE:** adaptación, clones, piedemonte, Nacional.

### ABSTRACT

The present work was carried out in the piedmont of Guasaganda, Ecuador in order to preliminary select cocoa clones with the best degree of adaptation to local agroclimatic conditions. A total of six cocoa clones were tested, EET-48, EET-62, EET-96, EET-103 and EET-544, of National descent and CCN-51 Trinitarian type. The productive and sanitary behavior was evaluated against the climatic factors of temperature, precipitation and relative humidity. An variance analysis was performed with a data record of the first three years of establishment. The EET-103 and EET-544 clones were precocious at 12 months of establishment and the largest producers of healthy fruits in the three years with 998 and 868 accumulated pods, respectively. The best combination of the associated variables with the yield, pod index and seed index was observed in the CCN-51 clon with 15 pods and 1.5g and EET-103 clon with 18 pods and 1.5g. Between 80 and 90% of the precipitation was concentrated in the first four months of the year, which caused between 31 and 41% of accumulated losses of fruits due to fungal diseases, a lower incidence of diseased fruits was presented by the EET-544 and CCN-51 clones. The highest annual dry cocoa yields were recorded by CCN-51 and EET-103 with values of 2336.4, 2310.4 kg ha<sup>-1</sup>.

**KEYWORDS:** adaptation, clones, piedmonte, National.

DOI: <http://dx.doi.org/10.23878/alternativas.v21i3.336>

RECIBIDO: 5/11/2020

ACEPTADO: 4/12/2020

## INTRODUCCIÓN

La terminología piedemonte tiene su origen desde la época pre-hispánica, en que las primeras sociedades agrícolas hicieron uso del suelo al momento de habitar las regiones. Los horizontes A2 actuales, pudieron encontrarse a nivel superficial (haber sido horizontes A) en el pasado o por lo menos estuvieron cubiertos por horizontes A incipientes, atractivos por ser depósitos de material orgánico, localizados al pie de una cordillera en un ecosistema natural, aproximadamente a unos 500 msnm. Socialmente se conocen también como el inicio del asentamiento de la población humana (Bermudez, 2010). La destrucción de los ecosistemas naturales por causa de la ampliación de la frontera agrícola con el uso de monocultivos (pastizales) ha sido la causa principal de la pérdida de la biodiversidad del planeta, especialmente en las zonas húmedas tropicales de América Latina, donde casi todas las tierras deforestadas se convirtieron en pastizales para la cría de ganado en sistemas extensivos de pastoreo (Andrade & Castro, 2012). Es muy común que las tierras dedicadas a la ganadería en estas zonas de piedemonte, ubicadas junto a la cordillera Andina, presenten algún tipo de degradación como: compactación del suelo, presencia de terracetos, erosión (superficial y por deslizamientos de bio-masa), contaminación del agua por heces y otros residuos de los establos, así como también infestación con malezas específicas (Sadeghian, Rivera, & Gómez, 1998).

La presencia de los árboles frutales proporciona muchos beneficios al hombre en el contexto agrícola, estos incluyen el aprovechamiento de madera y productos no maderables como aceites y flores, cercas de protección, sombras permanentes, control de la erosión del suelo, mejor calidad del agua y conservación de la humedad (Cacho y Hean, 2004). Una de las especies frutales que presenta un amplio potencial de adaptación hasta los 1200 msnm es el cacao (Enríquez, 2010), una especie de ciclo perenne considerada como un agente mejorador del suelo por la producción de biomasa de hojarasca, transferencia de nutrientes, sombra y contenido de humedad en el suelo (Ramírez, et al., 2016); pero principalmente el valor económico que representan sus almendras como materia prima para la elaboración de los chocolates (Zambrano et al., 2010). En el Ecuador la demanda de clones de cacao fue muy limitada hasta el año 1920, época en que aparecieron las enfermedades monilia (*Moniliophthora rorreri*)

y escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) y con lo cual se iniciaron los primeros trabajos de mejoramiento basados principalmente en la selección de genotipos superiores. Vera et al., 1984 seleccionaron a nivel de huertas tradicionales del Litoral Ecuatoriano, por caracteres productivos, de resistencia a enfermedades y de calidad de las almendras los clones comerciales EET-19, EET-48, EET-62, EET-95, EET-96 y EET-103. Además de estos genotipos, existían clones experimentales como el EET-544 y EET-558 que se encontraban en fase de evaluación (Amores et al., 2009). Por otra parte, Homero Castro en 1960 obtuvo el clon tipo Trinitario CCN-51 (ANECACAO, 2006). Cada uno de estos genotipos han presentado diversos tipos de comportamientos según los ambientes de estudio.

El piedemonte de Guasaganda, ubicado en una zona templada subtropical de Cotopaxi, junto a la Cordillera occidental de los Andes, el lugar geológicamente más joven y más bajo en promedio de otras altitudes y a 512 msnm. Presenta características climáticas y edáficas especiales que han propiciado además del uso de sistemas silvo-pastoriles (15.70%), el desarrollo cultivos como: Cacao (34.30 %), yuca (26.30 %), plátano (23.70 %), sus huertas cacaoteras presentan varias edades, el 16.91 % se ubican entre 0 a 5 años, el 27.83 entre 6 y 20 años y el 55.26 % entre 20 y 50 años (Rhón & Escobar, 2003). Durante el año 2003 el cultivo de cacao, esta provincia representó el 4 % de la superficie total cultivada alcanzó una producción estimada de 3.950 tm (Rizo, 2009). El principal problema lo constituyen los bajos rendimientos que oscilan entre 136 y 181 kg ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>, debido posiblemente a que la edad avanzada de la población conformada por árboles procedentes de semillas de libre polinización y su entorno climático muy particular.

El presente trabajo tuvo como objetivo seleccionar preliminarmente clones de cacao con mayor grado de adaptación a las condiciones agroclimáticas locales del piedemonte de Guasaganda, Cotopaxi, Ecuador.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### LOCALIZACIÓN

El presente experimento se llevó a efecto durante el período enero del 2004 – diciembre del 2008, en la finca Sacha Wiwa del Sistema Educativo Intercultural Cotopaxi (SEIC) en el pie de monte de la parroquia Guasaganda perteneciente al cantón La Maná, provincia de Cotopaxi (Figura

1), a 79°08'51" de longitud Occidental y 0°47'47" de latitud Sur, con una altitud de 512 msnm. Temperatura promedio de 24°C, 511 horas efectivas de luminosidad, 2618mm de pluviosidad y una humedad relativa del 92% (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2009).

**MATERIAL GENÉTICO**

En la investigación se evaluaron cinco clones de tipo Nacional procedentes de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP y un Trinitario (CCN-51) procedente de Naranjal, según se describe en la Tabla 1.

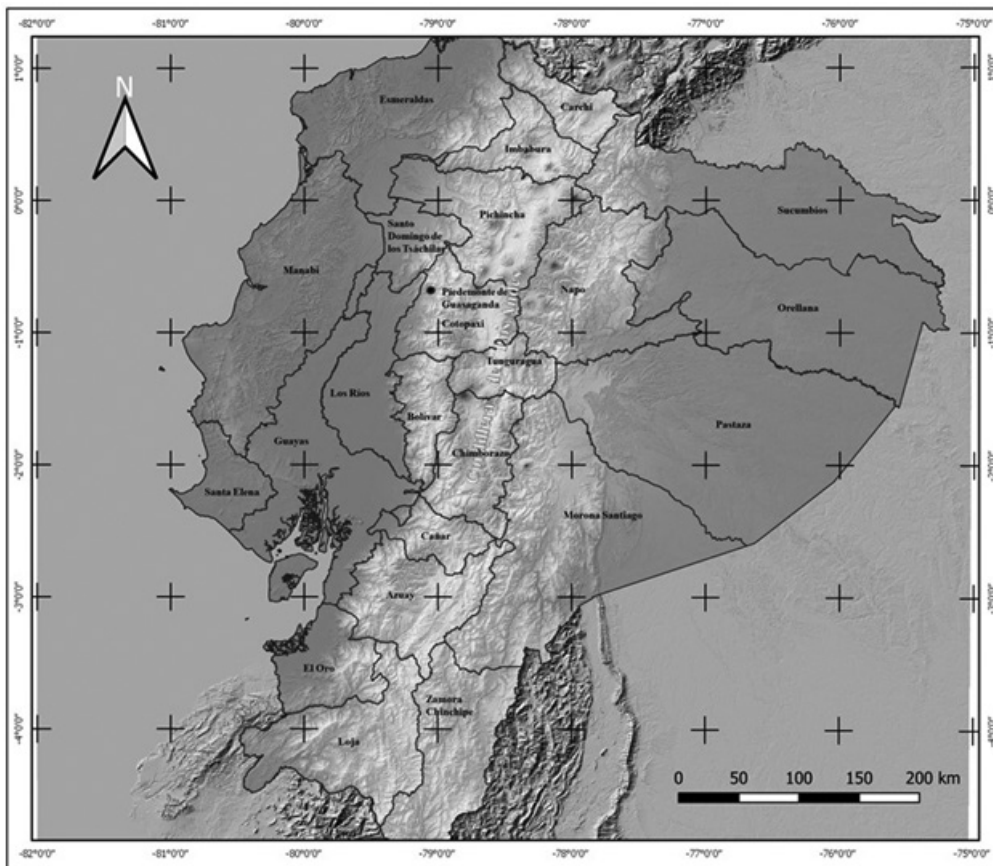
El proyecto se inició en el año 2004 con la plantación de los clones de cacao. Mientras que la información analizada en esta investigación se registró entre enero del 2005 a diciembre del 2008. El experimento estuvo constituido por 24 unidades experimentales sembradas en una superficie de 5.760 m2 y con una distancia de 3x4 m, con una población de 833 plantas de cacao (Tabla 2).

**TABLA 1. TRATAMIENTOS, GENEALOGÍA, GENOTIPO Y PROCEDENCIA DE LOS CLONES DE CACAO EVALUADOS EN EL SECTOR DE GUASAGANDA, PROVINCIA DE COTOPAXI, DURANTE EL PERÍODO ENERO DEL 2004 – DICIEMBRE DEL 2008.**

| TRAT. | GENEALOGÍA | GENOTIPO                   | PROCEDENCIA |
|-------|------------|----------------------------|-------------|
| 1     | EET-48     | Nacional.                  | Los Ríos    |
| 2     | EET-62     | Nac. x V. A.               | Los Ríos    |
| 3     | EET-96     | V.A.                       | Los Ríos    |
| 4     | EET-103    | Nac. x V. A.               | Guayas      |
| 5     | EET-544    | Nacional                   | Guayas      |
| 6     | CCN-51 (T) | (ICS-95 x IMC-67) x Canelo | Guayas      |

**TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO**

| DESCRIPCIÓN               | DETALLES                 |
|---------------------------|--------------------------|
| Superficie del ensayo     | 5.760 m <sup>2</sup>     |
| Longitud de la hilera     | 12 m                     |
| Distancia entre hilera    | 3m x 4m                  |
| Distancia entre plantas   | 3m x 3m                  |
| Hileras por parcela       | 5                        |
| Plantas por hilera        | 4                        |
| Plantas por parcela       | 20                       |
| Superficie por parcela    | 240 m <sup>2</sup>       |
| Surcos borde              | 1 a cada lado del ensayo |
| Población por experimento | 576 plantas              |
| Población por hectárea    | 833 plantas              |



**Figura 1.** Localización del piedemonte de Guasaganda, Cotopaxi, Ecuador

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se empleó un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial: dos épocas (Lluviosa y Seca) por seis clones (EET-48, EET-62, EET-96, EET-103, EET-544 y CCN-51), con cuatro repeticiones. Para las comparaciones entre medias de época y clones se empleó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad. El modelo lineal fue el siguiente:  $y_{ijk} = \mu + \tau_i + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$ . Los análisis estadísticos fueron realizados en el programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2016).

Donde:  $y_{ijk}$  = Valor de la característica en estudio debido al bloque  $i$ , a la época  $j$ , y a los clones  $k$ ;  $\mu$  = Efecto común de todas las observaciones;  $\tau_i$  = Efecto del bloque  $i$ ;  $\alpha_j$  = Efecto de la época  $j$ ;  $\beta_k$  = Efecto de los clones  $k$ ;  $(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre época  $j$  y clones  $k$ ;  $e_{ijk}$  = Error de observación sobre la unidad experimental  $ijk$ .

### MANEJO DEL EXPERIMENTO

Se realizó un control manual de malezas (coronas) previo a la fertilización (inicios y final de la época lluviosa), acompañados de una roza trimestral en calles y bordes, pues no se usó aplicaciones químicas de ningún tipo. Se fertilizó con un abono completo compuesto de N, P, K, Mg, S y B (18-6-22-3-4-0.53), a la entrada y salida de la época lluviosa (enero y mayo), en dosis de 400 g por planta (Cuenca-Cuenca, Puentes-Páramo, & Menjívar-Flores, 2019). Se efectuaron también podas sanitarias al final de la época seca conjuntamente con eliminaciones mensuales de brotes ortotrópicos (brotes basales provenientes del patrón de injerto) (Amores et al., 2009). Una vez realizada la poda se procedió a desinfectar las heridas con pasta cúprica, la misma que estuvo compuesta por cal y óxi-cloruro de cobre (3:1). No se aplicó fungicida para el control de enfermedades, ni se realizaron riegos durante la época seca.

La cosecha y registro de datos se realizó una vez por mes, esto incluyó la recolección de mazorcas sanas y enfermas, se emplearon herramientas y materiales de campo como: tijeras, machetes, balanza de precisión y baldes de plástico para la extracción de las almendras (Guerrero, 2007).

### VARIABLES EVALUADAS

#### VARIABLES AGRONÓMICAS, SANITARIAS PRODUCTIVAS Y DE CALIDAD

Se evaluaron variables asociadas al crecimiento como: Brotación, Floración, Fructificación y Chermelles wilt, tomando en cuenta una escala

de apreciación de 1 – 5, donde, 1. (0%) Ausencia; 1. (1 – 25%) poco; 2. (26– 50%) ligero; 3. (51 – 75%) moderado; 4. (76 – 100%) abundante, esto durante la época seca en los meses de enero, febrero y marzo y durante la época lluviosa en los meses junio, julio y agosto (Tovar, Ortíz, Rodríguez, & Ortíz, 1991). Se caracterizó la arquitectura de las plantas mediante una escala de observación visual donde 1. Erecta (ramas con ángulos  $<90^\circ$ ), 2. Semi-erecta (ramas con ángulos de 90 a  $180^\circ$ ) y 3. Horizontal (ramas con ángulos  $>180^\circ$ ) (Sánchez-Mora, et al., 2014).

La incidencia de escoba de bruja se registró mediante el conteo de aquellos brotes deformes a causa del hinchamiento de los ápices causado por *Moniliophthora perniciosa* una vez al año en el mes de julio (Osorio-Solano, Orozco-Castaño, López-Gartner, & Rivera-Páez, 2012).

Variables asociadas a la producción como: El número de mazorcas sanas y enfermas en base a un conteo mensual y por planta (Sánchez-Mora & Garcés-Fiallos, 2012); El peso fresco de las almendras (Kg), se lo realizó a partir de las mazorcas sanas cosechadas y con la ayuda de una balanza digital de precisión; el rendimiento de cacao seco (Kg Ha<sup>-1</sup>), se registró a partir del producto entre el peso fresco de las almendras por planta (Kg) y el Factor de conversión 0.40 que es la relación peso fresco peso seco y multiplicado por la densidad de siembra que fue 988 plantas (Sánchez-Mora, et al., 2015).

Variables asociadas a la calidad del fruto como: Índice de mazorca, que se registró al dividir 20 mazorcas para el peso seco de sus almendras y multiplicado por cien (Vera, et al., 2014); (Stevenson & Corven, 1993); Índice de semilla, que consistió en registrar el peso de 100 almendras fermentadas y secas procedentes de las 20 mazorcas entre cien (ICONTEC, 2003); (Vera & Goya, 2015).

### INCIDENCIA DEL CLIMA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LOS CLONES DE CACAO

Para el efecto se construyó un gráfico que permite comparar mediante varias curvas, la relación de los factores climáticos como: Temperatura ( $^\circ\text{C}$ ), precipitación (mm) y humedad relativa (%) mensual, con la producción de frutos sanos y enfermos. Los promedios mensuales de temperatura ( $^\circ\text{C}$ ), precipitación (mm) y humedad relativa (%) se tomaron de los registros de la estación meteorológica “La Maná” del INAMHI, ubicada en el cantón del mismo nombre, provincia de Cotopaxi. Número de mazorcas sanas y enfermas contabilizadas en los clones de ca-



caos se presentaron en una frecuencia mensual al igual que las variables climáticas (Sánchez-Mora, et al., 2014).

### RESULTADOS Y DISCUSION COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO

Al evaluar el efecto de las épocas se observaron diferencias en las etapas de brotación, floración y cherelles wilt, donde la mayor intensidad de brotes, flores y cherelles fue durante la época lluviosa, con valores de 1.90, 1.63 y 1.16, respectivamente, los picos de brotación, floración ocurren durante el primer y tercer mes del año sus flores poseen la capacidad de autofecundarse con su mismo polen (Amores et al., 2009). Además, al evaluar el efecto de los clones de cacao se observaron diferencias durante todas las etapas fenológicas, se determinó que los clones que presentaron una mayor intensidad de brotación fueron: EET-544, EET-103 y CCN-51, con promedios de 2.25, 2.21 y 2.16, respectivamente. Esto comprende el enrojecimiento de las hojas en la fase de crecimiento ortotrópico, expansión foliar de las hojas delgadas, con fuerte pigmentación antocianica y budismo apical. El crecimiento y desarrollo del cacao, como también ocurre con otras especies leñosas tropicales depende en gran medida de la temperatura, las bajas temperaturas afectan principalmente el crecimiento vegetativo (Alvim P. T., 1986), esto se ha demostrado que temperaturas de raíz entre 20 y 30 ° C permite que el agua los flujos y la conductancia estomática sean mayores que cualquier otra temperatura del suelo, en consecuencia, las tasas de asimilación de CO<sub>2</sub> también son más altas (De Almeida & Valle, 2007).

El clon que presentó una mayor intensidad de floración, fructificación y cherelles wilt fue el clon EET-103 con promedios de 2.30, 2.32 y 1.32, en su orden, la intensidad de la floración depende del clon y de las condiciones ambientales como: el fotoperiodo, la temperatura, la radiación solar y el estrés por carencia de agua o nutrientes, los cuales pueden retrasar la transición de juvenil a la fase adulta, en esta asociación juegan un papel importante la disponibilidad de los carbohidratos, lo cual se relaciona con la creciente irradiación que acelera la presencia de la fase reproductiva de plantas en general (Erwin, 2005). En cacao la floración es promovida por estos factores ambientales, pero podría ocurrir también en ausencia de estos y ocurre en el momento adecuado para asegurar el éxito reproductivo (Taiz & Zeiger, 2006). Una

de las características fuera de lo común del árbol de cacao es su condición de cauliflora (florece y fructifica en partes leñosas) y lo hace cuando ha alcanzado su madurez fisiológica, cinco años para híbridos y menos de dos para clones (ANECACAO, 2006).

Del 100% de los frutos fecundados no todos crecerán hasta alcanzar su madurez fisiológica, el 80% de fructificaciones se marchitarán, se volverán negras y serán rápidamente colonizadas por patógenos, mientras permanece en el árbol, a este mecanismo fisiológico por el cual la planta se autorregula naturalmente para equilibrar la asignación de nutrientes se conoce como Cherelles wilt (De Almeida & Valle, 2007) (Tabla 3).

**TABLA 3. BROTAÇÃO, FLORAÇÃO, FRUCTIFICAÇÃO Y CHERELLES WILL REGISTRADOS EN SEIS CLONES DE CACAO DURANTE DOS ÉPOCAS DEL AÑO EN LA ZONA DE PIE DE MONTE DE GUASAGANDA, COTOPAXI.**

\*Brotación. Floración y Fructificación (E: 1-5)

|              |           |  |
|--------------|-----------|--|
| 1 = 0%;      | Ausencia  |  |
| 2 = 1-25%;   | Poco      |  |
| 3 = 26-50%;  | Ligero    |  |
| 4 = 51-75%;  | Moderado  |  |
| 5 = 76-100%; | Abundante |  |

| FACTORES | BROTAÇÃO | FLORAÇÃO | FRUCTIFICAÇÃO | CHERELLES WILL |       |   |       |   |
|----------|----------|----------|---------------|----------------|-------|---|-------|---|
| Epocas   |          |          |               |                |       |   |       |   |
| Lluviosa | 1.90     | a        | 1.63          | a              | 1.45  | a | 1.16  | a |
| Seca     | 1.75     | b        | 1.43          | b              | 1.45  | a | 1.05  | b |
| Clones   |          |          |               |                |       |   |       |   |
| EET-48   | 1.48     | b        | 1.13          | c              | 1.09  | c | 1.02  | b |
| EET-62   | 1.30     | b        | 1.12          | c              | 1.05  | c | 1.00  | b |
| EET-96   | 1.58     | b        | 1.48          | b              | 1.35  | b | 1.06  | b |
| EET-103  | 2.21     | a        | 2.30          | a              | 2.32  | a | 1.32  | a |
| EET-544  | 2.25     | a        | 1.48          | b              | 1.55  | b | 1.14  | b |
| CCN-51   | 2.16     | a        | 1.69          | b              | 1.36  | b | 1.14  | b |
| X        | 1.83     |          | 1.53          |                | 1.45  |   | 1.11  |   |
| CV (%)   | 11.00    |          | 11.58         |                | 10.83 |   | 11.42 |   |

La Interacción épocas por clones de cacao fue significativa en la emisión de brotación, floración y fructificación de las plantas de cacao ( $p < 0.05$ ). Durante la época lluviosa, se observó que los clones de cacao EET-544, EET-103 y CCN-51 alcanzaron una mayor intensidad de brotación, mientras que, durante la época seca estos mismos clones mantuvieron una misma tendencia en menor proporción (Figura 2). Esto se debió principalmente a que el cacao presenta periodos de brotación que alternan con periodos

de reposo vegetativo casi total, aun cuando las fluctuaciones estacionales son fuertes (Tovar, Ortíz, Rodríguez, & Ortíz, 1991). CCN-51 concentra su brotación en los meses de marzo, julio y septiembre y es imprescindible mantener una área foliar definida que facilite la escasa intercepción solar, elemento fotosintético que influye en su rendimiento agronómico (Leiva-Rojas, Gutierrez-Brito, Pardo-Macea, & Ramírez-Pisco, 2019).

En cuanto a la floración, durante la época lluviosa, el clon que presentó una mayor intensidad de flores fue el clon EET-103, pues al inicio de las lluvias existe un periodo en que ocurre la mayor intensidad de floración, para lo cual los días son lluviosos con precipitación de 100 mm por mes, humedad relativa del 70% y temperatura promedio mensual de 27 °C. (Vera, Suárez, & Mogrovejo, 1984). Sin embargo, durante la época seca fueron los clones CCN-51, EET-103 y EET-96 (Figura 3). Esto se atribuye, que además de dichos factores, durante la época seca existe una alta incidencia de radiación solar que está relacionada con una mayor abscisión de flores (Claus, Vanhove, Van Dame, & Smagghe, 2018). Además, en el cacao CCN-51 se observa que puede florecer durante todo el año pero solo puede ser favorecido por temperaturas medias elevadas y lluvias abundantes (Alvim P., 1977).

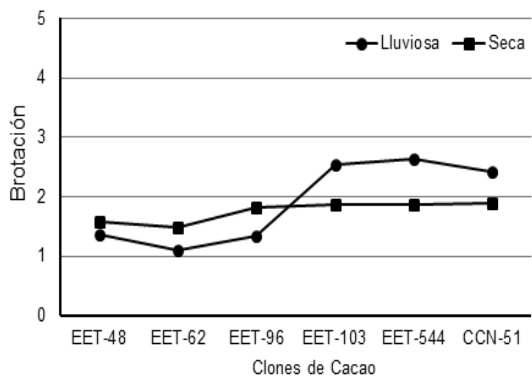


Figura 2. Intensidad de brotación para interacción época por clon

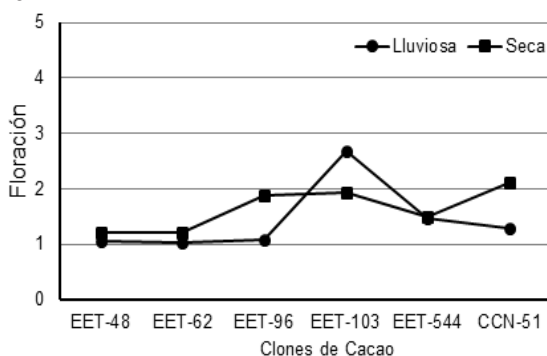


Figura 3. Intensidad de floración para interacción época por clon

La fructificación, tuvo su mayor intensidad, tanto en la época lluviosa como en la época seca en el clon EET-103 (Figura 4), debido a que es un clon autocompatible, es decir que sus flores poseen alelos sf, sf, con capacidad de autofecundarse con su mismo polen, a pesar que en esta especie únicamente entre el 1-5% de todas las flores logran formar mazorcas (Wood & Lass, 1985) (Mohanaramya, 2013). Existe un periodo al inicio de las lluvias cuando ocurre la mayor intensidad de fructificación, entre 130-160 días transcurren entre la fertilización y la cosecha de mazorcas, durante los primeros 40 días después de la fertilización, el crecimiento de las mazorcas es lento, luego el crecimiento se acelera (Claus, Vanhove, Van Dame, & Smagghe, 2018).

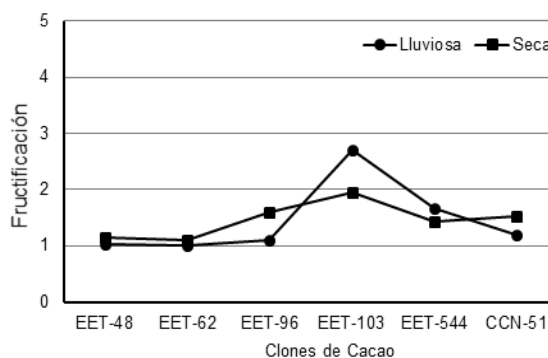


Figura 4. Intensidad de fructificación para interacción clon por época

### COMPORTAMIENTO SANITARIO Y PRODUCTIVO DE LOS CLONES DE CACAO

El número de mazorcas sanas y enfermas registraron diferencias tanto para épocas como también para los clones de cacao ( $p \leq 0.05$ ). Con respecto a las épocas, la época lluviosa registró el doble de mazorcas sanas que en la época seca, con 715.63 mazorcas y un mayor número de mazorcas enfermas con 413.17 mazorcas, este comportamiento se atribuye a las condiciones propias del entorno climático del piedemonte de Guasaganda. El clon de cacao EET-103 presentó el mayor número de mazorcas sanas con un valor acumulado de 794.00 mazorcas, conjuntamente con los clones EET-96 y CCN-51 presentaron el mayor número de mazorcas enfermas con 570.00, 504.50 y 486.75 mazorcas, respectivamente (Tabla 4). El número de escobas de bruja registrado únicamente durante la época seca mostró diferencias para clones ( $p \leq 0.05$ ). El clon que mostró el menor número de escobas de bruja fue el clon EET-48 con 36.00 escobas, mientras que, el más susceptible fue el EET-103 con 46.25 escobas.

**TABLA 4. NÚMERO DE MAZORCAS SANAS, ENFERMAS Y NÚMERO DE ESCOBAS DE BRUJA REGISTRADOS EN SEIS CLONES DE CACAO DURANTE DOS ÉPOCAS DEL AÑO EN LA ZONA DE PIE DE MONTE DE GUASAGANDA, COTOPAXI**

| FACTORES      | MAZORCAS |   | ESCOBAS DE BRUJAS |    |       |    |
|---------------|----------|---|-------------------|----|-------|----|
|               | SANAS    |   | ENFERMAS          |    |       |    |
| <b>ÉPOCAS</b> |          |   |                   |    |       |    |
| LLUVIOSA      | 715.63   | a | 413.17            | a  |       |    |
| SECA          | 413.17   | b | 386.71            | b  | 36.00 | a  |
| <b>Clones</b> |          |   |                   |    |       |    |
| EET-48        | 374.88   | c | 300.38            | c  | 27.25 | c  |
| EET-62        | 294.25   | d | 287.25            | c  | 32.75 | bc |
| EET-96        | 624.00   | b | 504.50            | ab | 36.75 | b  |
| EET-103       | 794.00   | a | 570.00            | a  | 46.25 | a  |
| EET-544       | 648.75   | b | 428.25            | b  | 36.75 | b  |
| CCN-51        | 650.50   | b | 486.75            | ab | 36.25 | b  |
| X             | 564.39   |   | 429.52            |    | 36.00 |    |
| CV(%)         | 6.28     |   | 18.08             |    | 10.57 |    |

**TABLA 5. ÍNDICE DE MAZORCAS, ÍNDICE DE ALMENDRAS Y RENDIMIENTO DE CACAO SECO (KG HA<sup>-1</sup>) EN SEIS CLONES DE CACAO DURANTE DOS ÉPOCAS DEL AÑO EN LA ZONA DE PIE DE MONTE DE GUASAGANDA, COTOPAXI**

| FACTORES      | ÍNDICE  |           | RENDIMIENTO |           |         |                     |
|---------------|---------|-----------|-------------|-----------|---------|---------------------|
|               | MAZORCA | ALMENDRAS | MAZORCA     | ALMENDRAS |         | KG HA <sup>-1</sup> |
| <b>ÉPOCAS</b> |         |           |             |           |         |                     |
| LLUVIOSA      | 19      | a         | 1.53        | a         | 1639.31 | a                   |
| SECA          | 19      | b         | 1.51        | a         | 991.06  | b                   |
| <b>Clones</b> |         |           |             |           |         |                     |
| EET-48        | 19      | b         | 1.63        | b         | 584.58  | d                   |
| EET-62        | 19      | b         | 1.79        | a         | 616.37  | d                   |
| EET-96        | 23      | a         | 1.31        | c         | 1343.00 | c                   |
| EET-103       | 18      | b         | 1.53        | b         | 1851.93 | b                   |
| EET-544       | 23      | a         | 1.36        | c         | 1311.77 | c                   |
| CCN-51        | 13      | c         | 1.61        | b         | 2183.48 | a                   |
| X             | 19.12   |           | 1.53        |           | 1315.18 |                     |
| CV(%)         | 13.28   |           | 7.08        |           | 9.80s   |                     |

El índice de mazorcas e índice de almendras no registraron diferencias para épocas de evaluación pero sí para clones de cacao ( $p \leq 0.05$ ). Respecto a los clones, el clon CCN-51 registró el menor índice de mazorcas respecto a los demás clones con 13 mazorcas para obtener un kilogramos de cacao seco, esto se atribuye al componente genético propio de este genotipo, el mismo que fue inferior a los reportados por (Leiva-Rojas, Gutierrez-Brito, Pardo-Macea, & Ramírez-Pisco, 2019) (Perea, Aranzazu, & Martínez, 2013). El clon de cacao EET-62 presentó el mayor índice de almendras (Tabla 5), con un índice de almendras mediano de 1.61 g, dentro del rango reportados por (Quintana-Fuentes, Gómez Castelblanco, García-Jerez, &

Martínez-Guerrero, 2015). El rendimiento de cacao seco (kg ha<sup>-1</sup>) registró diferencias tanto para las épocas, como también para los clones de cacao ( $p \leq 0.05$ ). La época lluviosa registró un mayor rendimiento de cacao seco, mientras que entre los clones CCN-51 registró el mayor rendimiento de cacao seco con 2183.48 kg ha<sup>-1</sup>, superior al rendimiento reportado por Sánchez-Mora et al., (2015), seguido del clon EET-103 con 1851.93 kg ha<sup>-1</sup>, similar al rendimiento obtenido por Vera et al., (2014), en el clon de ascendencia Nacional L12H27.

### RELACIÓN DEL ENTORNO AMBIENTAL CON LA PRODUCCIÓN Y SANIDAD DEL CULTIVO

La precipitación anual se produce durante la época lluviosa, durante los meses de enero a mayo con valores promedios de 335.9, 454.7, 570.6, 564.5 y 266.8 mm/mes y en algunos casos se extiende hasta junio. Los promedios más altos de precipitación y temperatura se ubicaron durante el primer cuatrimestre de la época lluviosa, entre los meses de enero y abril, mientras que la humedad relativa marcó sus máximos promedios, durante el primer trimestre de la época seca, durante el periodo mayo a julio. La temperatura media anual es de 23,58° (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2009).

La producción anual de mazorcas con relación a los factores climáticos del piedemonte de Guasaganda durante los tres años de evaluación fue muy recurrente. Durante el primer trimestre el número de mazorcas sanas muestra un incremento en la producción de aproximadamente un 20%, supera significativamente al número de mazorcas enfermas, que representa aproximadamente un 30% del total de frutos cosechados, al terminar el trimestre. Durante el segundo trimestre la producción de frutos sanos decrece y es igualada por la producción de mazorcas enfermas en el mes de junio y superada en julio, lo que indica que existió una infección causada por hongos en fructificación a inicios de la época lluviosa, adicional a esto se observa un notable incremento en la humedad relativa y un descenso en la temperatura mensual, lo cual son las condiciones propicias para la infección de frutos en formación (Sánchez-Mora & Garcés-Fiallos, 2012). El tercer trimestre se muestra como el más afectado por las enfermedades de la mazorca donde el mayor pico se manifiesta en el mes de julio lo que provocó la reducción del número de mazorcas sanas. En el último trimestre la producción de mazorcas sanas se recupera respecto a la producción de

mazorcas enfermas que representa apenas un 30% del total de mazorcas cosechadas. Este comportamiento se debe a que esta especie presenta periodos de brotación y de floración que alternan con periodos de reposo vegetativo casi total (Tovar, Ortíz, Rodríguez, & Ortíz, 1991), provocados por las fluctuaciones climáticas locales y por la presencia de musgo en sus tallos.

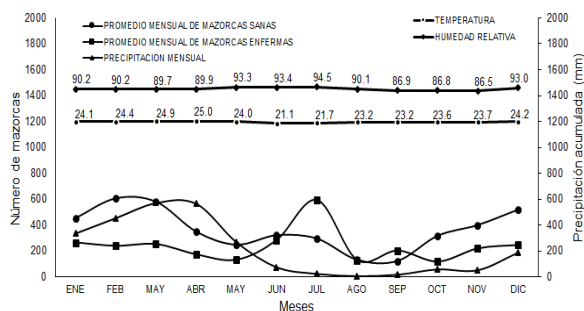


Figura 5. Evolución de la producción de mazorcas en el entorno ambiental del piedemonte de Guasaganda, Cotopaxi, Ecuador.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Las particulares condiciones del piedemonte de Guasaganda, Cotopaxi, Ecuador, como una distribución muy irregular de la precipitación durante todo el año, variaciones en la temperatura promedio mensual y humedad relativa permite pensar en una posible producción de cacao bajo condiciones de manejo intensivo, enfocadas en el control de las enfermedades Monilia y Escoba de bruja y el manejo integral del cultivo con buenas prácticas agrícolas que permitan incursionar con nuevas alternativas de producción.

Los clones CCN-51 y EET-103 se convierten en opciones alternativas válidas para contribuir al desarrollo cacaotero con una productividad comparable con otros ambientes de cultivo bajo condiciones de manejo medianamente intensivo, esto permite avisorar un potencial cacaotero oculto en la zona en cuestión.

### RECOMENDACIONES

Explorar nuevas zonas aptas para el cultivo, que permitan ampliar la frontera agrícola del cacao, que por falta de información se encuentran desocupadas o mantienen sistemas poco rentables para los agricultores que habitan en zonas de piedemonte.

Sembrar los clones de cacao CCN-51 y EET-103 en piedemontes de hasta 512 msnm. en sistemas medianamente intensivos, basados

en buenas prácticas agrícolas que permitan diversificar los ecosistemas y al mismo tiempo crear nuevas fuentes generadoras de ingresos para sus habitantes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A., & Valle, R. (2007). Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19, 425-448. Obtenido de <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400011>
- Alvim, P. (1977). Cacao. En P. Alvim, & T. Kozłowski (Edits.), *Ecophysiology of Tropical Crops*. P. T. (págs. 279-313). New York, USA. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-055650-2.50015-0>
- Alvim, P. T. (1986). Cacao. In: Alvim PT, Kozłowski TT (eds). *Ecophysiology of Tropical Crops*, 279-313.
- Amores et al. (2009). EET-544 y EET-558 Nuevos clones de cacao Nacional para la producción bajo riego en la Península de Santa Elena. Quevedo, Los Ríos, Ecuador: INIAP- Pichilingue.
- Andrade, G. I., & Castro, L. G. (2012). Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia Invitación a una interpretación socioecológica. *Ambiente y Desarrollo*, XVI(30), 53-71. doi:0121-7606(201206)16:30<53:DPT BCC>2.0.TX;2-4
- ANECACAO. (2006). Manual del cultivo de cacao (Primera ed.). (A. N. Cacao, Ed.) Guayaquil, Guayas, Ecuador: ANECACAO(Asociación Nacional de Exportadores de Cacao).
- Bermudez, M. (2010). DINÁMICAS GEOMORFOLÓGICAS DE PIEDEMONTES Y PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE SITIOS ARQUEOLÓGICOS EN EL MAGDALENA MEDIO CALDENSO. *Antropol.sociol.* (12), 253-271.
- Cacho O., H. R. (2004). Dynamic Optimization for Evaluating Externalities in Agroforestry Systems. *Agroforestry*, 2, 139 - 140.
- Chinin, R. (2015). EVALUACIÓN DE TRES FORMAS DE PODAS EN CACAO CCN-51 Y SISTEMA DE RIEGO SUBFOLIAR CON PISTOLA SENNINGER. Guayaquil, Ecuador: Tesis de Pregrado.
- Claus, G., Vanhove, W., Van Dame, P., & Smagghe, G. (2018). Challenges in Cocoa Pollination: The Case of Côte d'Ivoire. *IntechOpen*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.75361>
- Crespo, E. y Crespo, F. (1997). Cultivo y beneficio del cacao CCN-51. Quito, Pichincha, Ecuador: El Conejo.
- Cuenca-Cuenca, E., Puentes-Páramo, Y., & Menjivar-Flores, J. (2019). Uso eficiente de nutrientes en cacao fino de aroma en la provincia de Los Ríos-Ecuador. *Facultad Nacional de Agronomía*, 72(3), 8963-8970. doi:10.15446/rfnam.v72n3.74862



- De Almeida, A. A., & Valle, R. (2007). Ecophysiology of the cacao tree. *Braz. J. Plant Physiol*, 19(4), 425-448.
- De Almeida, A. A., & Valle, R. R. (2008). Ecophysiology of the cacao tree. *Braz. J. Plant Physiol.*, 19(4), 425-448.
- Erwin, J. (2005). Factors Affecting Flowering in Ornamental Plants. En M. B. McDonald, & F. Kwong, *Flower Seeds Biology and Technology* (págs. 87-116). London, UK: CABI Publishing.
- ICONTEC. (2003). Norma Técnica Colombiana, NTC 1252. Bogotá, Colombia.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2009). Anuario Meteorológico del Ecuador. Quito, Ec.: INAMHI.
- Leiva-Rojas, E. I., Gutierrez-Brito, E. E., Pardo-Macea, C. J., & Ramírez-Pisco, R. (2019). Comportamiento vegetativo y reproductivo del cacao. *Fitotecnia Mexicana*, 42(2), 137-146.
- Mohanaramya, M. (2013). "Studies on Floral Biology, Hybridization and Performance of Elite Clones of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Different Locations of Tamil Nadu". Horticultural College & Research Institute.
- Osorio-Solano, C., Orozco-Castaño, C., López-Gartner, G., & Rivera-Páez, F. (2012). Variabilidad genética de *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime y Phillips-Mora, comb. nov. (Agaricales - Marasmiaceae) en variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Acta Agronómica*, 61(2), 93-101.
- Perea, V., Aranzazu, H., & Martínez, G. (2013). Características de calidad del cacao de Colombia. Bucaramanga, Co.: Federación Nacional de Cacaoteros.
- Quintana-Fuentes, L. F., Gómez Castelblanco, S., García-Jerez, A., & Martínez-Guerrero, N. (2015). Caracterización de tres índices de cosecha de cacao de los clones CCN51, ICS60 e ICS 95, en la montaña santandereana, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 254-265.
- Ramírez, G., Torres, E., Cruz, N., Barrera, A., Álava, S., & Jiménez, M. (2016). Biomasa de hojas caídas y otros indicadores de sustentabilidad en asociaciones de especies forestales con cacao "CCN-51" en la zona Central del Litoral ecuatoriano. *Ciencia y Tecnología*, 9(2), 29-39. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.18779/cytuteq.v9i2.20.g9>
- Ramos, R. (2010). Comportamiento de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el sector de Guasaganda, Provincia de Cotopaxi. Quevedo, Los Ríos, Ecuador: (Tesis de Pre-Grado).
- Rhón, F., & Escobar, R. (2003). Diagnóstico de la Situación Agrícola de los Cantones La Maná y Pangua. Quito, Ec.: Centro Andino de Acción Popular.
- Rizo, P. (20 de diciembre de 2009). La importancia del cultivo de cacao. Obtenido de <http://www.sica.gov.ec/cadenas agroindustriales/cacao y café/docs/importancia del cultivo de cacao.htm>
- Sadeghian, S., Rivera, J. M., & Gómez, M. E. (1998). Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*, (págs. 77-95). Roma, Italia.
- Sánchez-Mora, F. et al. (2013). ZEOLITAS EN LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA DEL CACAO CCN-51 ASOCIADO CON CUATRO ESPECIES MADERABLES. *Ciencia y Tecnología*, 6(2), 21-29.
- Sánchez-Mora, F., & Garcés-Fiallos, F. (2012). *Moniliophthora rozeri* (Cif y Par) Evans et al. en el cultivo de cacao. *Scientia Agropecuaria*, 3, 249-258.
- Sánchez-Mora, F., Medina-Jara, M., Díaz-Coronel, G., Ramos-Remache, R., Vera-Chang, J., Vásquez-Morán, V., . . . Onofre-Nodari, R. (2015). Potencial sanitario y productivo de 12 clones de cacao en Ecuador. *Fitotecnia Mexicana*, 38(3), 265-274.
- Sánchez-Mora, F., Zambrano-Montúfar, J., Vera-Chang, J., Ramos-Remache, R., Garcés-Fiallos, F., & Vásquez-Montúfar, G. (2014). Productividad de clones de cacao tipo Nacional en una zona del bosque húmedo tropical de la Provincia de Los Ríos, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 7(1), 33-41.
- SAS Institute. (2016). SAS/STAT Guide for personal computers. Versión 9.4. Cary, NC: SAS.
- Stevenson, C., & Corven, J. (1993). Manual para el análisis de cacao en el laboratorio. San José, Costa Rica: IICA.
- Taiz, E., & Zeiger, L. (2006). *Fisiología Vegetal 2* (Vol. 10). Los Ángeles: Universidad de California.
- Tovar, G., Ortiz, V., Rodríguez, J., & Ortiz, M. (1991). Estudio del comportamiento de la brotación foliar, la floración y la fructificación del cacao. *Agronomía Colombiana*, 8(1), 95-104.
- Vera, J., & Goya, A. (2015). Comportamiento agronómico, calidad física y sensorial de 21 líneas híbridas de cacao (*Theobroma cacao* L.). *La Técnica*(15), 26-37.
- Vera, J., Suárez, C., & Mogrovejo, E. (1984). Descripción técnica de algunos híbridos y clones de cacao recomendados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Quevedo, Ec.: Estación Experimental Tropical Puchilingue.
- Vera, J., Vallejo, C., Párraga, D., Morales, W., Macías, J., & Ramos, R. (2014). Atributos físico-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.
- Wood, G., & Lass, R. (1985). *Cocoa* (4th. ed.). (J. Wiley, & Sons, Edits.) Oxford, United Kingdom.