

Calibración de huerto en cacao (*theobroma cacao* L.) con diferentes métodos reproductivos y su efecto en el cambio climático

Calibration of orchard in cocoa (*theobroma cacao* L.) with different reproductive methods and their effect on climate

 <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v10.n1.2026.38-49>

Recibido: 10-09-2025 **Aceptado:** 11-12-2025 **Publicado:** 25-01-2026

Jaime Fabián Vera-Chang^{1*}

 <https://orcid.org/0000-0001-6127-2307>

Luis Humberto Vásquez Cortez²

 <https://orcid.org/0000-0001-6127-2307>

María Jumbo Tejena³

 <https://orcid.org/0009-0003-8811-9136>

Daniel Arias Toro⁴

 <https://orcid.org/0000-0002-8167-2196>

1. Contabilidad y Auditoría en la Universidad Estatal del Sur de Manabí; Jipijapa, Ecuador.

2. Docente Investigador de la Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Agroindustria; Babahoyo, Ecuador.

3. Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Carrera de Ingeniería en Alimentos: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; Quevedo, Ecuador.

4. Docente Investigador de la Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Agroindustria; Babahoyo, Ecuador.

Volumen: 10

Número: 1

Año: 2026

Paginación: 38-49

URL: <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/1068>

***Correspondencia autor:** jverac@uteq.edu.ec

RESUMEN

El efecto de la calibración del huerto en el cacao (*Theobroma cacao L.*) Nacional, Forastero y Trinitario fueron estudiados. Para lo cual se utilizó un diseño de bloque generalizado (DBG) con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Los parámetros productivos basados en el NMS (número de mazorcas sanas), NME (número de mazorcas enfermas) y MT (mazorcas totales) de cada variedad no presentaron diferencias significativas según la prueba de Tukey a ($p \geq 0.05$), obteniéndose valores de NMS(12,59) NME(2,54) MT(15,14) respectivamente con estos datos se proporciona un rendimiento calibrado que sí muestra significación estadística entre sus tratamientos siendo el de mayor valor T1 (Trinitario) (2245,42 kg/ha/año) y el valor más bajo es T2 (Nacional) (1681.60 kg/ha/año), teniendo en cuenta que estos resultados se tomaron cuando el ambiente tenía una temperatura máxima de 29°C, una mínima de 22,07 °C, y teniendo un promedio de 24.97 °C, con una humedad promedio de 85.83%. Para las características fisiofenológicas del cacao, tenemos un número promedio de vainas totales de 15.14. En el quinto mes, las mazorcas presentaron promedios más altos en cuanto a los datos para la longitud, el valor más alto fue T1 (Trinitario) con 24.15 y el más bajo fue T2 (Nacional) con 22.03, en términos de ancho el valor más alto fue T1 (Trinitario) (10.30) y el valor más bajo (T2) (Nacional) (9.13). Este estudio es importante porque nos permite predecir los próximos rendimientos a nivel de campo, guiados por la calibración y los parámetros climáticos.

Palabras clave: Parámetros climáticos 1, Parámetros productivos 2, Parámetros agronómicos 3.

ABSTRACT

The effect of orchard calibration on cacao (*Theobroma cacao L.*) Nacional, Forastero, and Trinitary were studied. For which a generalized block design (DBG) with three treatments and four repetitions was used. The productive parameters based on the NMS (number of healthy ears), NME(number of diseased ears), and MT(Total ears) of each variety did not present significant differences according to the Tukey test at ($p \geq 0.05$), obtaining values of NMS(12.59) NME(2.54) MT(15.14) respectively with these data a calibrated performance is provided that does show statistical significance between its treatments being the one with the highest T2 value (Trinitary) (2245.42 kg /ha/year) and the lowest value is T3 (National) (1681.60 kg/ha/year), taking into account that these results were taken when the environment had a maximum temperature of 29°C, a minimum of 22, 07 °C, and having an average of 24.97 °C, with an average humidity of 85.83%. For the physio-phenological characteristics of cocoa, we have an average number of total pods of 15.14. In the fifth month, the ears presented higher averages concerning the data for the length, the highest value was T1 (Trinitary) with 24.15 and the lowest was T2 (National) with 22.03, in terms of width the highest value was T1 (Trinitary) (10.30) and the lowest value (T2) (National) (9.13). This study is important because it allows us to predict the next yields at the field level, guided by calibration and climatic parameters.

Keywords: Climatic parameters 1, Productive parameters 2, Agronomic parameters 3.



Creative Commons Attribution 4.0
International (CC BY 4.0)

Introducción

Desde hace unos 50 años, junto con informes de ICCO (la Organización Internacional del Cacao), la producción y consumo de cacao (*Theobroma cacao L.*) ha crecido rítmicamente en un promedio de 2.5% anual, a pesar de las alteraciones existentes en la producción tanto en costos como especialmente en factores climáticos, este último ha afectado a grandes productores en varios continentes, la producción mundial de cacao gira en torno a países africanos (Costa de Marfil y Ghana, Camerún y Nigeria) que son los mayores productores y de quienes dependen en gran medida los precios internacionales de este producto (Baratau, 2017). Esto demuestra el liderazgo del continente africano en la producción de cacao, alcanzando un 63,2 %, mientras que América Latina cuenta con una producción del 14,1 % (Brasil, Ecuador, Perú, Colombia y República Dominicana), Asia con un 17,4 % (Indonesia y Papúa Nueva Guinea) y Oceania con un 5 %. (Philip, et al., 2019).

Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el planeta es un grado centígrado más cálido que antes de que estallara la industrialización. La temperatura global promedio en los primeros 10 meses de 2018 fue de 0.98 grados por encima de los niveles que existían entre 1850 y 1900, según los registros de cinco agencias independientes, se han registrado los 20 años más calurosos de la historia desde que comenzaron las mediciones. Si esta tendencia continúa, las temperaturas globales aumentarán entre 3 ° C y 5 ° C para el año 2100 (BBC News Mundo, 2018).

El CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) desarrolló un gradiente de impacto del cambio climático para la producción de cacao. De lo contrario, cambios climáticos similares pueden resultar en impactos severos o irrelevantres dependiendo de las condiciones climáticas históricas (Castro et al., 2019). En su temperatura de 2,1° C, el cultivo se verá más afectado por la falta

de humedad; el aumento de la temperatura irá acompañado de una mayor evaporación del agua del suelo y las plantas, pero no de un aumento de las precipitaciones para compensar esa evaporación. Si esto sucediera, la producción de cacao comenzaría a disminuir y miles de personas optarían por buscar nuevas alternativas de subsistencia

Por el lado del consumidor, Ibáñez (2018), considera que una disminución en la producción conduciría a un aumento en el precio del producto y subproductos como el chocolate. Por lo antes expuesto, el objetivo del presente trabajo, tuvo como objetivo, estudiar la calibración de huerto en cacao con diferentes métodos reproductivos y su efecto en el cambio climático.

Materiales y métodos

Localización

La investigación se realizó en la Finca Experimental "La Represa" de la Universidad Técnica del Estado de Quevedo, ubicada en el km 7,5 del recinto "Faita" en la vía Quevedo - San Carlos, provincia de Los Ríos. Su situación geográfica es 1°03'18" latitud sur y 79°25'24" longitud oeste, a una altitud de 73 msnm (Vasquez et al., 2022).

Variables evaluadas y gestión de ensayos

Variables climáticas

Datos meteorológicos de la finca experimental "la Represa" para 2017, 2018 y 2019 siguiendo la metodología propuesta por Montoya (2012).

Número de mazorcas sanas (NMS) y número de mazorcas enfermas (NME)

El número total de mazorcas sanas y fisiológicamente maduras por árbol se contará de acuerdo con la frecuencia de cosecha (Vera & Salazar, 2021). Del mismo modo, para las mazorcas sanas, las mazorcas enfermas se contaron separándolas en diferentes recipientes (Vera & Salazar, 2021).

Total de mazorcas (TM)

En esta variable se contaron todas las mazorcas (sanas y enfermas), se realizó durante el periodo de la cosecha, para ello se utilizó un registro de cosecha que consiste en contar el número de mazorcas de las plantas seleccionadas de cada unidad experimental, luego se promedian los datos (Quezada et al., 2017).

Rendimiento (R)

Se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$R = \left(\frac{Nm}{IM} \right) \times Np$$

R= Rendimiento.

N_m= Número de mazorcas por planta.

IM= Índice de mazorca.

N_p= Número de plantas por hectárea.

Índice de mazorca (MI)

Este es el número de vainas maduras y sanas de cada genotipo necesarias para obtener un kg de cacao seco. Para su cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$IM = \frac{\text{Número de 20 mazorcas} \times 100}{\text{Peso (g) de las almendras secas}}$$

Índice de semillas (SI)

Es el peso de un grano fermentado y seco. Para determinar esta característica, se registró el peso en gramos de 100 almendras tomadas al azar. A efectos de cálculo, se aplicó la siguiente fórmula:

$$IS = \frac{\text{Peso (g) de 100 almendras}}{100 almendras}$$

Longitud de Mazorca

A 10 mazorcas seleccionadas al azar de cada tratamiento, se procede a medir con

la ayuda de un calibrador, para proceder a calcular el promedio (Lagunes et al., 2018).

Ancho de la mazorca

Consistió en medir con la ayuda de un calibrador a las 10 mazorcas seleccionadas al azar de cada tratamiento en la zona de estudio (Lagunes et al., 2018).

Peso de la mazorca

Después de la cosecha, se seleccionaron al azar 20 mazorcas de cada tratamiento, para luego ser pesadas en una balanza de precisión y se registró el peso (Chacón et al., 2007).

Análisis de componentes principales

El método de análisis de varianza se utilizó en un diseño de bloque generalizado (DBG), con tres tratamientos, pertenecientes al programa de cacao de la Dirección de Investigación Científica y Tecnológica de la UTEQ, y un control (Forastero) con 4 repeticiones.

Análisis de componentes principales (PCA)

Se aplicó APC para obtener diagramas de dispersión (biplots) de las variables cuantitativas agrupadas según sus componentes óptimos de los perfiles productivos y físicos aplicando la siguiente fórmula:

$$rij = \frac{cov(F_i, F_j)}{\sqrt{var(F_i)var(F_j)}}$$

Resultados

Variable climática

Esta comparación de las medias de los datos climáticos para los tres años indica lo siguiente:

La temperatura media del aire °C para el año 2017 es de 24.9 °C siendo mayor para el año 2018 con 24.55 °C y esta, más baja para el año 2019 con 24.97 °C siendo la temperatura media más alta de los tres años. Para la temperatura máxima, el año 2017 se

obtiene 30.06 °C siendo el más alto de los 3 años, 2018 siendo el más bajo con 29.53 °C, y 2019 con una temperatura máxima de 29.85 °C. Del mismo modo, la temperatura mínima para el año 2017 es de 22.18 °C seguida del año 2018 es de 21.71 °C siendo la mínima más baja de los 3 años, en 2019 tenemos 22.07 °C. La oscilación para el año 2017 es de 7,89 °C siendo el valor más alto, seguido del año 2018 con 7,81°C y el año 2019 con 7,19 °C siendo el valor más bajo (Tabla 1).

La humedad relativa media que tenemos para el año 2017 fue de 85,58 %, en el año 2018 siendo el 84,33 % la media con el valor más bajo, y el año 2019 con un 85,83 % mostrando el año con el valor medio más alto. En consecuencia, la humedad máxima menciona que para el año 2017 y 2019 es de 96.83% que para 2018 indica 96.33 %. Por último, la humedad mínima para el año 2017 tiene un valor de 62,25 % indicando que es el valor más bajo seguido del año 2018 con 62,75 %, y el año 2019 con 64,50 % indicando que es la humedad mínima más alta (Tabla 1).

Tabla 1.

*Condiciones climáticas anuales durante los años (2017-2019) de evaluación de progenies de *T. cacao* en el área de Quevedo de Ecuador*

| Condiciones Climáticas | Finca Experimental “La Represa” | | | Promedio |
|---------------------------------|-----------------------------------|--------|--------|----------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | |
| Temperatura del aire °C. | <i>Media</i> | 24,90 | 24,55 | 24,97 |
| | <i>Máxima</i> | 30,06 | 29,53 | 29,85 |
| | <i>Mínima</i> | 22,18 | 21,71 | 22,07 |
| | <i>Oscilación</i> | 7,89 | 7,81 | 7,19 |
| Relative Humidity | <i>Media</i> | 85,58 | 84,33 | 85,83 |
| | <i>Máxima</i> | 96,83 | 96,33 | 96,83 |
| | <i>Minima</i> | 62,25 | 62,75 | 64,50 |
| | <i>Heliofanía/horas/luz/anual</i> | 73,38 | 67,10 | 66,96 |
| <i>Evaporación (mm)</i> | 86,54 | 92,41 | 81,27 | 86,74 |
| | <i>Precipitación (mm)</i> | 272,56 | 144,22 | 249,98 |
| | | | | 222,25 |

Nota: Se muestran promedios de 3 años de las condiciones climáticas.

Parámetros de producción

En los resultados obtenidos, en el número de mazorcas sanas, número de mazorcas enfermas y mazorcas totales, se observó que no existió diferencia significativa ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos para las variables antes mencionadas.

En cuanto al rendimiento, al existir diferencia significativa ($p < 0,05$) se demostró que el T2 obtuvo el mayor rendimiento con 2245,42 kg/ha/año, mientras que, el T3 presentó un rendimiento inferior 1681,60 kg/ha/año.

Tabla 2.

*Medias estadísticas de los parámetros de producción de cacao (*T. cacao*)*

| Tratamientos | NMS | NME | MT | RENDIMIENTO/ HA/AÑO Calibrado | PRODUCIR /HA/AÑO Real |
|--------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| T0 | 12,02 ^a | 2,65 ^a | 14,67 ^a | 1864,25 ^b | 1219,52 ^b |
| T1 | 14,06 ^a | 2,62 ^a | 16,43 ^a | 2245,42 ^a | 1284,14 ^a |
| T2 | 11,69 ^a | 2,36 ^a | 14,31 ^a | 1681,60 ^c | 1015,52 ^c |
| Promedio | 12,59 | 2,54 | 15,14 | 1930,42 | 1173,06 |
| C.V. | 0,10 | 0,06 | 0,07 | 0,15 | 0,12 |

Nota: Se muestra el rendimiento calibrado frente al rendimiento ha/año.

Parámetros del fruto

En el índice de mazorca no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0,05$) entre los tratamientos estudiados, sin embargo, se observó el mayor valor en T3 (23,17) mientras que el T2 situó el valor más bajo (20,87), En cuanto a la variable de índice semilla,

no hubo significación estadística ($p \geq 0,05$) entre los tratamientos T0 y T2 con un valor de 1,17, lo que, a diferencia de T2, indica que sí significación estadística presentando un valor superior (1,22). En relación, al peso de la mazorca se observó que no hubo significación estadística entre los tratamientos.

Tabla 3.

Parámetros del fruto de cacao Nacional, forastero y Trinitario (IM; Índice de mazorca, IS; índice de semilla, PM; peso de mazorca)

| Tratamientos | IM | IS | PM |
|--------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| T0 | 21,49 ^a | 1,17 ^a | 701,38 ^a |
| T1 | 20,87 ^a | 1,22 ^b | 749,50 ^a |
| T2 | 23,17 ^a | 1,17 ^a | 691,38 ^a |
| Promedio | 21,18 | 1,39 | 714,09 |
| C.V. | 2,1% | 24% | 4,4% |

Nota: Se muestran los siguientes parámetros (MI; índice de la mazorca, IS; índice de semilla, PM; peso de mazorca); de tres variedades de cacao.

Calibración de los frutos

En cuanto al largo de la mazorca (fruto), en el primer y cuarto mes de estadio, no presentaron significancia estadística ($p \geq 0,05$) entre los tratamientos estudiados. Mientras que, en el segundo mes se demostró que el

T2 con 10,39 fue estadísticamente diferente ($p \geq 0,05$) del T0 que posicionó el menor tamaño. Además, en el quinto mes (mes de cosecha) existió significancia estadística indicando el mayor valor en el T0 con 24,15 y con menor valor en el T2 con 22,30.

En relación al ancho de las vainas de cacao, en el primer, cuarto y quintos mes, los tratamientos no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0,05$). Mientras que, en el segundo mes, los tratamientos presentaron diferencia significativa ($p \geq 0,05$), situando el valor más alto en

el T2 (4,88) y el valor más bajo en el T1 (2,81), con un promedio de 3,58 y un coeficiente de variación del 31,7%. En cuanto al tercer mes, se determinó que los T0 y T2 con 7,9 fueron estadísticamente diferente ($p \geq 0,05$) al T2 con 6,28 que obtuvo un valor inferior.

Tabla 4.

Calibración de los frutos Nacional, Forastero y Trinitario en cada una de sus respectivas etapas

| MAZORCAS | | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------|--|
| Trataemientos | 1° Mes | | 2° Mes | | 3° Mes | | 4° Mes | | 5° Mes | | |
| | Largo | Ancho | Largo | Ancho | Largo | Ancho | Largo | Ancho | Largo | Ancho | |
| T0 | 6,30 ^a | 2,05 ^a | 8,55 ^b | 3,04 ^{ab} | 15,28 ^a | 7,90 ^a | 18,58 ^a | 8,29 ^a | 24,15 ^a | 9,70 ^a | |
| T1 | 6,48 ^a | 1,95 ^a | 9,39 ^{ab} | 2,81 ^b | 14,99 ^a | 7,88 ^a | 19,59 ^a | 8,45 ^a | 23,59 ^{ab} | 10,33 ^a | |
| T2 | 6,16 ^a | 1,89 ^a | 10,39 ^a | 4,88 ^a | 14,52 ^a | 6,28 ^b | 19,55 ^a | 8,54 ^a | 22,30 ^b | 9,13 ^a | |
| Promedio | 6,313 | 1,96 | 9,44 | 3,58 | 14,93 | 7,35 | 19,24 | 8,43 | 23,35 | 9,72 ^a | |
| C.V. (%) | 2,5% | 4,1% | 9,8% | 31,7% | 2,6% | 12,6% | 3,0% | 1,5% | 4,1% | 6,2% | |

Nota: Esta tabla muestra la calibración o medición de mazorcas durante los cinco meses del estudio.

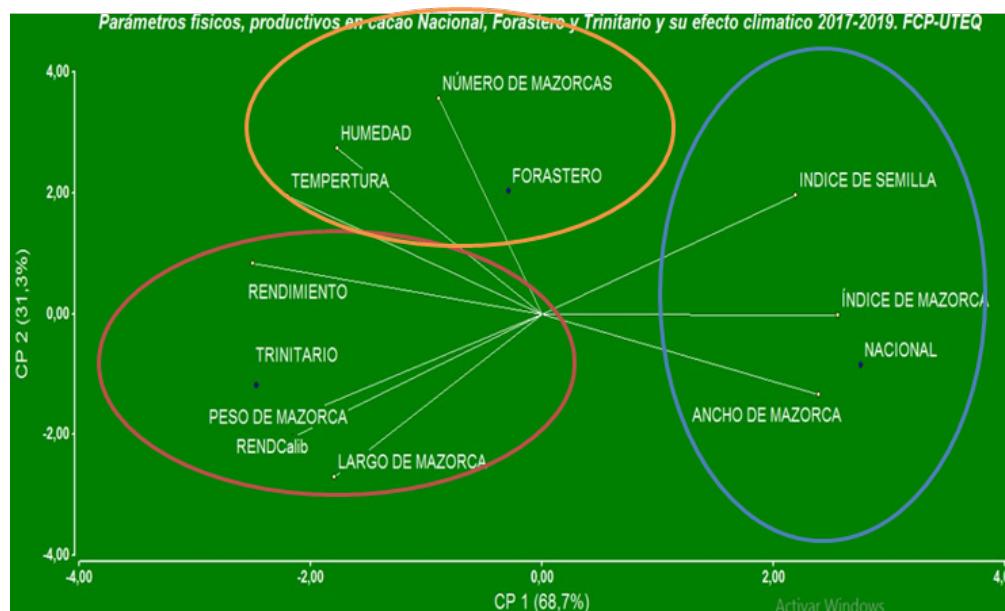
Análisis de componentes principales

Mediante el APC compara los parámetros físicos, productivos y climáticos y se obtuvo que la calidad física como IS, IM y AM tienen mayor influencia y menor influencia en la temperatura y humedad para la variedad Nacional, a diferencia de la variedad Forastero, que muestra mayor contribución en temperatura, humedad y número de ma-

zoras. En cuanto a la variedad Trinitario, El peso de la mazorca está relacionado con el rendimiento calibrado también muy cerca del rendimiento real y la longitud de la mazorca, teniendo en cuenta la suma de los dos componentes nos da un total del 100% de la variabilidad total existente que nos permitió tener una mayor relación (figura 1).

Figura 1.

Análisis de componentes principales (PCA).



Nota: Análisis de componentes principales de parámetros físicos y productivos y su efecto sobre el cambio climático para los diferentes genotipos en estudio.

Discusión

Variable climática

Las condiciones climáticas, determinadas en estudio, se encuentran dentro de lo establecido por Zamora et al., (2022), quienes, en su investigación, enfatizan la importancia de considerar las condiciones climáticas a fin de revenir y reducir la generación de los suelos tanto en el sector agrícola como para desforestación.

Parámetros de producción

Los datos reportados en el número de mazorcas sanas, son similares a lo determinado Fernández et al., (2020), quienes en clones T23, INIAP 484 y T13 indicaron una pequeña producción (30-194 mazorcas sanas) en los meses marzo-abril y un pico máximo en septiembre, con los clones T11, T8 y T1 demostraron la mayor producción de mazorcas sanas, mientras que los clones menos productivos fueron T23, INIAP 484 y T13. Los microorganismos que se uti-

lizan como método de control y que efectivamente según la literatura encontrada, tienen una alta eficiencia en la reducción de las dos enfermedades más devastadoras en los cultivos de cacao (moniliasis y escoba de bruja). Por otro lado, Tirado et al. (2016), indican que, los agentes de biocontrol más utilizados son los hongos (*Trichoderma sp*) y bacterias (*Bacillus sp*), que desarrollan procesos metabólicos y pueden ser utilizados como control biológico.

En el estudio realizado por Fernández et al. (2020), informaron que los clones más vulnerables y con mayor tasa de mazorcas enfermas fueron T23, INIAP 484, T24 y T13 (50-60 %). Mientras que, los clones menos susceptibles fueron T11, PMA 12, T8 y T1 (5-27%). A diferencia, de los clones CCN51 y T1 con la mayor cantidad de mazorcas enfermas encontradas por Cortez et al. 2017, mientras que los que mostraron el menor número de mazorcas enfermas fueron clones T8, PMA 12 y T11 respectivamente. Según Vera & Goya (2015), muchos factores

afectan el número final de frutos, entre ellos se encuentra el "marchitamiento cherelle" o muerte prematura, que puede destruir los frutos en su primera etapa y reducirlos del 20 al 90%.

Según el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, (2019), informan que el híbrido Chocotab ha sido estadísticamente superior a sus padres, con un promedio de 45 frutas / planta / año en cinco años de evaluación. Su índice de frutos es 22 similar al UF 273, pero superior al PA 169 con 26 frutos. Estivarez & Maldonado (2019), afirman que el número de mazorcas presentes no es un buen indicador de rendimiento, porque muchas mazorcas de algunos árboles producen más semilla de cacao que otras.

Para Barrenzueta, (2019), los rendimientos de cacao fueron mayores en CCN51 obtenido del cantón El Guabo (4 158,34 kg/ha/a \pm 200,34 kg/ha/a) y el más bajo significativamente en el cantón Santa Rosa (2 570,24 kg/ha/a \pm 1 051,05 kg/ha/a). En el cacao nacional fueron más altos en Machala (814.17 kg/ha/ha/año \pm 598.72 kg/ha/año) y más bajos en Pasaje (324.00 kg/ha/año \pm 297.06 kg/ha/año). Según Hernández, (2016), en este sentido, muestra que las enfermedades fúngicas, mal manejo, material genético no óptimo y poco uso de insumos en la producción de cacao orgánico producen sistemas de baja producción (Quiroz & Amores, 2002).

Parámetros del fruto

El índice de mazorca es un carácter significativo en la industria y en la elección del material para el mejoramiento genético, siendo preferible elegir materiales con un índice inferior a 20 mazorcas (Vera et al., 2014). Como indicador de productividad el estándar internacional para el índice de mazorcas es de 25 para obtener un kg de grano seco (Nicasio et al., 2017).

Según Vera et al., (2019), la calidad física de almendras en veintiún cruces interclonales de cacao en Ecuador, presentaron valores

cercanos a 1.41 - 0.97, obteniendo un promedio de 1.25. Estivarez & Maldonado, (2019) indican que existe variabilidad entre genotipos relacionados con este índice, como tal, los cacaos tipo Trinitario presentan un índice de semilla menor que el tipo Forastero.

El peso de semilla, está relacionado con obtenido por González et al., (2019), donde el peso promedio de mazorca y el porcentaje de cáscara fueron 732.8 g y 81.8%, cabe señalar que el porcentaje de la cáscara de cacao puede variar de 52 - 76% (Chang y Cho et al., 2013). De acuerdo con Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, (2019) presentan pesos promedios que varían de 261g a 454 g. Por otro lado, Nicasio et al., (2017), comentan que existe una relación entre el grado de madurez de la mazorca con el peso de los granos, y cuanto mayor es la madurez de la espiga, mayor es el peso de los granos.

Calibración de los frutos

Según Nicasio et al. (2017), quien en sus estudios realizados en mazorcas del quinto mes en la caracterización fenotípica promedio y desviación estándar de longitud de fruto determinó valores de $20,8 \pm 0,88$ indicando resultados similares a los obtenidos en este estudio. Además, situó un ancho del fruto de 9,10.

Análisis de componentes principales

El clima presenta un rango moderado para el cultivo de cacao, sin embargo, en determinados meses del año, se tienen picos altos de temperatura y precipitación máxima, que han influido en la presencia de plagas como la monilia. El relieve en todos los sistemas analizados presentó superficies planas, menores al 2 % de pendiente, lo cual denota un bajo riesgo de deslizamiento de suelos (Albiño, 2020). Como se ha evidenciado que, a pesar de que el cacao criollo es una variedad que presenta un genotipo único siendo esta una de las que brindan chocolate de sabor fino, se han introducido híbridos más vigorosos con ma-

yor rendimiento agronómico y menor susceptibilidad a enfermedades, como lo es el Trinitario (López et al., 2021).

Conclusiones

Los parámetros productivos basados en el NMS, NME y MT de cada variedad no presentaron diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p \geq 0,05$), obteniéndose valores promedio de (12,59) (2,54) (15,14) respectivamente con estos datos se proporciona un rendimiento calibrado que sí muestra significación estadística entre sus tratamientos siendo el valor más alto T2 (2245,42 kg/ha/año) y el valor más bajo T2 (1681,60 kg/ha/año) teniendo en cuenta que estos resultados se tomaron cuando el ambiente poseía una temperatura máxima de 29°C., una mínima de 22.07°C, y un promedio de 24.97°C, con una humedad promedio de 85.83%.

La evaluación tomada a partir de las características fisiofenológicas del cacao tenemos un número promedio de mazorcas totales de 15.14 acumulando mazorcas sanas y enfermas entre tratamientos mencionando que en los meses de estudio hubo producción media y baja, con la calibración se determinó que las mazorcas del segundo mes indican una significación estadística entre su tratamiento en longitud y anchura siendo el valor más alto el T2(10,39 - 4.88), el valor más bajo para la longitud fue T0 (8.55) y para el ancho T1 (2.81), para los meses tres y cuatro no hubo diferencia significativa, pero en el quinto mes, las mazorcas indican lo siguiente para la longitud el valor más alto fue T1 (24.15) y el más bajo fue T2 (22.03), para el ancho, el valor más alto fue T1 (10.30) y el valor más bajo fue T2 (9.13).

Para validar este proceso de calibración, se procedió a realizar un ACP para comparar los parámetros físicos, productivos y climáticos, lo que se obtuvo fue que la calibración tiende a ser más aceptada por la variedad Trinitario, en cuanto a la variedad que tiene más relación con el clima es la Forastero obtenida en esta investigación con este estudio

donde cada tratamiento fue rigurosamente seleccionado para identificar las variedades evaluadas, determinando su veracidad y cuán confiable es todo este proceso.

Bibliografía

- Albiño, J. (2020). Los sistemas de producción de cacao del cantón Shushufindi y su resiliencia al cambio climático. *Revista Latinoamericana de Estudios SocioAmbientales*, 27, 90–114. <https://revistas.flacsoandes.edu.ec/letrasverdes/article/view/4147>
- Barrenzuela, S. (2019). Propiedades de algunos suelos cultivados con cacao en la provincia El Oro, Ecuador. *Biotecnología y Ciencias Agropecuarias*, 14(1), 155–166. <https://doi.org/https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1210>
- Baratau, P. (05 de 2017). Competitividad del Cacao Ecuatoriano. Valencia, Ecuador.
- BBC News Mundo. (2018, 29 de noviembre). Cambio climático: el planeta es un grado más cálido que antes de la industrialización. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46386663>
- Castro, A. P., Lundy, M., & Wiegel, J. (2019). Diferenciación de los impactos del cambio climático sobre el cacao en Centroamérica. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <https://hdl.handle.net/10568/101344>
- Chacón, I., Gómez, C., & Márquez, V. (2007). Caracterización morfológica de frutos y almendras de plantas de cacao (*Theobroma cacao L.*) en la región suroccidental de Venezuela. *Revista de La Facultad de Agronomía de La Universidad Del Zulia*, 24(1), 202–207. <https://produccionscientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26704>
- Chang, K., & Cho, Y. (2013). The Impact of Climate Change on Cocoa Production and Global Market Prices. *International Journal of Agricultural Economics and Rural Development*, 6(1), 12–25.
- Estivarez, M., & Maldonado, C. (2019). Criterios de selección para cacao Nacional Boliviano (*Theobroma cacao L.*) en alto Beni- Bolivia. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 6(2), 29–36. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182019000200005&script=sci_abstract&tlang=es

- Fernández, W., Valencia, E., Reynel, V., Bolaños, M., & Flores, H. (2020). Actividad fotosintética de diez clones de cacao Nacional y su relación con el rendimiento. *Revista ESPAMCIENCIA*, 11(1), 19–27. [https://doi.org/https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v11i1.202](https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v11i1.202)
- González, E. G., Milena, A., Murillo, S., Armando, D., Pantoja, C., Aricapa, G. M., Rodríguez, C. M., Alejandra, G., & Narváez, O. (2019). Estudio de la fermentación espontánea de cacao (*Theobroma Cacao L.*) y evaluación de la calidad de los granos en una unidad productiva a pequeña escala. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 6(1), 41–51. <https://doi.org/10.23850/24220582.1635>
- Hernández, J. (2016). Incidencia de la escoba de bruja (*Crinipellis perniciosa*) sobre el rendimiento de dos agroecosistemas de cacao con diferentes condiciones de manejo. *Biagro*, 28(1), 59–64. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612016000100008#:~:text=La incidencia de la enfermedad escoba de bruja fue mayor,sistematiza de manera más tecnificad
- Ibáñez, M. (2018). El mercado del cacao en el mundo. [Tesis de Grado o Trabajo de Investigación]. Universidad Externado de Colombia.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, A. y P. (2019). Investigaciones científicas y agro-tecnológicas para la seguridad alimentaria (J. Martínez & C. Hernández (eds.); 1st ed., Issue December). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <http://www.reunioncientificatabasco.org.mx/pdf/2019/InvestCientifAgro2019.pdf>
- Lagunes, L. C., Ramírez, M., Ortiz García, C. F., & Gutiérrez, O. A. (2018). Variación morfológica de frutos y semillas de cacao (*Theobroma cacao L.*) de plantaciones en tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(2), 117–125. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.2.117-125>
- López, N., Duarte, J., Nino, J., Rozo, Y., Huerfano, J., & Posso, J. (2021). Cacao Criollo: Su importancia para la gastronomía, el turismo, cambio climático y algunas preparaciones a base de sus residuos. *Revista TURPADE*, 13(7), 1–16. <https://revistaturpade.lasallebajio.edu.mx/index.php/turpade/article/view/30>
- Montoya, M. (2012). Evaluación de 36 clones élitres de cacao (*Theobroma cacao L.*) Tipo Nacional y Trinitario, procedentes de huertas tradicionales de la cuenca alta del río guayas. In *Biomédica* (Vol. 31, Issue sup3.2). <https://doi.org/10.7705/biomedica.v31i0.529>
- Nicasio, J., Guerrero, Q., Miguel, R., & Batista, G. (2017). Determinación del efecto del grado de madurez de las mazorcas en la producción y la calidad sensorial de (*Theobroma cacao L.*). *Revista Científica Agro- Ecosistemas*, 5(1), 36–46. https://www.researchgate.net/publication/323199987_Determinacion_del_efecto_del_grado_de_madurez_de_las_mazorcas_en_la_produccion_y_la_calidad_sensorial_de_Theobroma_cacao_L
- Philip, A., Tamara, B., Gary, B., Marcia, C., Marieke, F., Colleen, K., . . . Michael, W. J. (2019). Análisis de la cadena productiva del cacao en Colombia. USAID, USDA. Colombia: CIAT; PURDE University. Obtenido de <https://www.purdue.edu/colombia/partnerships/cacaoforpeace/docs/2019FinalCacaoReport-Spanish.pdf>
- Quezada, Quevedo, J., & García, R. (2017). Determinación del efecto del grado de madurez de las mazorcas en la producción y calidad sensorial de (*Theobroma cacao L.*). *Revista Científica Agroecosistemas*, 5(1), 36–46. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/139/173>
- Quiroz, J., & Amores, F. (2002). Rehabilitación de plantaciones tradicionales de cacao en Ecuador. *Catie*, 63, 73–80. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6771#:~:text=La rehabilitación consiste en la,el período productivo de las>
- Tirado, P., Lopera, A., & Ríos, L. (2016). Estrategias de control de *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* en *Theobroma cacao L.*: revisión sistemática. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(3), 417–430. https://doi.org/https://doi.org/10.21930/rcta.vol17_num3_art:517
- Vasquez, L., Vera, J., Erazo, C., & Intriago, F. (2022). Induction of *rhizobium japonicum* in the fermentative mass of two varieties of cacao (*Theobroma Cacao L.*) as a strategy for the decrease of cadmium. *International Journal of Health Sciences*, 6(3), 18. <https://doi.org/http://doi.org/10.53730/ijhs.v6n3.8672>
- Vera, J., Ramos, R., Sánchez, F., Chévez, H., Veliz, B., & Pinargote, J. (2019). Caracterización física y sensorial de treinta materiales élitres de cacao (*Theobroma cacao L.*) en la cuenca alta de río Guayas – Ecuador. *CONAMTI*, 5(22), 115–124. [file:///C:/Users/Usuario_Cx/Downloads/ARTICULO18_Veraetal2018 \(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario_Cx/Downloads/ARTICULO18_Veraetal2018 (1).pdf)
- Vera, Jaime, & Goya, A. (2015). Comportamiento agronómico, calidad física y sensorial de 21 líneas híbridas de cacao (*Theobroma cacao L.*). *Revista La Técnica*, 15, 26–37. https://doi.org/https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i15.539

- Vera, Jaime, & Salazar, M. (2021). Aplicación de siete bioles sobre el desarrollo agronómico en cacao (*Theobroma cacao L.*) De origen sexual y asexual en etapa productiva en la finca experimental la represa. *Centrosur*, 1(1), 1–43.
- Vera, Jaime, 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.
- Zamora, M. (2015). Cambio Climático. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(31). <http://cenciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/190>

Cómo citar: Vera Chang, J. F., Vásquez Cortez, L. H., Jumbo Tejena, M., & Arias Toro, D. (2026). Calibración de huerto en cacao (*theobroma cacao l.*) con diferentes métodos reproductivos y su efecto en el cambio climático. *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, 10(1), 39–49. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v10.n1.2026.39-49>