

Calibración de huerta en cacao (*Theobroma cacao* L.), como herramienta de diagnóstico al cambio climático. Ecuador

“CALIBRATION OF ORCHARD IN COCOA (*Theobroma cacao* L.), AS A DIAGNOSTIC TOOL FOR CLIMATE CHANGE” ECUADOR

Jaime Fabián Vera Chang¹⁻³, María Fernanda Jumbo Tejena², Martha Betania Salazar Pacheco², Alejandro Ibáñez Astaburuaga³.

RESUMEN

Se estudió el efecto de la calibración de huerta en cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional, Forastero y Trinitario. Para lo cual se empleó un diseño de bloques generalizados (DBG) con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Los parámetros productivos basados en el NMS(número de mazorcas sanas), NME(número de mazorcas enfermas), MT(mazorcas Total) de cada variedad no presentaron diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey al ($p \geq 0.05$), obteniendo valores de NMS(12,59) NME(2,54) MT(15,14) respectivamente con estos datos se proporciona un rendimiento calibrado que si muestra significancia estadística entre sus tratamientos siendo el de mayor valor T2 (Trinitario) (2245,42 kg/ha/año) y el de menor valor el T3 (Nacional) (1681,60 kg/ha/año) teniendo en cuenta que estos resultados fueron tomados cuando el ambiente poseía una temperatura máxima de 29°C, una mínima de 22,07 °C, y teniendo una media de 24,97°C, con una humedad media del 85,83% . Para las características fisio-fenológicas del cacao tenemos un número de mazorcas totales promedio de 15,14. El quinto mes, las mazorcas presentaron mayores promedios con respecto a los datos para el largo, el mayor valor fue el T2 (Trinitario) con 24,15 y menor el T3(Nacional) con 22.03, en cuanto al ancho el mayor valor fue T2(Trinitario) (10,30) y el de menor valor (T3) (Nacional) (9,13). Este estudio es importante porque nos permite predecir en los rendimientos próximos a nivel del campo guiándonos por la calibración y los parámetros climáticos.

Palabras clave: Parámetros climáticos, Parámetros productivos, Parámetros agronómicos.

INTRODUCCIÓN

Desde hace unos 50 años, junto con los reportes de la ICCO (la International Cocoa Organization), la producción y consumo del cacao (*Theobroma cacao* L.) ha crecido rítmicamente un promedio del 2,5 % anual, a pesar de las alteraciones existentes en la producción tanto en los costos y sobre todo en los factores climáticos, este último ha afectado a grandes productores en diversos continentes, la producción mundial del cacao gira en torno a países africanos (Costa de Marfil y Ghana Camerún y Nigeria) que son los mayores productores y de quienes depende en gran medida los precios internacionales de este producto (Baratau, 2017). Con esto se evidencia el liderazgo del continente africano en la producción del cacao alcanzando el 63,2 %, mientras que en América Latina tiene una producción del 14,1 % (Brasil, Ecuador, Perú, Colombia y República Dominicana), el 17,4 % por Asia (Indonesia y Papúa Nueva Guinea) y Oceanía con el 5% (Philip, y otros, 2019).

De acuerdo a la Organización Mundial Meteorológica (WMO), el planeta está un grado centígrado más caliente que antes de que irrumpiera la industrialización. La temperatura global promedio en los 10 primeros meses de 2018 fue 0,98 grados por encima de los niveles que existían entre 1850 y 1900, de acuerdo con registros de cinco organismos independientes, son los 20 años más calurosos de la historia desde que comenzaron las mediciones han sido registrados. Si esta tendencia continúa, la temperatura global aumentará entre 3°C y 5°C para el año 2100 (BBC News Mundo, 2018).

Este fenómeno climático impactará especialmente en la franja tropical que se encuentra ubicada entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio, y a lo largo de la línea ecuatorial. En países como Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Ecuador, Perú, Colombia y Brasil, al igual que en el sur de México, el cacao forma parte de muchas pequeñas economías de las regiones siendo el sustento de millones de familias. Estas zonas experimentarán un aumento de la temperatura irá acompañado de una mayor evaporación del agua de los suelos y de las plantas, pero no de un aumento de las lluvias que compense esa evaporación. Si esto ocurriese, la producción de cacao comenzaría a decaer y miles de personas optarían

en buscar nuevas alternativas de subsistir, por parte de los consumidores, un descenso en la producción provocaría un encarecimiento en el precio del producto y los subproductos como el chocolate (Ibáñez, 2018)

El aumento de las temperaturas es un fenómeno que requiere ser estudiado ya que a la fecha no se ha determinado el efecto sobre el desarrollo del cultivo. Al parecer tiene efecto sobre las plagas y enfermedades del cacao, sobre la calidad, el contenido de ácidos grasos, aumento en la respiración y evapotranspiración resultando en un aumento de demanda de agua (Bunn, Lundy, Laderach, & Castro, 2018). El CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) desarrolló un gradiente de impacto del cambio climático para la producción de cacao. De otra manera, los cambios climáticos similares pueden resultar en impactos severos o irrelevantes según las condiciones climáticas históricas (Castro, Lundy, & Wiegel, 2019) en su temperatura de 2,1 grados, pero el cultivo será más afectado por falta de humedad; el aumento de la temperatura irá acompañado de una mayor evaporación del agua de los suelos y de las plantas, pero no de un aumento de las lluvias que compense esa evaporación. Si esto ocurriese, la producción de cacao comenzaría a decaer y miles de personas optarían en buscar nuevas alternativas de subsistir, por parte de los consumidores, un descenso en la producción provocaría un encarecimiento en el precio del producto y los subproductos como el chocolate (Ibáñez, 2018)

El aumento de las temperaturas es un fenómeno que requiere ser estudiado ya que a la fecha no se ha determinado el efecto sobre el desarrollo del cultivo. Al parecer tiene efecto sobre las plagas y enfermedades del cacao, sobre la calidad, el contenido de ácidos grasos, aumento en la respiración y evapotranspiración resultando en un aumento de demanda de agua (Bunn, Lundy, Laderach, & Castro, 2018). El CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) desarrolló un gradiente de impacto del cambio climático para la producción de cacao. De otra manera, los cambios climáticos similares pueden resultar en impactos severos o irrelevantes según las condiciones climáticas históricas (Castro, Lundy, & Wiegel, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización



La investigación se realizó en la Finca Experimental “La Represa” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizada en el km 7,5 recinto “Faita” de la Vía Quevedo -San Carlos, provincia de Los Ríos. Su ubicación geográfica es 1°03’18’’ de latitud Sur y 79°25’24’’ de longitud Oeste, a una altura de 73 metros sobre el nivel del mar.

Variables evaluadas y manejo del ensayo.

Variables Climáticas

- Datos Meteorológicos finca experimental “la Represa” de los años 2017, 2018, 2019 siguiendo la metodología propuesta por (Montoya, 2012)

Número de mazorcas sanas (NMS)

Se contabilizó el número total de mazorcas sanas fisiológicamente maduras por árbol, en función de la frecuencia de cosecha.

Número de mazorcas enfermas (NME)

De igual forma para las mazorcas sanas se procedió a contabilizar las mazorcas enfermas separándolas en recipientes distintos.

Mazorcas totales (MT)

En esta variable se contaron todas las mazorcas incluyendo 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.

Rendimiento (R)

Se determinó con la fórmula que a continuación se indica:

Ecuación 2.

$$R=(NmIM)\times Np$$

Dónde:

R= Rendimiento.

Nm= Numero de mazorca por planta.

IM= Índice de mazorca.

Np= Numero de planta por hectárea.

Índice de la mazorca (IM)

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

Ecuación 3.

$$IM = \text{Número de 20 mazorcas} \times 100 \text{Peso gde las almendras secas}$$

Índice de semilla (IS)

Es el peso de una semilla fermentada y seca. Para determinar esta característica, se registró el peso en gramos de 100 almendras tomadas al azar. Para efectos de cálculo, se aplicó la siguiente fórmula:

Ecuación 4.

$$IS = \frac{\text{Peso gde 100 almendras}}{100 \text{ almendras}}$$

Largo de la 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.

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 de la mazorca y para obtener el promedio.

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 a las mazorcas seleccionadas y registrar el peso de cada mazorca cosechada.

Análisis estadísticos

Se empleó el método de análisis de la varianza propuesto en un diseño de bloques generalizado (DBG), con tres tratamientos, pertenecientes al programa de cacao de la

Dirección de Investigación Científica y Tecnológica de la UTEQ, y un testigo (Forastero) con 4 repeticiones.

Análisis de componentes principales (APC)

Se aplicó APC para obtener gráficos de dispersión (biplot) de las variables cuantitativas agrupadas de acuerdo a sus componentes óptimos de los perfiles productivos y físicos aplicando la siguiente fórmula:

Ecuación 1.

$$r_{ij} = \frac{\text{cov}(F_i, F_j)}{\sqrt{\text{var}(F_i) \text{var}(F_j)}}$$

Tratamientos en estudio

Esquema general de los tratamientos fueron elegidas tres variedades de cacao Nacional (EET-103), Forasteros (IMC-67) y Trinitario (CCN-51) se detallan a continuación:

Tabla 1. Descripción y esquemas de los tratamientos.

Bloque	Tratamiento	T. U. E.	Número de repeticiones	Total de unidades
2	T0 (Forastero) IMC-67	3	4	24
2	T2 (Trinitario) CCN-51	3	4	24
2	T3 (Nacional) EET-103	3	4	24
Total			12	72

Nota: Se muestra el esquema de los tratamientos y el total de unidades experimentales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables Climáticas.

En esta comparación de medias de los datos climáticos de los tres años indican lo siguiente:

La temperatura media del aire °C para el año 2017 es de 24,9 °C siendo superior para el año 2018 con 24,55 °C y éste, inferior del año 2019 con 24,97 °C siendo la temperatura media más alta de los tres años. Para la temperatura máxima tenemos al año 2017 con 30,06 °C siendo la más alta de los 3 años, y del 2018 siendo la más baja con 29,53 °C y el 2019 con una temperatura máxima de 29,85 °C. De igual forma en la temperatura mínima para el año 2017 es de 22,18 °C siguiendo con el año 2018 es de 21,71 °C siendo la mínima más baja de los 3 años, en el 2019 tenemos 22,07 °C. Con respecto a 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 2).

En la Humedad relativa media tenemos para el año 2017 el 85,58 %, en el año 2018 con 84,33 % siendo la media con el valor más bajo y el año 2019 con 85,83 % mostrando el año con mayor valor en media. Por consiguiente, la humedad máxima menciona que para el año 2017 y 2019 es de 96,83 % que para el 2018 indica un 96,33 %. Al fin la humedad mínima posee para el año 2017 un valor de 62,25 % señalando 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 2).

La Heliofanía indica que en el año 2017 posee un valor de 73,38 horas/luz/mensual siendo el año con mayor valor, seguido del año 2018 con un valor de 67,1 horas/luz/mensual, por ultimo al 2019 con 66,96 horas/luz/mensual siendo el valor más bajo. (Tabla 2).

En la evaporación tenemos para el año 2017 es de 86,54 mm. En el año 2018 con 92,41 mm indicando un valor más alto, y para el 2019 que posee 81,27 mm. Mostrando un valor más bajo (Tabla 2.).

Por último, en la precipitación tenemos que para el año 2017 obtuvo un valor alto de 272,56 mm. En el 2018 fue un valor bajo de 144,22 mm., y en el 2019 con 249,98 mm. (Tabla 2).

Tabla 2. Condiciones climáticas anuales durante los años (2017-2019) de evaluación de progenies *T. cacao* en la zona de Quevedo en Ecuador.

Condiciones Climáticas		Finca experimental "La Represa".			Promedio
		2017	2018	2019	
Temperatura del aire °C.	Media	24,9	24,55	24,97	24,81
	Máxima	30,06	29,53	29,85	29,81
	Mínima	22,18	21,71	22,07	21,98
	Oscilación	7,89	7,81	7,19	7,63
Humedad Relativa %	Media	85,58	84,33	85,83	85,25
	Máxima	96,83	96,33	96,83	96,67
	Mínima	62,25	62,75	64,50	63,17
	Heliofanía/horas/luz/anual	73,38	67,10	66,96	69,15
	Evaporación (mm)	86,54	92,41	81,27	86,74
	Precipitación (mm)	272,56	144,22	249,98	222,25

Nota: Se observan los promedios de las condiciones climáticas de 3 años.

Parámetros productivos

Número de mazorcas sanas (NMS)

En los resultados obtenidos en el Andeva, se observa que no se presentó significancia estadística según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), entre los tratamientos el que mayor número de mazorcas alcanzó fue el T2 (Trinitario) con 14,06 y el de menor número de mazorcas es el T3 (Nacional) con 11,69 obteniendo un promedio general de 12,59 y un coeficiente de variación de 0,10%. (Tabla 3.).

De acuerdo con Fernández *et al* (2020). Los clones T23, INIAP 484 y T13 presentaron datos similares a los reportados anteriormente indicando una pequeña producción (30-194 mazorcas sanas) en los meses marzo-abril y un pico de máxima en el mes de septiembre, siendo los clones T11, T8 y T1 los que mostraron la mayor producción de

mazorcas sanas, mientras que los clones menos productivos fueron T23, INIAP 484 y T13, respectivamente.

Los microorganismos que se usan como un método de control y que efectivamente según 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). Mientras Tirado *et al*, 2016 indica que entre los más empleados como agentes de biocontrol se encuentran hongos, como el *Trichoderma sp.*, y bacterias, como el *Bacillus sp.*, los cuales tienen la capacidad de desarrollar diferentes procesos metabólicos que les permiten ser usados como control biológico con mejor resultado.

Número de mazorcas enfermas (NME)

Según en los resultados obtenidos en el análisis de varianza ANOVA con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) se observa que no se presentó significancia estadística entre ninguno de los tratamientos estudiados presentando una media general de 2,54 y un coeficiente de variación del 0,06%. (Tabla 3).

Fernandez *et al*, 2020, expresa que los clones más vulnerables y por tanto con mayor índice de mazorcas enfermas, fueron T23, INIAP 484, T24 y T13 (50-60 %). Por el contrario los menos susceptibles y que menor % obtuvieron fueron T11, PMA 12, T8 y T1 (5-27%). Los clones con mayor producción de mazorcas enfermas fueron T23, INIAP 484, y T24; a diferencia de los clones CCN51 y T1 con mayor cantidad mazorcas enfermas encontradas por Cortez *et al*. 2017. mientras que los que mostraron menor número de mazorcas enfermas fueron los clones T8, PMA 12 y T11 respectivamente, similares.

Según Vera y Goya (2015) sostiene que existen un sin número de factores que afectan al número final de frutos, entre ellos es el "*Cherellewilt*" o muerte prematura, estos pueden destruir los frutos en sus primeras etapa y reducirlos del 20 a 90% debido también a las condiciones climáticas adversas que agravan la competencia entre el desarrollo de los frutos y otras funciones que requiere la planta.

Anzules *et al* 2019 (Anzules-Toala, Ventura, Huamán, Castro-Cepero, & Julca-Otiniano, 2019) En los países tropicales la producción de cacao es muy importante, Sin embargo, existen problemas sanitarios que limitan la producción y por ende ocasionan daño a la economía de los pequeños productores. La presencia de la "moniliasis" (*Moniliophthoralareri*), la "mazorca negra" o "pudrición parda" (*Phytophthorapalmivora*) y la "escoba de brujas" (*Moniliophthora a perniciososa*) ya ha sido reportada en países como Ecuador. Según Anzules et al. (2019), para el 49,4% de los agricultores de Santo Domingo de los Tsáchilas, (Ecuador), la "moniliasis" es la enfermedad principal, seguida de la "mazorca negra" (3,7%) y la "escoba de brujas" (1,2%). Además, el 43,2% de productores reporta el ataque de más de una enfermedad disminuyendo hasta en el 50% de la producción de mazorcas Sánchez Mora *et al* (2019). El "cherellewilt" es un fenómeno poco conocido que afecta a aproximadamente al 60 de los frutos jóvenes del cacao Bradnanet *al.*,(2015)

Mazorcas totales

En cuando al número de mazorcas de cacao según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) no mostro significancia estadística en los tratamientos indicando un promedio de 15,14 y un coeficiente de variación del 0,07% (tabla 3).

Herrera y Hernandez (2019) expresan que el híbrido Chocotab ha sido superior estadísticamente a sus progenitores, presentó una media de 45 frutos/planta/año en cinco años de evaluación. Su índice de fruto es de 22 similar a UF 273, pero superiores a PA 169 con 26 frutos.

Según Copas y Fuentes (2019), afirma que el número de mazorcas presentes no es un buen indicador del rendimiento, debido a que muchas mazorcas de algunos árboles producen más semilla de cacao que otras. Este parámetro es una medida relativamente confiable para estimar la capacidad de producción de un material genético, se puede diferenciar el grupo dos con un máximo de 178 y un mínimo de 6 mazorcas por planta, con una media de 92.

Rendimiento



En relación con el rendimiento según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) si hay significancia estadística entre sus tratamientos presentando un valor mayor el T2 (Trinitario) con 10495,69 kg/ha/año. Y con el menor valor presentó el T3 con 8233,96 kg/ha/año indicando un promedio de 9276,96 kg y un coeficiente de variación de 0,12%.

Para Barriguita Unda (2019). El rendimiento de cacao fue superior en CCN51, con el registro más alto en los suelos de El Guabo (4 158.34 kg/ha/a \pm 200.34 kg/ha/a), y el más bajo significativamente para Santa Rosa (2 570.24 kg/ha/a \pm 1 051.05 kg/ha/a). Los promedios de Nacional tuvieron el valor más alto en Machala (814.17 kg/ha/a \pm 598.72 kg/ha/a), y el más bajo en Pasaje (324.00 kg/ha/a \pm 297.06 kg/ha/a).

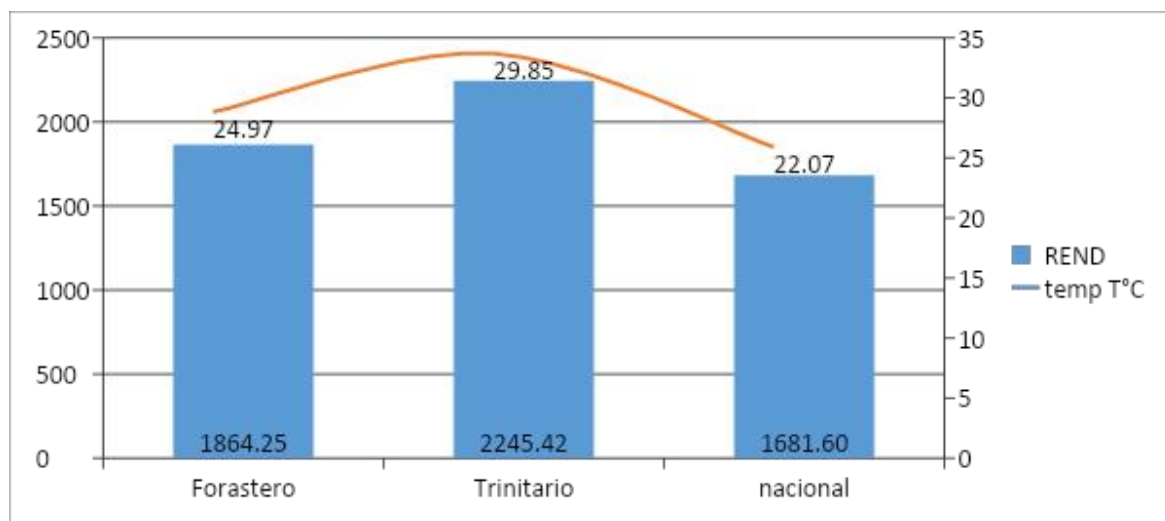
Según Hernández (2016), al respecto, demuestra que las enfermedades fungosas, mal manejo, material genético no óptimo y poco uso de insumos en la producción orgánica de cacao producen una baja producción de los sistemas, encontrando que en Ecuador uno de los principales productores de cacao en Latinoamérica, el rendimiento promedio comercial estimado es de 300 kg·ha⁻¹·año⁻¹ Quiroz y Amores et al., (2002) y se tiene registro de un promedio mundial de 480 kg·ha⁻¹·año⁻¹.

Tabla 3.

Promedios estadísticos de los parámetros productivos del cacao (Theobroma cacao L.).

No	Código	Descripción de los tratamientos	NMS		NME		MT		REND/HA/AÑO / Calibrado	REND/HA/AÑO / real
1	T0	Forastero	12,0 2	a	2,65	a	14,6 7	a	1864,25	1219,52 b
2	T2	Trinitario	14,0 6	a	2,62	a	16,4 3	a	2245,42	1284,14a
3	T3	Nacional	11,6 9	a	2,36	a	14,3 1	a	1681,60	1015,52 c

Gráfico 2. *Relación entre el rendimiento y la temperatura.*



Nota: Se observa la respuesta del rendimiento de tres variedades de cacao a la temperatura

Parámetros del fruto

4.2.1. Índice de mazorca

En referencia al índice mazorca fue significativo según Tukey ($p \leq 0.05$) para cada uno de los tratamientos, indicando que el tratamiento con mayor valor T3 (Nacional) fue (23,17) y de menor valor el T2 (Trinitario) con (20,87) obteniendo un promedio general de 21,18 y un coeficiente de variación del 2,1 % (tabla 7.)

Dado que menores índices de mazorca indican mayor rendimiento del cultivo Gonzales *et al* (2019) (Gonzalez, y otros, 2019), en el 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,

Por otro lado, Vera *et al.* (2014) afirman que el índice de mazorcas es un carácter significativo en la industria y en la elección de material para mejoramiento genético, siendo preferible escoger materiales con un índice menor a 20 mazorcas, como indicador de productividad cabe recalcar que el

estándar internacional para índice de mazorca es de 25 mazorcas para obtener un kg de grano seco (Ramón *et al*, 2015).

4.2.2. Índice de semilla

Cuanto a la variable de índice de semilla no se presentó significancia estadística ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos T0 y T3 con el valor de (1,17) que a diferencia del T2 indica que si hay significancia estadística según el anova que obtuvo un valor de (1,22) (tabla 7).

Según en las investigaciones de Vera *et al*, (2019) en la Calidad física de almendras en veintiún cruces interclonales de cacao (*Theobroma Cacao* L.) en Ecuador, presentan valores cercanos entre los (1,41 - 0,97) obteniendo un promedio de 1,25.

También concuerdan con los de Perez *et al*, 2013, Encontrándose un rango 1.2 a 1,7 g, para el ICS 60 un grano grande con promedio de 2,3 g y con un rango de 1,5 a 2,4 g y por último para el ICS 95, clon considerado como grano pequeño, un índice promedio de 1,4 g y con un rango de 1.1 a 1,5 g. en los datos obtenidos durante la investigación presentada, indica que se encuentra dentro de los parámetros estudiados por otros autores.

Copa y Fuentes (2019), Indica que existe una variabilidad entre los genotipos relacionados a este índice, como tal, los cacaos de tipo Trinitario indican un índice de semilla inferior con relación al tipo Forastero, en algunos casos la semilla proveniente de los frutos que son de forma amelonada presenta un rango de variación entre 0.9 a 1.3 g.

Peso de mazorca

Respecto a la variable de peso de mazorca según el anova se observa que no se presentó significancia estadística para ningún tratamiento siendo mediante la utilización de la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$), con un promedio general de 714,09 g y un coeficiente de variación de 4,4%. (Tabla 4.)

Estando relacionado con los pesos de Gonzales *et al*, (2019), el promedio de peso en mazorca y el porcentaje de la cáscara fueron de 732,8 g y 81,8%, cabe resaltar que el porcentaje de la cáscara de cacao puede variar del 52 - 76% Chan y Choo, *et al*, 2013



en el Estudio de la fermentación espontanea de cacao (*Theobroma cacao* L.) y evaluación de la calidad de los granos en una unidad productiva a pequeña escala.

Según Herrera y Hernández (2019) presenta los pesos promedios en el que varía de 261g a 454 g en investigaciones científicas y agrotecnológica para la seguridad alimentaria siendo similar a los mostrados en esta investigación.

Ramon *et al* (2017) comenta que existe relación entre el grado de madurez de la mazorca con el peso de los granos, y mientras mayor madurez presente la mazorca, será mayor el peso de los granos.

Portillo (2019) Presentó el mayor valor con 872.50 g, el menor valor con 191.40 g., El valor promedio fue de 451.80 g, la desviación estándar de 174.48% y el coeficiente de variación de 38.62%. Lo que indica una alta heterogeneidad en esta variable la cual encuentra una correlación positiva entre largo de mazorca y el peso de cáscara, con valor de $r= 0.72$, mostrando una dependencia entre las variables con respecto Martínez *et al* 2007, en un estudio en Bolivia menciona que, el peso promedio de las mazorcas fue de 272.6 g obteniendo el peso máximo (383.3 g) y el más bajo (227 g). También los valores se encuentran en el rango mencionado por Dostert, *et al.* 2012, quienes argumentan que los pesos de las mazorcas de cacao varían entre 200 y 1,000 g.

Gonzales *et al* (2019), afirma que algunos parámetros de cosecha como índice de semilla, índice de mazorca se relacionan con condiciones genéticas de las plantas de cacao.

Tabla 4.

Parámetros del fruto de cacao Nacional, forastero y Trinitario.

No	Código	Descripción de los tratamientos	IM	IS	PM
1	T0	Forastero	21,49	a 1,17	a 701,38
2	T2	Trinitario	20,87	a 1,22	b 749,50
3	T3	Nacional	23,17	a 1,17	a 691,38
		Promedio	21,18	1,39	714,09

		C.V.	2,1%	24%	4,4%	
--	--	-------------	-------------	------------	-------------	--

Nota: Se muestran los siguientes parámetros (IM; Índice de mazorca, IS; índice de semilla, PM;

peso de mazorca); de tres variedades de cacao.

Largo de la mazorca.

En cuanto al largo de la mazorca (fruto) del primer mes de estadio no presentó significancia estadística ($p \geq 0.05$), en ninguno de los tratamientos con un promedio de 6,31 y un coeficiente de variación del 2.5 %. Mientras que para el segundo mes si hay significancia estadística el cual el valor mayor fue T3 (Nacional) con 10,39 y el de menor valor es el T0 (Forastero) con 8,55 obteniendo una media general de 9,44 y un coeficiente de variación del 9,8%. En las mazorcas del tercer mes según el andeva se observa que no se presentó significancia estadística, indicando un promedio general de 14,93 y el coeficiente de variación del 2,6%. Para el cuarto mes del estadio tampoco hay significancia estadística entre los tratamientos con un promedio de 19,24 y un coeficiente de variación del 3.0 %. Para las mazorcas del quinto mes en la cual ésta ya se cosecha según el andeva si existió significancia estadística indicando el mayor valor el tratamiento T0 (Forastero) con 24,15 y con menor valor es del T3 (Nacional) con 22,30 con un promedio del 23,35 y obteniendo un coeficiente de variación del 4,1% (Tabla 5.)

Según Ramon *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, (20,8 - 0,88) indicando valores similares a los que se indican en la presente investigación.

Ancho de la mazorca.

Con respecto al ancho de las mazorcas de cacao en el primer mes no existe significancia estadística ($p \geq 0.05$), obteniendo un promedio de 1,96 y un coeficiente de variación de 4,1%. En las mazorcas del segundo mes si hay significancia estadística presentando el mayor valor el T3 (Nacional) con 4,88y con el menor valor el tratamiento T2 (trinitario) con 2,81 presentando un promedio de 3,58 y un coeficiente de variación del



31,7%. En cuanto al tercer mes de estadio de la mazorca según el andeva sí hay significancia estadística presentando mayor valor el T0(Forastero) y T2(Trinitario) con 7,9 y con el menor valor el T3(Nacional)con 6,28 indicando un promedio de 7,35 un coeficiente de variación del 12,6%. Con respecto al cuarto mes de estadio de la mazorca según el análisis de varianza andeva indica que se observa que no se presentó significancia estadística entre los tratamiento estudiados obteniendo un promedio general de 8,43 y un coeficiente de variación del 1,5%. Mientras que en el quinto mes donde es cosechada la mazorca según el grado de madurez (g3-g5) según la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$), se observa que no se presentó significancia estadística en ninguno de los tratamientos obteniendo un promedio general de 9,72 y un coeficiente de variación del 6,2%. (Tabla 5).

En concordancia de Ramon *et al* (2017) quien en sus estudios realizados en mazorcas del quinto mes en la caracterización fenotípica promedio y desviación estándar de ancho de fruto, (9,10) quien indica valores similares presentada en esta investigación.

Tabla 5.

Calibración			MAZORCAS																			
del fruto			1° Mes			2° mes			3° mes			4° mes			5° mes							
N	o	Descripción de los tratamientos	La	An	La	An	La	An	La	An	La	An	La	An	La	An						
			rg	ch	rg	ch	rg	ch	rg	ch	rg	ch	rg	ch	rg	ch						
1	T0	Forastero	6,30	a	2,05	a	8,55	b	3,04	a	15,28	a	7,9	a	18,58	a	8,29	a	24,15	a	9,70	a
2	T2	Trinitario	6,48	a	1,95	a	9,39	a	2,81	b	14,9	a	7,88	a	19,59	a	8,45	a	23,59	a	10,33	a



3	T3	Nacio nal	6, 16	a	1, 89	a	10 ,3 9	a	4, 88	a	14 ,5 2	a	6, 28	b	19 ,5 5	a	8, 54	a	22 ,3 0	b	9, 13	a
		PRO MEDI O	6, 31 3		1, 96		9, 44		3, 58		14 ,9 3		7, 35		19 ,2 4		8, 43		23 ,3 5		9, 72	
		C.V. %	2, 5 %		4, 1 %		9, 8 %		31 ,7 %		2, 6 %		12 ,6 %		3, 0 %		1, 5 %		4, 1 %		6, 2 %	

Calibración del fruto Nacional, Forastero y Trinitario en cada uno de sus

respectivos estadios.

Nota: En esta tabla se muestra la calibración o medición de mazorcas durante los cinco meses de estudio.

Análisis estadístico.

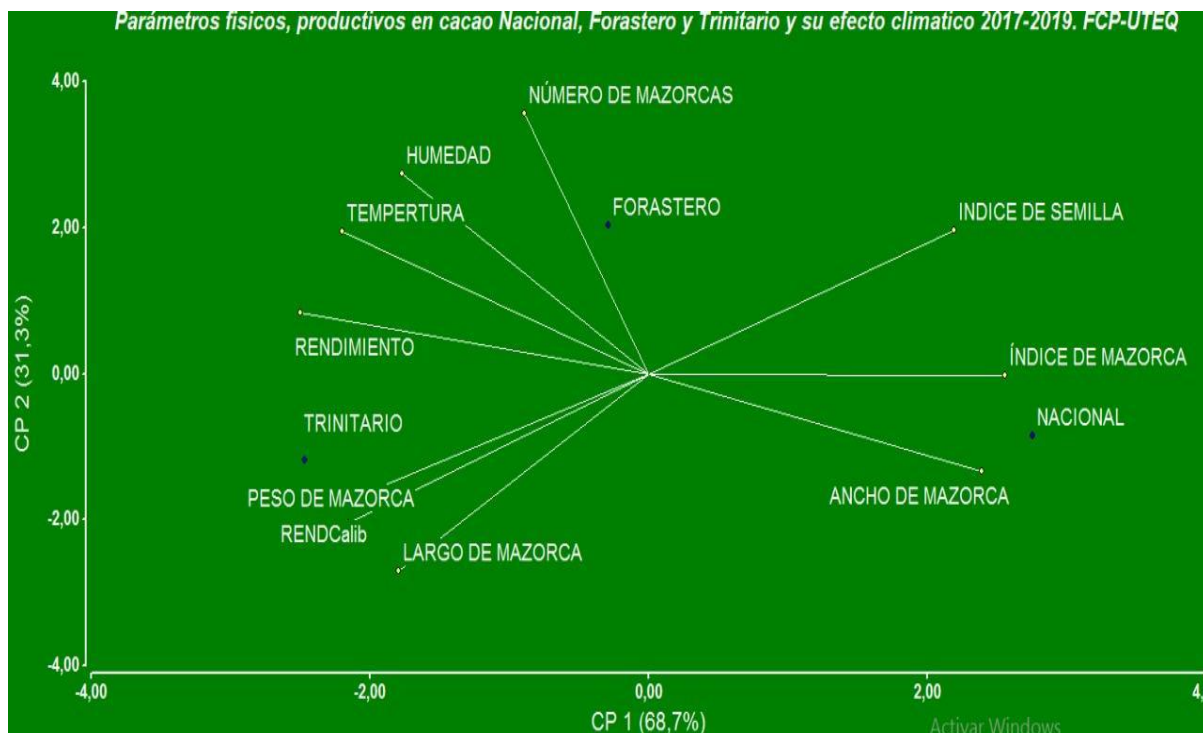
Mediante el ACP compara los parámetros físicos, productivo y climático y se obtuvo que para la calidad física como IS, IM, AM presentan mayor influencia y de menor influencia en la temperatura y humedad para la variedad Nacional a diferencia de la variedad Forastero que si muestran mayor aporte en la temperatura, humedad y número de mazorcas, en cuanto a la variedad Trinitario el peso de la mazorca se relaciona con el rendimiento calibrado también muy cercano al rendimiento real y al largo de la mazorca, tomando en consideración la suma de los dos componentes nos da un total del 100 % de la variabilidad total existente que nos permitió tener una mayor relación. (Grafico 3).

Gráfico 3.



Análisis de Componentes Principales

(ACP).



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

CONCLUSIONES

- Los parámetros productivos basados en el NMS, NME, MT de cada variedad no presentaron diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey al ($p \geq 0.05$), obteniendo valores promedios de (12,59) (2,54) (15,14) respectivamente con estos datos se proporciona un rendimiento calibrado que si muestra significancia estadística entre sus tratamientos siendo el de mayor valor T2 (2245,42 kg/ha/año) y el de menor valor el T3 (1681,60 kg/ha/año) teniendo en cuenta que estos resultados fueron tomados cuando el ambiente poseía una temperatura máxima de 29°C., una



mínima de 22,07 °C., y teniendo una media de 24,97°C, con una humedad media del 85,83%. .

- La evaluación tomada del sobre las características fisio-fenológicas del cacao tenemos un numero de mazorcas totales promedio de 15,14 acaparando las mazorcas sanas y enfermas entre los tratamientos mencionando que en los meses de estudio hubo media y baja producción, con la calibración se pudo determinar que las mazorcas del segundo mes indica una significancia estadística entre sus tratamiento en largo y ancho siendo el mayor valor el T3(10,39 – 4,88), el de menor valor para largo el T0 (8,55) y de ancho el T2 (2,81), para los meses tres y cuatro no presento diferencia significativa, pero si en el de quinto mes, las mazorcas indican lo siguiente para el largo el mayor valor fue el T2 (24,15) y menor el T3(22.03), en cuanto al ancho el mayor valor fue T2(10,30) y el de menor valor (T3 (9,13)).
- Para validar este proceso de calibración se procedió a realizar un ACP para comparar los parámetros físicos, productivo y climático lo que se obtuvo fue que la calibración tiende a ser más aceptada por la variedad de Trinitario en cuanto a la variedad que tiene más relación al clima es el Forastero obtenido en esta investigación con este estudio donde se seleccionó rigurosamente cada tratamiento para identificar las variedades evaluadas determinando su veracidad y cuan confiable es todo este proceso.

RECOMENDACIONES

- Para obtener valores más exactos y con menos probabilidad en el margen de error se preferiría realizar un estudio más completo en relación a toda la planta en los diferentes meses del año de acuerdo a su producción y meteorología de la zona donde esta es cultivada.
- Se puede continuar con este estudio para ver los nuevos cambios que se han dado con respecto a las condiciones climáticas ya que por motivo de la pandemia a causa



de COVID – 19 y la paralización de muchas actividades el mundo entero a dado un pequeño respiro a la contaminación el cual muchos países desarrollados y donde poseían mayor contaminación redujeron drásticamente de ritmo habitual, pero con la finalización de estado de excepción volvieron abruptamente la emisiones de gases a pesar que a raíz de la pandemia este 2020 tendrá un efecto muy limitado en la tasa de incremento de sus concentraciones atmosféricas, dado que estas son el resultado de las emisiones actuales y pasadas y del período de vida sumamente prolongado del CO₂.

REFERENCIAS

- Alava, J. P., Chang, J. V., Remache, R. R., Mora, F. S., Vera, H. C., & Apolo, B. V. (2018). Caracterización física y sensorial de treinta materiales élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la cuenca alta de río Guayas – Ecuador. *CONAMTI*, 5(22), 115-124.
- AnzulesToala, V., Ventura, R. B., Huamán, L. A., Castro-Cepero, V., & Julca-Otiniano, A. (2019). Control cultural, biológico y químico de *Moniliophthoralaroreri* y *Phytophthoraspp* en *Theobroma cacao* 'CCN-51'. *Scientia Agropecuaria*, 10(12), 511-520.
- Baratau, P. (05 de 2017). *Competitividad del Cacao Ecuatoriano*. Valencia, Ecuador.
- Barrezueta-Unda, S. (2019). Propiedades de algunos suelos cultivados con cacao en la provincia El Oro, Ecuador. *Biotecnología y ciencias agropecuarias*, 14(1), 155-166.
- BBC News Mundo. (03 de 12 de 2018). [www.bbc.com](https://www.bbc.com/mundo/noticias-46426822). Obtenido de [www.bbc.com](https://www.bbc.com/mundo/noticias-46426822): <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46426822>
- Bradnan, D. M. (2015). *Cherelle wilt in (Theobroma cacao L.)* . Tesis de maestria , University of louisiana at lafayette , Biology , Louisiana .
- Chang, J. V., & Torres, C. V. (2014). Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador. *Dialnet-Revista Ciencia y Tecnología*, 7(2), 21-34.

- Copa, M. E., & Fuentes, C. M. (12 de 2019). Criterios de selección para cacao nacional Boliviano. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 06(02), 29-36.
- Copa, M. E., & Fuentes, C. M. (diciembre de 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.
- Fernández, W. T., Caicedo, E. V., Chila, V. H., Ortega, M. J., Flores, H. B., & Torres, L. V. (2020). Actividad fotosintética de diez clones de cacao nacional y su relación con el rendimiento. *Espamciencia*, 11(1), 19-27.
- Fuentes, L. F., Castelblanco, S. G., Jerez, A. G., & Guerrero, N. M. (enero-junio de 2015). Caracterización de tres índices de cosechade cacao de los clones CCN51, ICS60 e ICS 95, en la montaña santandereana, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 253-265.
- Gonzalez, E. G., Murillo, A. M., Pantoja, D. A., Aricapa, J. M., Rodríguez, C. M., & Narváez, G. A. (2019). Estudio de la fermentación espontánea de cacao (*Theobroma Cacao* 1.) y evaluación de la calidad de los granos en una unidad productiva a pequeña escala. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 6(1), 41-51.
- Hernández-Villegas, J. J. (2016). Incidencia de la escoba de bruja (*crinipellis perniciosa*) sobre el rendimiento de dos agroecosistemas de cacao con diferentes condiciones de manejo. *Bioagro*, 28(1), 059-064.
- Herrera, J. M., & Hernández, c. H. (2019). Investigaciones científicas y agrotecnológicas para la seguridad alimentaria. *INIFAP*, 1(1).
- 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>

- Portillo, R. A., Quintanilla, J. C., Berrios, F. Á., Rodríguez, E. A., & Linares, A. Y. (julio de 2019). Formación de un banco de germoplasma de cacao (*Theobroma cacao* L.) con árboles criollos. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/228041682.pdf>
- Quiroz, J., & y Amores, F. (2002). Rehabilitación de plantaciones tradicionales de cacao en Ecuador. *Integrado de Plagas* (63), 73-80.
- Ramón, L. A., Guerrero, J. N., & Batista, R. M. (2017). Determinación del efecto del grado de madurez de las mazorcas en la producción y calidad sensorial de (*Theobroma cacao* L.). *Revista Científica Agro-ecosistemas*, 5(1), 36-46.
- Tierra y Mar. (27 de 04 de 2019). Economía. Exportaciones de cacao subieron 4,65% en 2018, pág. 5.
- Tirado-Gallego, P. A., Lopera-Álvarez, A., & Ríos-Osorio, L. A. (2016). Estrategias de control de *Moniliophthoralareri* y *Moniliophthora perniciosa* en *Theobroma cacao* L.: revisión sistemática. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(3), 417-430.
- Vera Chang, J., & Goya Baquerizo, A. (Noviembre de 2015). Comportamiento agronómico, calidad física y sensorial de 21 líneas híbridas de cacao (*Theobroma cacao* L.). Guayaquil, Ecuador: Compas.
- Vera, J. F., Apolo, B. M., & Tamayo, N. L. (febrero de 2019). Physical quality of almonds in twenty-one interconnectional crosses of cocoa (*Theobroma cacao* L.) In Ecuador. *Universidad & Sociedad*, 11(02).
- Vera, J., Vallejo, C., Párraga, D., Morales, W., i 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. UTEQ.*, 2(7: 21-34).