



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Unidad Integración Curricular previo
a la obtención del título Ingeniera
Agropecuaria.

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

“CALIBRACIÓN DE HUERTA EN CACAO (*Theobroma cacao* L.) NACIONAL,
FORASTERO Y TRINITARIO, COMO HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO AL
CAMBIO CLIMÁTICO”

Autora:

María Fernanda Jumbo Tejena

Tutor de la Unidad Integración Curricular:

Ing. Jaime Vera Chang M.Sc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2020

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **María Fernanda Jumbo Tejena**, declaro que el presente trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado todas las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink that reads "Fernando Jumbo". The signature is enclosed within a blue rectangular border.

f. _____

María Fernanda Jumbo Tejena
C.I. 1724136575
Autora



Acreditada

Teléfonos : FCP (Fax) 783 487 UTEQ (593-05) 750 320 / 751 430 / 753 302

Fax UTEQ : (593 -05) 753 300 / 753 303 / 752 177

[E.mail.info@uteq.edu.ec](mailto:info@uteq.edu.ec) /fcp_91@yahoo.es

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARÍA
Km. 7 ½ Vía Quevedo-El Empalme, Entrada a Mocache



CASILLAS

Guayaquil

:10672

Quevedo : 73

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

La Primera Universidad Agropecuaria del País. Acreditada

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Jaime Vera Chan**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **María Fernanda Jumbo Tejena**, realizó el proyecto de investigación de grado titulado “**CALIBRACIÓN DE HUERTA EN CACAO (*Theobroma cacao* L.) NACIONAL, FORASTERO Y TRINITARIO, COMO HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO AL CAMBIO CLIMÁTICO**”, previo a la obtención del título de **Ingeniería Agropecuaria**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Jaime Fabián Vera Chang M.Sc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Quevedo, 01 de diciembre del 2020

Ingeniera

Diana Veliz Zamora

COORDINADORA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

De mi consideración:

Dado que el suscrito es conocedor que el proyecto de investigación titulado **“CALIBRACIÓN DE HUERTA EN CACAO (*Theobroma cacao* L.) NACIONAL, FORASTERO Y TRINITARIO, COMO HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO AL CAMBIO CLIMÁTICO”** de autoría de la señorita **Jumbo Tejena María Fernanda**, estudiante de la carrera de INGENIERÍA AGROPECUARIA, del cual fui designado Profesor Tutor de Trabajo de investigación. Proyecto que ha sido analizado a través de la herramienta URKUND, no incluyendo las listas de fuentes de comparación entre las cuales se encuentran las páginas preliminares de caratula, declaración de auditoria, certificación, agradecimientos, dedicatoria, índices, entre otras fuentes que no son utilizadas en el texto de la tesis.

Por lo expresado, CERTIFICO que el porcentaje validado por el URKUND es de **9% de similitud** (Figura 1), el mismo que es permitido por el mencionado Software, por lo cual solicito la continuación con los trámites pertinentes para solicitar fecha de sustentación del proyecto de investigación de la señorita **Jumbo Tejena María Fernanda**.

Figura 1. Certificación del porcentaje de confiabilidad (91%) y similitud (9%) de URKUND. DE



Ing. Jaime Fabián Vera Chang M.Sc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Freddy Guevara Santana

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Erick Eguez Enríquez

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Rommel Ramos Remache

**Quevedo – Los Ríos – Ecuador
2020**

AGRADECIMIENTO

Primeramente, me gustaría agradecer a Dios por este importante logro alcanzado bendecirme para llegar hasta donde he llegado, por hacer realidad este sueño anhelado y por guiarme en el sendero correcto.

A las autoridades de la facultad de Ciencia Pecuarias:

Ing. Agr. M.Sc. Gerardo Segovia F. Decano de la facultad, Ing. Diana Veliz Zamora Coordinadora de carrera; por su aporte brindado en los procesos de gestión para mi formación académica. A mi director de tesis el Ing. Jaime Fabián Vera Chang M.Sc. por tenerme paciencia y guiarme en cada paso de esta etapa profesional.

También me gustaría agradecer a todos mis docentes durante toda mi carrera profesional impartieron sus conocimientos, experiencias y me ayudaron de una u otra forma para hacer posible la realización de la tesis.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que agradezco su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de este importante logro profesional que he alcanzado.

DEDICATORIA

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Dedicada esencialmente a mis padres por su apoyo infinito a mí esposo por ser mi motor para seguir adelante, porque cada uno de sus consejos me impulsó a superarme.

RESUMEN

La investigación se realizó en la finca experimental “La Represa” perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Donde se estudió el efecto de la calibración de huerta en cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional, Forastero y Trinitario con la finalidad de usarlo como herramienta de diagnóstico al cambio climático y la producción. Para lo cual se empleó un diseño de bloques generalizados (DBG) con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Se identificaron parámetros productivos en relación con los cambios climáticos; se evaluaron caracteres fisiológicos y fenológicos en las tres variedades estudiadas. Además se estudiaron parámetros agronómicos productivos y sanitarios. Los parámetros productivos basados en el NMS(número de mazorcas sanas), NME(número de mazorcas enfermas), MT(mazorcas Total) de cada variedad no presento diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey al ($p \geq 0.05$), obteniendo valores promedios 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 fisi-fenológicas del cacao tenemos un número de mazorcas totales promedio de 15,14 acaparando las mazorcas sanas y enfermas. 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, Fisiológicas, Fenológicas

ABSTRACT

The research was carried out in the experimental farm "La Represa" belonging to the State Technical University of Quevedo. Where the effect of the calibration of orchard in cacao (*Theobroma cacao* L.) in National, Forastero and Trinitario cacao was studied in order to use it as a diagnostic tool for climate change and production. For which a generalized block design (DBG) with three treatments and four repetitions was used. Productive parameters were identified in relation to climatic changes; Physiological and phenological characters were evaluated in the three varieties studied. In addition, productive and sanitary agronomic parameters were studied. The productive parameters based on the NMS, NME, MT of each variety did not present significant differences according to the Tukey test at ($p \geq 0.05$), obtaining average values of (12,59) (2,54) (15,14) respectively with these data a calibrated yield is provided that if it shows statistical significance between its treatments being the one with the highest value T2 (2245.42 kg / ha / year) and the one with the lowest value T3 (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%. The physio-phenological characteristics of cocoa have an average total number of pods of 15.14, monopolizing healthy and diseased pods. In the fifth month, the ears presented higher average with respect to the data for the length, the highest value was T2 (24.15) and the lowest value was T3 (22.03), as for width the highest value was T2 (10.30) and the one with the lowest value (T3 (9,13). This study is important because it allows us to predict the yields close to the field level, guided by the calibration and the climatic parameters

Keywords: Climatic parameters, Productive parameters, Physiological, Phenological

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
INDICE DE TABLAS	xiv
INDICE DE GRÁFICOS	xv
INDICE ANEXOS	xvi
CÓDIGO DUBLIN.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.1.2. Formulación del problema	4
1.1.3. Sistematización del problema	5
1.2. Objetivo General.....	5
1.2.1. Objetivos específicos	5
1.3. Justificación.....	6
2.1. Marco Conceptual.....	8
2.2. Marco Referencial	9
2.2.1. Generalidades.....	9
2.2.2. Grupos Genéticos.....	10
Criollo.....	10
Nacional	10
Forastero.....	11
Trinitario.....	11
2.2.3. Taxonomía	11
2.2.4. Descripción botánica.....	12
Raíz.....	12
Tallos y ramas	12
Hoja	12

Flores	13
Fruto	13
Semilla.....	13
2.2.5. Requerimientos edafoclimáticos	14
2.2.6. Manejo agronómico	14
b.- Siembra	15
c.- Control de malezas	15
d.- Podas	15
e.- Fertilización.....	16
2.2.7. Plagas y enfermedades	16
2.2.8. Cambio climático	17
2.2.9. Cambio climático y agricultura en Ecuador.....	17
2.2.10. Lucha contra los efectos del cambio climático	18
2.2.11. Amenaza del cacao con respecto al clima.....	19
2.2.12. Efecto del cambio climático en la propagación de enfermedades en cultivos tropicales	19
2.2.13. Cacao y el cambio climático.	20
3.1. Localización.....	23
3.2. Tipo de investigación.....	23
3.2.1. Descriptiva	23
3.2.2. Explicativa	24
3.2.3. Estadístico	24
3.2.4. Experimental	24
3.3. Método de investigación.....	24
3.4. Fuentes de recopilación de información	25
3.5. Diseño de la investigación	25
3.6. Instrumento de investigación.....	26
3.6.1. Variables evaluadas	26
3.6.1. 1. Análisis Multivariado de las Variables en Estudio	26
3.6.1.2. Variables productivas.....	27
3.6.1.3. Parámetros de fruto	27
3.6.1.4. Variable Climáticas.....	27
3.6.2. Manejo de ensayo	28
3.6.2.1. Número de mazorcas sanas (NMS).....	28
3.6.2.2. Número de mazorcas enfermas (NME)	28

3.6.2.3. Mazorcas totales (MT)	28
3.6.2.4. Rendimiento (R).....	28
3.6.2.5. Índice de la mazorca (IM).....	29
3.6.2.6. Índice de semilla (IS)	29
3.6.2.7. Largo de la mazorca.....	29
3.6.2.8. Ancho de la mazorca.....	29
3.6.2.9. Peso de la mazorca.....	29
3.7. Tratamiento de los datos.....	30
3.8. Recursos Humanos	30
3.8.1. Equipos	30
3.8.2. Materia Prima.....	31
3.8.3. Materiales de oficina.....	31
CAPÍTULO IV	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1. Variables Climáticas.....	33
4.2. Parámetros productivos	34
4.2.1. Número de mazorcas sanas (NMS).....	34
4.2.2. Número de mazorcas enfermas (NME)	35
4.2.3. Mazorcas totales.....	36
4.2.4. Rendimiento.....	36
.....	38
4.2 Parámetros del fruto.....	38
4.2.1. Índice de mazorca	38
4.2.2. Índice de semilla	39
4.2.3. Peso de mazorca.....	39
4.2.4. Largo de la mazorca.....	41
4.2.5. Ancho de la mazorca.....	41
4.3. Análisis estadístico.....	44
CAPÍTULO V.....	46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
5.1. Conclusiones.....	47
5.2. Recomendaciones	48
CAPÍTULO V.....	49
BIBLIOGRAFÍA	49
6.1. Bibliografía.....	50

CAPÍTULO VII.....	54
ANEXOS	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Taxonomía del cacao.....	11
Tabla 2.	Condiciones meteorológicas y otras condiciones del lugar experimental.....	25
Tabla 3.	Esquema de Análisis de la varianza (ANDEVA) para Diseño de bloque generalizado DBG.....	27
Tabla 4.	Esquema de los tratamientos.....	32
Tabla 5.	Condiciones climáticas anuales durante los años (2017-2019) de evaluación de progenies T. cacao en la zona de Quevedo en Ecuador....	37
Tabla 6.	Promedios estadísticos de los parámetros productivos del cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.).....	40
Tabla 7.	Parámetros del fruto de cacao Nacional, forastero y Trinitario (IM; Índice de mazorca, IS; índice de semilla, PM; peso de mazorca.....	43
Tabla 8.	Calibración del fruto Nacional, Forastero y Trinitario en cada uno de sus respectivos estadios.....	46

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Relación entre el número de mazorcas sanas y número de mazorcas enfermas en relación con la temperatura.....	38
Gráfico 2.	Relación entre el rendimiento y la temperatura.....	39
Gráfico 3.	Análisis de Componentes Principales para los parámetros físicos, productivos y su efecto al cambio climático en función de los diferentes genotipos en estudio.....	47

INDICE ANEXOS

Anexo 1 ANOVA Ancho de mazorca 1er mes.	55
Anexo 2. ANOVA Longitud de mazorca 1er mes.	55
Anexo 3. ANOVA Ancho de mazorca 2do mes.	55
Anexo 4 ANOVA Longitud de mazorca 2do mes.	55
Anexo 5 ANOVA Ancho de mazorca 3er mes.	55
Anexo 6 ANOVA Longitud de mazorca 3er mes.	56
Anexo 7 ANOVA Ancho de mazorca 4to mes.	56
Anexo 8 ANOVA Longitud de mazorca 4to mes.	56
Anexo 9 ANOVA Ancho de mazorca 5to mes.	56
Anexo 10 ANOVA Longitud de mazorca 5to mes.	57
Anexo 11 ANOVA numero de mazorca sana.	57
Anexo 12 ANOVA Índice de Mazorca.	57
Anexo 13 ANOVA numero de Mazorca Total.	57
Anexo 14 ANOVA Índice de Semilla.	57
Anexo 15 ANOVA Número de Mazorcas Enfermas 1er mes.....	58
Anexo 16 ANOVA Número de Mazorcas Enfermas 2do mes.....	58
Anexo 17 ANOVA Número de Mazorcas Enfermas 3er mes.....	58
Anexo 18 ANOVA Número de Mazorcas Enfermas 4to mes.....	58
Anexo 19 ANOVA Peso de Mazorca.....	58
Anexo 20. Imagenes del trabajo realizado en campo.....	59

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Calibración de huerta en cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) Nacional, Forastero y Trinitario, como Herramienta de diagnóstico al cambio climático”				
Autora:	Maria Fernanda Jumbo Tejena				
Palabras clave:	Parámetros climáticos	Parámetros Productivos	Fisiológicas	Fenológicas	
Fecha de publicación:					
Editorial:					
Resumen:	<p>La investigación se realizó en la finca experimental “La Represa” perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Donde se estudió el efecto de la calibración de huerta en cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) en cacao Nacional, Forastero y Trinitario con la finalidad de usarlo como herramienta de diagnóstico al cambio climático y la producción. Para lo cual se empleó un diseño de bloques generalizados (DBG) con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Se identificaron parámetros productivos en relación a los cambios climáticos; se evaluaron caracteres fisiológicos y fenológicos en las tres variedades estudiadas. Además se estudiaron parámetros agronómicos productivos y sanitarios. Los parámetros productivos basados en el NMS, NME, MT de cada variedad no presento 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% . Las características fisio-fenologicas del</p>				

	<p>cacao tenemos un número de mazorcas totales promedio de 15,14 acaparando las mazorcas sanas y enfermas. El quinto mes, las mazorcas presentaron mayores promedios con respecto a los datos de 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). Este estudio es importante porque nos permite predecir en los rendimientos próximos a nivel del campo guiándonos por la calibración y los parámetros climáticos</p>
<p>Abstract:</p>	<p>The research was carried out in the experimental farm "La Represa" belonging to the State Technical University of Quevedo. Where the effect of the calibration of orchard in cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) in National, Forastero and Trinitario cacao was studied in order to use it as a diagnostic tool for climate change and production. For which a generalized block design (DBG) with three treatments and four repetitions was used. Productive parameters were identified in relation to climatic changes; Physiological and phenological characters were evaluated in the three varieties studied. In addition, productive and sanitary agronomic parameters were studied. The productive parameters based on the NMS, NME, MT of each variety did not present significant differences according to the Tukey test at ($p \geq 0.05$), obtaining average values of (12,59) (2,54) (15,14) respectively with these data a calibrated yield is provided that if it shows statistical significance between its treatments being the one with the highest value T2 (2245.42 kg / ha / year) and the one with the lowest value T3 (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%. The physio-phenological characteristics of cocoa have an average total number of pods of 15.14, monopolizing healthy and diseased pods. In the fifth month, the ears presented higher average with respect to the data for the length, the highest value was T2 (24.15) and the lowest value was T3 (22.03), as for width the highest value was T2 (10.30) and the one with the lowest value (T3 (9,13). This study is important because</p>

	it allows us to predict the yields close to the field level, guided by the calibration and the climatic parameters
Descripción:	
Uri:	

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 (1). 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% (2).

Las exportaciones ecuatorianas de la pepa de oro, como se la conoce localmente, registraron una cifra récord en 2018. La Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (Anecacao) indicó que el año pasado se exportaron 315571 toneladas métricas de cacao entre grano y semielaborados, un crecimiento del 4,65% con relación a 2017. Estas ventas representaron al sector cacaotero alrededor de \$ 665 millones, 88% más que en 2017 (3).

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 (4).

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

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 evapotranspiración del agua de los suelos y la transpiración 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 (5).

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 (6). 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 (7).

Una de las limitaciones más importantes de la producción de cacao a nivel mundial es la presencia de enfermedades causadas principalmente por hongos fitopatógenos del género *Moniliophthora* sp., que son altamente invasivas y endémicas para el cacao (8).

El clima es un recurso natural que afecta a la producción. Su influencia en un cultivo determinado depende de las características de la localidad geográfica y de las condiciones de producción (9), el objetivo del presente estudio es de tratar de determinar la producción del sector agropecuario y a su vez incrementarla tomando en cuenta a los diversos factores que repercuten conjuntamente con el clima, con el fin de minimizar la inquietud de los agricultores ante las condiciones que se ven afectadas por diversos factores climáticos.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema

Gran parte de la superficie cacaotera del país corresponde a huertas con más de 30 años, un sistema de producción nacional con baja intensidad tecnológica. Éstas huertas sembradas con árboles del complejo Nacional x Trinitario, cuya población se originó en la recombinación genética de la variedad Nacional con Trinitario, e incluso con cacaos Alto Amazónicos; en este tipo de huerta hay muchas plantas que producen poco o nada debido a los cambios climáticos que afectan la producción del cultivo que por ende tenemos épocas de alta y baja producción.

El cultivo está siendo afectado seriamente por dos amenazas muy frecuentes: las enfermedades por *Moniliophthora* sp., y el cambio climático, el efecto combinado de ambos factores ocasionan las enfermedades que causan una disminución constante de la producción y una reducción de la calidad del grano.

Considerando que el cambio climático ocasiona consecuencias de mayor afectación en la producción por las enfermedades, en la época invernal se ve afectada por la caída de las inflorescencias debido al peso y velocidad del agua al caer acompañado de los fuertes vientos, mientras que, en verano es el mayor problema en la calidad del cacao, ya que el fruto se sobre madura sin lograr cumplir su ciclo de maduración morfológica.

Los factores climáticos más críticos para el adecuado desarrollo del cacao son la temperatura y la lluvia, a estos se le atribuyen al viento y la luz o radiación solar debido a que las condiciones favorables el cultivo se desarrolla bajo cierta cantidad de sombra. La humedad relativa también es sustancial ya que puede contribuirse como vector de varias enfermedades del fruto.

1.1.2. Formulación del problema

¿La calibración de huertas en el cacao proyecta nuestras producciones mensuales del cultivo para obtener un promedio anual basándose al número de mazorcas ayudando al

aprovechamiento del fruto y una mayor rentabilidad de este cultivo a nivel local y tomando en consideración la influencia de la causa-efecto del cambio climático sobre su producción?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuáles serían los parámetros productivos del cacao tomando en cuenta el efecto del clima?

¿En que se relaciona las características fisiológicas y fenológicas del cacao con respecto al cambio climático?

¿Cómo se proporcionaría el resultado final obtenido mediante este proceso de calibración?

1.2. Objetivo General

- Determinar la calibración de huerta en cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional, Forastero y Trinitario, como herramienta de diagnóstico al cambio climático”

1.2.1. Objetivos específicos

- Identificar parámetros productivos en tres variedades de cacao en la Finca Experimental “La Represa” respecto a los parámetros climáticos.
- Evaluar los caracteres fisiológicos y fenológicos en tres variedades de *T. cacao*.
- Validar la calibración de huertas de tres variedades de *T.cacao*, sobre el comportamiento agronómico, productivo y sanitario.

1.3. Justificación

Debido a las diversas alteraciones de los cambios climáticos, los cultivos establecidos de cacao son afectados mayormente en su etapa de crecimiento, desarrollo y producción. Este fenómeno natural, podría dañar irreversiblemente la base de recursos naturales en la que la agricultura depende, con esta investigación se pretende dar aportes claves y esenciales para una mejor comprensión sobre la producción en las huertas cacaoteras y en si obtener mayores rendimientos en sus diferentes etapas, sobre todo en la situación actual en la que estamos viviendo y los efectos que trae consigo la variación en el clima afectando a las diferentes especies de vida, por tal razón es conveniente mejorar la comprensión de la trazabilidad del cultivo (producción-proceso-comercialización) para buscar las oportunidades que nos permitan aumentar la eficiencia y que el productor aumente sus ingresos con la venta de cacao, y en cierto caso para contribuir a nuevas medidas amigables para el medio ambiente.

Esta calibración se basa en las estimaciones del rendimiento del fruto partiendo como una opción para determinar las producciones que obtendremos para las próximas cosechas tomando en cuenta que este término lo empleamos de forma contextual ya que no posee una definición concreta en sí, sin embargo estos resultados obtenidos serán de gran utilidad para los productores de cacao, como también será de parte hacia nuestra comunidad universitaria como un documento académico al mismo tiempo ayudará a interesados en conocer más sobre este tema de escasa definición. Debido a que actualmente no existe un estudio a nivel nacional donde se refleje la producción del fruto tanto en cacao como otros cultivos, relacionándolos juntos con el efecto del cambio climático.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual

Cacao

Pequeña planta tropical que se cultiva por sus semillas en forma de almendra, las cuales se utilizan para elaborar el chocolate. También llamado árbol del cacao o cacaotero. Pertenecer a la familia de las malváceas. La especie es originaria del bosque tropical de la cuenca del Amazonas, y se reconocen dos zonas de distribución en la era precolombina. Se cultivó por primera vez en Centroamérica y el norte de Suramérica, y las variedades que allí se encontraron se conocen como criollas (10).

Calibración

Ajustar, con la mayor exactitud posible, las indicaciones de un objeto de medida con respecto a un patrón de referencia (11). La calibración de huertas de cacao es una técnica que permitiría diagnosticar la producción futura, no existe una definición exacta, pero se puede estimar cuantitativamente en base a el número de mazorcas en los diferentes estadios de desarrollo.

Cambio climático

Se define al cambio climático como el "atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables" (12).

Línea ecuatorial

La línea del Ecuador es una línea imaginaria que sirve para dividir nuestro planeta en dos: el hemisferio norte y el hemisferio sur, está situada en el paralelo 0 encontrándose a la misma distancia de ambos polos del planeta. Ha sido trazada horizontalmente en el punto en el que la Tierra cuenta con un mayor diámetro y aunque mayoritariamente atraviesa el océano, también pasa por algunos países. La latitud del Ecuador es de 0°, esto hace que todos los países que son atravesados por esta línea imaginaria cuenten con un clima particular caracterizado por lluvias a lo largo de todo el año, temperaturas templadas y poco viento, lo que ahora se conoce como clima ecuatorial (13).

Huerta

Son el resultado de una larga adaptación de las plantas a las condiciones locales, las huertas son los lugares de conservación de las especies vegetales indígenas (de plantas domésticas y semi-silvestres comestibles y útiles) que reflejan sus diferencias culturales (14).

2.2. Marco Referencial

2.2.1. Generalidades

El cacao, es un árbol originario de las selvas de América Central y del Sur, su nombre científico es *Theobroma cacao* L. Crece mejor en climas ecuatoriales donde hay abundantes precipitaciones durante todo el año y temperaturas relativamente estables. El árbol demora 24 meses para producir frutos y de 5 a 8 años en lograr su máxima producción, sin embargo, depende del tipo de cacao y de las condiciones de la zona (15).

La planta de cacao puede crecer hasta los 10 metros, pero para facilitar la cosecha se la cultiva hasta los 3 metros. Los frutos del cacao crecen directamente con el tronco del árbol,

miden aproximadamente de 15 a 25 cm de largo y 10 cm de diámetro. En cada fruto se puede encontrar de 30 a 40 semillas o almendras, dependiendo su tamaño; estas semillas están rodeadas de una pulpa llamada mucílago, que por ser jugosa y dulce es muy apetecida por los insectos (16).

2.2.2. Grupos Genéticos

La especie *Teobroma cacao* L ($2n= 2x= 20$) pertenece a la familia de las Malváceas y tradicionalmente se le ha clasificado en tres grupos morfo geográficos principales: Forastero, Criollo y Trinitario (17). A nivel internacional se reconocen dos clases de cacao en grano, cacao “fino o de aroma” y el cacao “al granel” o “común” (18).

Criollo

Palabra que significa nativo pero de ascendencia extranjera, se originaron en Sudamérica, la mayoría de los autores dan las siguientes características como típicas de Criollos (19), mazorca cilíndrica, con diez surcos profundos simples o en cinco pares, cáscara (pericarpio) verrugosa, delgada o gruesa, con una ligera capa lignificada, en el centro del pericarpio, con o sin depresión en el cuello, plantas agudas en cinco ángulos, rectos o encorvadas, el color de la mazorca puede variar del verde al rojo, semillas blancas o ligeramente pigmentadas, cilíndricas u ovaladas (20). El árbol es de porte bajo y menos robustos que los otros genotipos y tiene bajo rendimiento. El cacao criollo se caracteriza por su alta susceptibilidad a las principales enfermedades (19).

Nacional

El cacao Nacional o sabor arriba se caracteriza por tener fermentación muy corta y dar un chocolate suave de buen sabor y aroma, por lo que es reconocido internacionalmente con la clasificación de “Cacao Fino de Aroma”, por lo cual tiene un precio especial en el mercado. Más del 76% de las plantaciones de cacao del país es la variedad Nacional, los árboles son altos, producen mazorcas grandes semejantes a los “amelonados”, pero con surcos más

profundos; las almendras son grandes y de color morado pálido u oscuro o marrón (21). Las semillas fermentan en 4-5 días y tienen un intenso aroma floral. Las variedades de cacao ‘Nacional’, siempre han estado plantadas con variedades del grupo ‘Trinitario’ desde su introducción en el Ecuador, en 1892 (19).

Forastero

Se han caracterizado por tener una mazorca ovoide amelonada, con diez surcos superficiales o profundos, cascaras lisas y ligeramente verrugosas. Delgadas o gruesas con una capa lignificada en el centro del pericarpio (20), la mazorca de todos los forasteros es amarilla cuando están maduras y con surcos y rugosidades poco conspicuas, lisas y de extremo redondeado o punta muy corta. Dentro de este grupo se desatacan distintos grupos como Cundeamor, Amelonado, Sambito, Calabacillo y Angoleta. Las semillas son más o menos aplanadas y los cotiledones frescos son de color violeta (19).

Trinitario

Son cruces que se dieron de forma natural entre los Criollos y Forasteros y otros fueron propiciados por el hombre en la isla de Trinidad y Tobago por lo que reciben la denominación de Trinitarios. Estos son los cacaos más ampliamente producidos en el mundo debido a su gran rango de adaptabilidad y resistencia a plagas y enfermedades (22).

2.2.3. Taxonomía

Tabla 1. Taxonomía del cacao

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Dilleniidac
Orden:	Málvales
Familia:	Malváceas
Subfamilia:	Byttnerioideac

Tribu:	Theobromeac
Género:	<i>Theobroma</i>
Especie:	<i>Cacao.</i>

Fuente: (23).

2.2.4. Descripción botánica

Raíz.

El cacao posee raíz principal y secundaria profunda, por consiguiente, como primer criterio para la instalación de una plantación comercial, se requiere suelos profundos. Además, posee una infinidad de raicillas o pelos absorbentes, que por lo general están entre 0 – 5 cm del suelo (24).

Tallo y ramas

Las plantas de cacao, reproducidas por semillas, desarrollan un tallo principal de crecimiento vertical que puede alcanzar 1 a 2 metros de altura a la edad de 12 a 18 meses. A partir de ese momento la yema apical detiene su crecimiento y del mismo nivel emergen de 3 a 5 ramas laterales. A este conjunto de ramas se le llama comúnmente verticilio u horqueta (24).

Hoja

La hoja es perenne y pueden llegar a medir unos 20 cm. Las hojas de estas ramas, están posicionadas en dos filas, una a cada lado de la rama. Las Hojas son grandes, alternas, colgantes, elípticas u oblongas, de 20 a 35 cm de largo por 4 a 15 cm de ancho, de punta larga, ligeramente gruesas, margen liso, verde oscuro en el haz y más pálidas en el envés, cuelgan de un pecíolo Mamani (25).

Flores

Las flores en cacao son hermafroditas pentámeras; es decir; está compuesta por cinco sépalos, cinco pétalos, cinco estambres, cinco ovarios y cinco estaminoides que crecen en simetría radiada. Las flores tienen una viabilidad de hasta dos días; luego de lo cual, si no son fecundadas se caen (26).

Fruto

Los frutos son bayas indehiscentes, mejor conocidas como mazorcas que pueden variar de forma, espesor, rugosidad, color y tamaño según su origen genético. Se observa toda una gama de colores, que en estado inmaduro van de tonos verdes, rojizos y cafés; con surcos y lomos pigmentados, mientras que en estado maduro varían de amarillo, café amarillento a rojizos anaranjados (26). Dependiendo de la variedad, los Amelonados y Calabacillos son de formas características del cacao Forastero, mientras que las formas Angoleta y Cundeamor son representativas de los tipos Criollo y Trinitario en sus estados puros. Producto de la polinización cruzada ya se encuentra cualquier forma de mazorca en cualquiera de los tipos genéticos mencionados (24).

Semilla

Las semillas presentan una forma oblonga y varían mucho de tamaño según el tipo de cacao. Tienen un recubrimiento o cutícula que protege los cotiledones, en la parte exterior se encuentra el mucílago que es la pulpa dulce de la semilla, permitiendo diferenciar algunos genotipos de cacao. El color de la semilla también varía de acuerdo con el genotipo desde blanco ceniciento, blanco puro, hasta un morado oscuro y todas las tonalidades intermedias (27).

2.2.5. Requerimientos edafoclimáticos

El crecimiento, desarrollo y la buena producción del cacao están relacionados con las condiciones medioambientales de la zona donde se cultiva. Es por ello que los factores climáticos influyen en la producción de una plantación; por lo tanto, las condiciones térmicas y de humedad deben ser satisfactorias para el cultivo por ser una planta perenne y que su periodo vegetativo como: la época de floración, brote y cosecha está regulado por el clima, cuya relación del transcurso climático y el periodo vegetativo nos permite establecer los calendarios agroclimáticos (25).

2.2.6. Manejo agronómico

A. densidad poblacional

Dependiendo de la zona de producción en Ecuador, se presentan las siguientes alternativas de distanciamiento en cuadrado:

Para zonas del litoral

- 3 m x 3m (1111 plta/ha)
- 3 m x 3,5 m (952 plta/ha)
- 3,5 m x 3,5 m (816 plta/ha)

Para zonas de la Amazonia:

- 3,5 m x 4 m (714 plta/ha)
- 4 m x 4 m (625 plta/ha) (15)

Cuadrado o marco real (cuatro vientos): los ejemplares en este sistema se ubican en los vértices de un cuadrado que se distribuyen en el terreno en forma contigua.

- **Rectangular:** Es similar al cuadrado, pero varía la distancia en un sentido con lo que se logra que las plantas se ubiquen en los vértices de un rectángulo.
- **Tresbolillo o triángulo equilátero:** las plantas en ese tipo de plantación deben formar entre sí triángulos cuyos tres lados sean iguales. Con este método de plantación se coloca una mayor cantidad de plantas por hectárea que utilizan el del cuadrado (28).

b.- Siembra

La siembra del cacao empieza por la elección de la variedad genética, teniendo en cuenta los diferentes métodos de propagación, sean estos por semillas, acodos, ramillas, etc. También es importante tener en cuenta los tipos de suelos para implantar el cultivo ya que la planta de cacao se adapta a varios tipos de suelos, incluso llega a producir en suelos con baja fertilidad, en el último caso, aunque la producción es limitada agrega. Sin embargo, el cacao prefiere los suelos fértiles con alto contenido de materia orgánica. Además, tienen que ser francos, profundos, bien drenados y con buena retención de agua disponible según lo manifiesta (29).

c.- Control de malezas

El mayor problema con malezas ocurre al establecimiento, debido a la distancia de siembra. Se debe mantener a la planta libre de malezas en un diámetro de 1m alrededor del tronco empleado control mecánico, es preferible no usar herbicidas sistémicos en la corona. Para aplicaciones fuera de la corona puede utilizarse el herbicida Paraquat 1,5 l/ha y por separado Metsulfuron-Metil para malezas de hoja ancha 30 g/ha, este control se lo realiza desde la siembra hasta los 4 años de edad del cultivo. Posteriormente, la sombra reduce la incidencia de malezas en una plantación de cacao, así como la cobertura (hojarasca) que se forma al nivel del suelo contribuye a reducir la germinación de malezas; de esta manera el crecimiento de la planta y la hojarasca juegan un papel importante en el control de malezas (15).

d.- Podas

La poda, en el cacao, consiste en eliminar yemas, ramas improductivas y partes secas de la planta para facilitar el desarrollo de nuevas yemas, lo que permitirá la entrada de luz en el cacaotal y eliminará la presencia de plagas y enfermedades. La poda prolonga la vida útil del árbol y aumenta el rendimiento. Las podas deben ser ligeras, buscando una estructura adecuada para el árbol, mejorar la aireación y facilitar la penetración de luz. El principal

objetivo de la poda es generar nuevas yemas terminales e incrementar la floración y obtención de frutos, las podas se realizan de acuerdo con la edad y condiciones de la planta. Existen tres tipos de podas: de forma, de mantenimiento y de rejuvenecimiento (30).

e.- Fertilización

El manejo de la fertilización es un aspecto relevante para el desarrollo de los cultivos ya que un excesivo aporte de nutrientes puede sobrepasar la capacidad de absorción de la planta y generar un riesgo ambiental, como también una pérdida económica para el agricultor. La aplicación de los fertilizantes demanda la consideración de algunos aspectos entre los que se encuentra la profundidad del suelo, drenaje, áreas sujetas a inundaciones y sombra influyen en la respuesta a la fertilización. Se ha observado que la fertilización nitrogenada en huertas de cacao con sombra permanente en lugar de beneficiarlo lo perjudica (31).

2.2.7. Plagas y enfermedades

a.- Insectos lagas

Las plagas que afectan al cultivo y su frecuencia son: *Phytophthora capsici* (67 %), *Fusarium* sp. (10.1 %), *Colletotrichum gloeosporioides* (3.7 %), *Ceratocystis cacaofunesta* (0.9 %), *Atta* sp. (33.9 %), *Toxoptera aurantii* (11 %), ardillas (7.3 %), *Xyleborus ferrugineus*, *Xylosandrus morigerus*, *Hypothenemus birmanus*, *Corthylus minutissimus*, *Taurodermus sharpi*, *Hypothenemus interstitialis* (5.5 %), *Vanduzeeia segmentata* (5.5 %), pájaro carpintero (4.6 %), *Selenothrips rubrocinctus* (3.7 %), *Clastoptera laenata* (3.7 %) y tuzas (3.7 %) (32).

b.- Enfermedades

Las principales enfermedades que afectan las huertas pueden ser controladas y obtener buena producción, aunque en la plantación estén presentes todas ellas. Entre las principales

enfermedades están: Mazorca Negra (*Phytophthora sp.*) Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y la Escoba de Bruja (*Moniliophthora perniciosa*) (33).

2.2.8. Cambio climático

El cambio climático, generado por el incremento en las concentraciones de gases efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, ha producido continuos acontecimientos climáticos, como el aumento global de la temperatura del aire, océanos, el derretimiento de nieve y hielo y consecuente acrecentamiento del nivel del mar (34).

2.2.9. Cambio climático y agricultura en Ecuador

El Ecuador está considerado como un país con gran biodiversidad. Ello se debe a determinadas características climatológicas particulares, su ubicación geográfica y la presencia de la cordillera de los Andes. Las condiciones climáticas en el Ecuador son determinadas por variables que dan lugar a marcados cambios temporales y espaciales en las regiones del país. Dos de las variables principales son la temperatura y la precipitación. En el país, al igual que en el resto del planeta, las observaciones de temperatura muestran una leve tendencia creciente, con aumentos de las variaciones interanuales e interestacionales (35).

Los modelos climáticos indican que varias regiones tendrán que cambiar los cultivos y las estrategias de cultivo o implementar prácticas de gestión de adaptación con el objetivo de mantener el suministro de cacao y vidas sostenibles. El cambio climático tendrá un impacto significativo sobre el cacao en África Occidental; se espera que la mayoría de los efectos proyectados ocurran antes del 2030. Esto significa que el cacao plantado hoy tendrá que adaptarse a los patrones cambiantes de lluvia, así como a mayores temperaturas durante su vida productiva (36).

En la región ecuatoriana las condiciones climáticas ofrecen la posibilidad de cultivar el cacao a plena exposición solar. Sin embargo, son escasos los trabajos realizados comparando las respuestas ecofisiológicas, que son los procesos metabólicos de las plantas

frente a factores ambientales de los diferentes tipos de cacao en ecosistemas agrícolas, enfocándose en la disponibilidad de agua en el suelo (37).

Para el áreas de trabajo prioritarias para la adaptación al cambio climático se han considerado dos criterios: los sectores priorizados en el Plan Nacional para el Buen Vivir y en las Políticas públicas del país; y los sectores que han logrado consolidar más información acerca de los futuros impactos del cambio climático, una vez que éstos se verían directamente afectados por otras áreas y sectores a través de un extenso y complejo sistema de interacciones, reportados en el Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. De esta forma, los sectores prioritarios para la adaptación al cambio climático en Ecuador son: agricultura, ganadería y soberanía alimentaria; pesca y acuicultura; salud; recursos hídricos; ecosistemas naturales; grupos humanos vulnerables; turismo; infraestructura; y asentamientos humanos (38).

2.2.10. Lucha contra los efectos del cambio climático

Las plantaciones de cacao, en las cuales puede haber alrededor de 1111 árboles por hectárea en las regiones más productivas, imitan el bosque natural. Estas plantaciones pueden:

- Ayudar a recuperar el suelo
- Reducir la erosión
- Aumentar la fertilidad del suelo
- Promover la biodiversidad
- Impulsar la resiliencia de los agricultores ante los efectos del cambio climático y los fenómenos meteorológicos extremos.

En la actualidad, se usa una gran cantidad de material orgánico que queda tras las cosechas de los cultivos para preparar una cubierta vegetal para el suelo. Ésta cubierta actúa como fertilizante orgánico para los árboles de cacao, sin necesidad de usar productos químicos (39).

2.2.11. Amenaza del cacao con respecto al clima

El problema es que el arbusto del cacao es de naturaleza delicada, está en peligro, amenazada por plagas hongos y también por el cambio climático, que está alterando las condiciones en las que se desarrolla, esta especie solo crece entre 20 grados al norte y 20 grados al sur del Ecuador, en lugares donde las temperaturas son uniformes todo el año, la humedad es alta, llueve mucho, el suelo es rico en N y están protegidos del viento, según los expertos, si todo sigue como ahora, esas zonas experimentarán un aumento de sus temperaturas de 2,1 grados, pero el cacao se verá más afectado por la 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 lluvias que compense esa evaporación, si esto ocurriese, la producción de cacao comenzaría a descender y miles de personas tendría que buscar otra forma de sobrevivir. Un descenso en la producción de cacao supondría un encarecimiento de su precio, y con ello una subida en el precio del chocolate y terminaría convirtiéndose en un bien de lujo (40).

2.2.12. Efecto del cambio climático en la propagación de enfermedades en cultivos tropicales

El cacao, así como otros cultivos tropicales se ven afectados por la incidencia de plagas y enfermedades, entre las que destaca el hongo “Moniliasis del Cacao” que es causante de la pérdida de grandes cosechas en algunas zonas. Con la utilización de Sistemas de Información Geográfica y herramientas de modelización, junto al conocimiento del cultivo de cacao en Ecuador, y su distribución en la costa ecuatoriana, se realizaron diferentes escenarios de cambio climático a nivel sudamericano, proyectando en cada uno de ellos las principales enfermedades que afectan al cultivo de cacao, encontrándose que podría dispersarse a lugares en los que actualmente no se registra la presencia de dichas enfermedades. la precipitación, temperatura y humedad relativa, condiciones reguladas por el propio cacao, forman un microambiente óptimo para monilia. Esto es lo que hace que la monilia se ajuste perfectamente a la temperatura media diaria en los trópicos, posiblemente

como consecuencia de la adaptación a las condiciones ambientales donde el cacao crece normalmente (41).

2.2.13. Cacao y el cambio climático.

Actualmente ya se constata en campo y en estudios científicos, que el cacao está modificando sus patrones de áreas de cultivo debido principalmente al incremento de la temperatura (42).

La cacaocultura tiene el reto de aumentar la resiliencia a los riesgos múltiples relacionados con el cambio climático y el ambiente. El cambio climático se puede definir como la variación sustantiva y significativa del clima, atribuible directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera y cuyos efectos se suman o afectan la variabilidad natural del clima. Este fenómeno es resultado del aumento de la concentración de ciertos gases en la atmósfera (gases de efecto invernadero), fundamentalmente dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, producidos por actividades humanas vinculadas al uso de combustibles fósiles, la industrialización, la agricultura y el cambio en el uso del suelo. En la práctica, el cambio climático puede traer las siguientes consecuencias para la agricultura:

- Alteración de los períodos secos y de lluvia
- En algunas zonas llueve más y en otras menos de lo habitual
- Algunas zonas agrícolas pierden la aptitud para cultivos que eran tradicionales
- Otras zonas se hacen aptas para nuevos cultivos

Los factores que más importancia climática tienen para el cacao son la temperatura y la lluvia. Ellos son, sin lugar a duda, los que limitan las zonas para su cultivo y son considerados como los factores climáticos críticos para su desarrollo (43).

Sin embargo, en algunos lugares el viento puede ser también un factor de importancia, así como la radiación solar. El cacao es una planta que se desarrolla bajo sombra, pero bajo condiciones especiales de luminosidad y distribución o provisión de agua, puede ser

cultivada a plena exposición, aunque en estos casos los requerimientos de otros factores no deben ser olvidados (47). La humedad relativa también tiene importancia puesto que de ella puede depender la facilidad de propagación de algunas enfermedades, especialmente las de la mazorca; sin embargo, su importancia no se puede comparar con los factores antes mencionados, pues podría ser limitante en condiciones especiales. Todos estos factores climáticos han reducido el cultivo del cacao a un área bastante específica, comprendida entre los 20° grados tanto al norte como al sur del ecuador terrestre (48) (49) (50).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. 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 (44).

Tabla 2. *Condiciones meteorológicas y otras condiciones del lugar experimental.*

Datos meteorológicos	Valores medios
Temperatura, °C:	23,4
Humedad relativa media, (%):	87
Heliofanía, horas/luz/mes	67,4
Precipitación, mm/mensual	140,8
Topografía del terreno	Plana
Textura del suelo	Franco-arcilloso
pH	5,7 (ligeramente ácido)

Fuente: (44).

3.2. Tipo de investigación

Esta investigación tomo un tiempo de duración de 4 meses, en la cual se llevó a cabo en una plantación establecida, con una línea de investigación en agricultura, silvicultura y producción animal, con una sublínea en el desarrollo de conocimiento y tecnologías de agricultura alternativa aplicable a las condiciones del trópico húmedo y semihúmedo del litoral ecuatoriano.

3.2.1. Descriptiva

Se consideró las situaciones del proceso de desarrollo de la mazorca de cacao, en este apartado no solo se limitó a la recolección de datos, sino también a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables, se resumió la

información de manera cautelosamente para luego analizar minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que aporten a nuestro conocimiento.

3.2.2. Explicativa

Mediante este método se logró estudiar toda la información recopilada, tanto del estudio de campo como la que ha sido citada mediante documentos y literatura. El análisis de los resultados se realizó con el propósito de cumplir con los objetivos de la presente investigación obtenidos a través de las fuentes primarias para el análisis de la producción del cacao en la Finca Experimental “La Represa”, con la finalidad de dar a conocer nuestros resultados a las personas dedicadas a esta labor de producción de cacao.

3.2.3. Estadístico

Mediante este método se interpretó de forma estadística los datos recopilados a través del estudio de campo, el cual nos conllevó a representar dichos datos de forma gráfica para una mejor comprensión.

3.2.4. Experimental

La investigación que se realizó es de tipo experimental que contribuye a la investigación de la producción de cacao con las principales variedades, además se realizó los respectivos análisis de parámetros sobre su productividad.

3.3. Método de investigación

Se utilizaron los métodos analíticos, deductivo-inductivo, los cuales nos permitieron plantear nuestras variables de estudio para la evaluación de los parámetros de la producción, de las distintas variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) predominantes del sector.

3.4. Fuentes de recopilación de información

La información planteada en esta investigación se obtuvo mediante las fuentes primarias que contienen información nueva y original, resultado de un trabajo intelectual y fuentes secundarias contienen información organizada y elaborada, producto de análisis, extracción o reorganización que refiere a documentos primarios originales.

3.5. Diseño de la investigación

Se empleó 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

Tabla 3. Esquema de Análisis de la varianza (ANDEVA) para Diseño de bloque generalizado DBG.

Fuente de variación		Grados de libertad
Tratamientos	t-1	2
Bloque	n-1	1
Trat. x bloque	(t-1)(r-1)	2
Error experimental	t.b (t-1)	18
Total		23

Elaboración: Autor

Modelo matemático

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + b_j + tb_{ij} + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk}= El modelo total de una observación

μ= Media general

t_i= El efecto “i-esimo” del tratamiento

b_j= El efecto “j-esimo” del bloque

tb_{ij}= Es la interacción bloque x tratamiento

E_{ijk}= Error Experimental o aleatorio (51).

3.6. Instrumento de investigación.

Para este estudio se empleó un sistema estadístico en donde nos permitió introducir nuestros datos de muestras para sus respectivos análisis con junto las tomas se hayan presentado en diferentes etapas de la producción y en si lograr una estimación más compleja.

3.6.1. Variables evaluadas

3.6.1. 1. Análisis Multivariado de las Variables en Estudio

Para las variables productivas, físicas y climáticas se aplicó la estadística no paramétrica, análisis multivariado por componentes principales de una manera gráfica para determinar la variabilidad de lo físico-productivo con relación al cambio climático de las mazorcas de cacao evaluado con el software informático Infostat. El ACP es un análisis de ordenamiento que utiliza las estructuras de los autovectores de la matriz de correlación o bien de una matriz de varianza-covarianza calculadas a partir de las variables originales cuantitativas. Este método permitió observar la similitud entre los individuos o grupos de individuos, éste utilizó en caracterización de genotipos donde puede haber varios componentes principales que, en conjunto, explican la variabilidad fenotípica de la población. Es un método que se emplea para describir las relaciones entre variables cuantitativas que permite hacer estudios que admiten un balance de los enlaces entre las variables y un balance de las semejanzas entre los individuos (45)

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:

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

El APC y los gráficos denominados biplot, empleadas en la reducción de dimensión. Lo que permite conocer todos los datos generados en un espacio de menor dimensión. Por lo que se construyen ejes artificiales a los que se les denomina (Componentes Principales) estos analizan y sintetizan la variabilidad o dispersión con sus características originales, los biplot expresan la forma gráfica para identificar asociatividad (46).

Los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además fueron independientes entre sí. De esto se presentaron los resultados en forma gráfica (biplot) (46).

3.6.1.2. Variables productivas

- Número de frutos sanos
- Número de frutos enfermos
- Mazorcas totales %
- Rendimiento

3.6.1.3. Parámetros de fruto

- Índice de la mazorca
- Índice de semilla
- Largo de la mazorca
- Ancho de la mazorca
- Peso de mazorca

3.6.1.4. Variable Climáticas

- Datos Meteorológicos finca experimental “la represa” de los años 2017, 2018, 2019

3.6.2. Manejo de ensayo

3.6.2.1. Número de mazorcas sanas (NMS)

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

3.6.2.2. Número de mazorcas enfermas (NME)

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

3.6.2.3. 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.

3.6.2.4. Rendimiento (R)

Se determinó con la fórmula que a continuación se indica:

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

Dónde:

R= Rendimiento.

Nm= Numero de mazorca por planta.

IM= Índice de mazorca.

Np= Numero de planta por hectárea.

3.6.2.5. 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:

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

3.6.2.6. 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:

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

3.6.2.7. 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.

3.6.2.8. 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.

3.6.2.9. 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.

3.7. Tratamiento de los datos

Será realizado mediante el análisis de varianza ANDEVA y la comparación de medias se realizó utilizando la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05$), y se utilizará un software de versión libre (INFOSTAT)

Tabla 4. *Esquema de los tratamientos.*

Bloque	Tratamiento	T. U. E.	Número de repeticiones	Total de unidades
2	T0 (Forastero)	3	4	24
2	T2 (Trinitario)	3	4	24
2	T3 (Nacional)	3	4	24
Total			12	72

Elaborado por: Autor.

3.8. Recursos Humanos

Esta investigación se realizó con la orientación metodológica por parte del Ing. Jaime Fabián Vera Chang como tutor. Y la egresada María Fernanda Jumbo Tejena como tesista.

3.8.1. Equipos

Los materiales y equipos que se utilizaron en la calibración de huerta con variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) Trinitario, Forastero, Nacional seleccionados en los predios de la Finca Experimental “La Represa”.

- Balanza
- Calibrador
- Recipientes
- Machete
- Cestos recolectores

3.8.2. Materia Prima

- Plantas de cacao
- Agua

3.8.3. Materiales de oficina

- Computadora
- Impresora
- Hojas A4
- Lapiceros
- Libreta de campo
- Internet
- Perforadora
- Cintas de colores

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. 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 5).

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 5).

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 último al 2019 con 66,96 horas/luz/mensual siendo el valor más bajo. (Tabla 5).

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 5.).

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 5).

Tabla 5. 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

INAMHI, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2019), Anuarios Meteorológicos: 2019 Biblioteca de INIAP 2017-2019, Quevedo, Ecuador.

4.2. Parámetros productivos

4.2.1. Número de mazorcas sanas (NMS)

En los resultados obtenidos en el Andeva, se observa que se observa que no se presentó vsignificancia estadística según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), entre los tratamientos el que mayor número de mazorcas alcanzo 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 1.).

Según Fernández *et al* (2020) (47). Los clones T23, INIAP 484 y T13 presentó similar a lo reportado anteriormente por indica 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 (48) 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

4.2.2. Número de mazorcas enfermas (NME)

Según en los resultados obtenidos en el análisis de varianza ANDEVA 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 1).

Fernandez *et al*, 2020 (47) 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 (2017) (49) sostiene que existen un sin número de factores que afectan al número final de frutos, entre ellos es el “Cherelle wilt” 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 (50) 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" (*Moniliophthora roreri*), la "mazorca negra" o "pudrición parda" (*Phytophthora palmivora*) y la "escoba de brujas" (*Moniliophthora a perniciosa*) ya ha sido reportada en países como Ecuador. Según Anzules *et al*. (2019) (50), 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 "cherelle wilt" es un fenómeno poco conocido que afecta a aproximadamente al 60% de los frutos jóvenes del cacao Bradnan *et al.*,(2015) (51)

4.2.3. 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 1).

Herrera y Hernandez (52) 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 Pérez *et al.*, 2014 (53) , 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 con un máximo de 178 y un mínimo de 6 mazorcas por planta, con una media de 92.

4.2.4. 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 2245,42 kg/ha/año. Y con el menor valor presentó el T3 con 1681,60 kg/ha/año indicando un promedio de 1930,42 kg y un coeficiente de variación de 0,15%.

Para Barrezueta-Unda (2019) (54). 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) (55), 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 $300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ Quiroz y Amores et al., (2002) (56), y se tiene registro de un promedio mundial de $480 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$.

Tabla 6. 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	12,02 a	2,65 a	14,67 a	1864,25 b	1219,52 b
2	T2	Trinitario	14,06 a	2,62 a	16,43 a	2245,42 a	1284,14 a
3	T3	Nacional	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

Gráfico 1. Relación entre el número de mazorcas sanas y número de mazorcas enfermas en relación con la temperatura

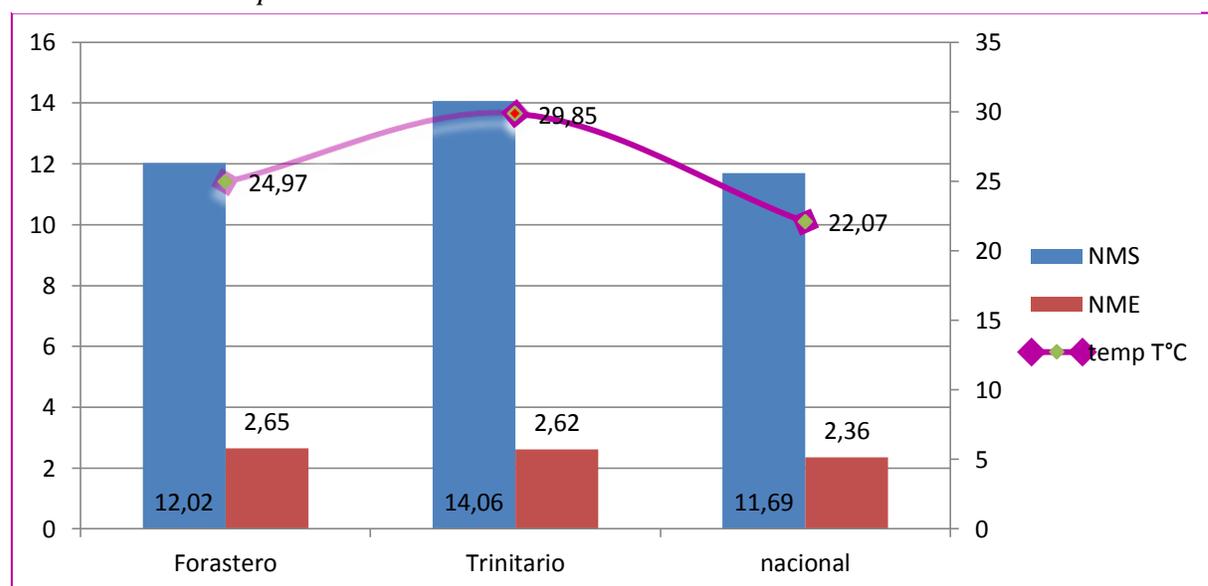
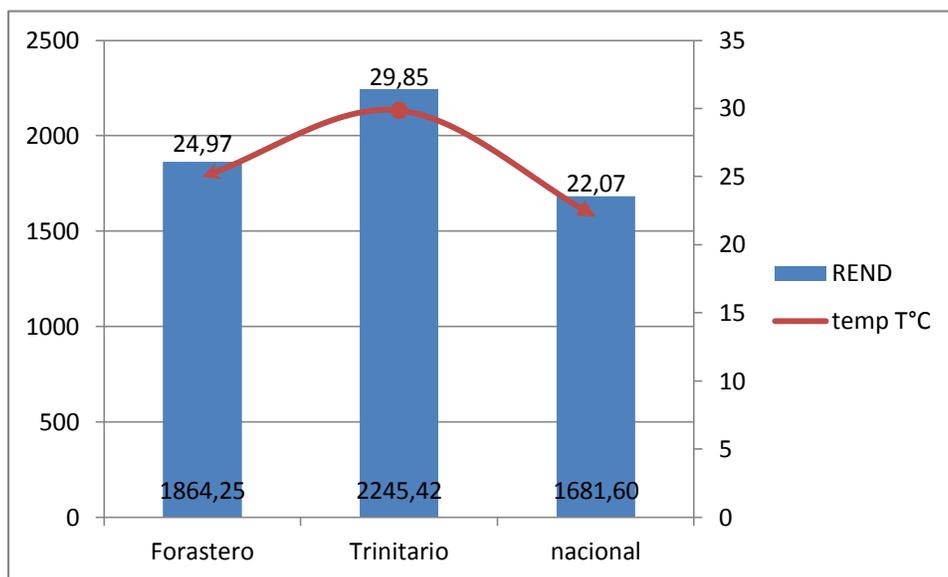


Gráfico 2. Relación entre el rendimiento y la temperatura.



4.2 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) (57), 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) (58) 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*, 2017) (59)..

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 andeva que obtuvo un valor de (1,22) (tabla 7).

Según en las investigaciones de Vera et al, (2019) (60) 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 (61), 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 ultimo 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 parámetro estudiados por otros autores.

Pérez *et al.*, 2014 (62), 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 presentan un rango de variación entre 0.9 a 1.3 g.

4.2.3. 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 7.)

Estando relacionado con los pesos de Gonzales *et al.*, (2019) (57), 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) (52) 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.

Ramón *et al* (2017) (59) 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) (63) 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) (57), algunos parámetros de cosecha como índice de semilla, índice de mazorca se relacionan con condiciones genéticas de las plantas de cacao.

Tabla 7. Parámetros del fruto de cacao Nacional, forastero y Trinitario (IM; Índice de mazorca, IS; índice de semilla, PM; peso de mazorca).

No	Código	Descripción de los tratamientos	IM		IS		PM	
1	T0	Forastero	21,49	a	1,17	a	701,38	a
2	T2	Trinitario	20,87	a	1,22	b	749,50	a
3	T3	Nacional	23,17	a	1,17	a	691,38	a
PROMEDIO			21,18		1,19		714,09	
C.V.			2,1%		24%		4,4%	

4.2.4. 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 8.)

Según Ramon *et al* (2017) (59) 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.

4.2.5. 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 si 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 tratamiento obteniendo un promedio general de 9,72 y un coeficiente de variación del 6,2%. (Tabla 8).

En concordancia de Ramon et al (2017) (59), 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.

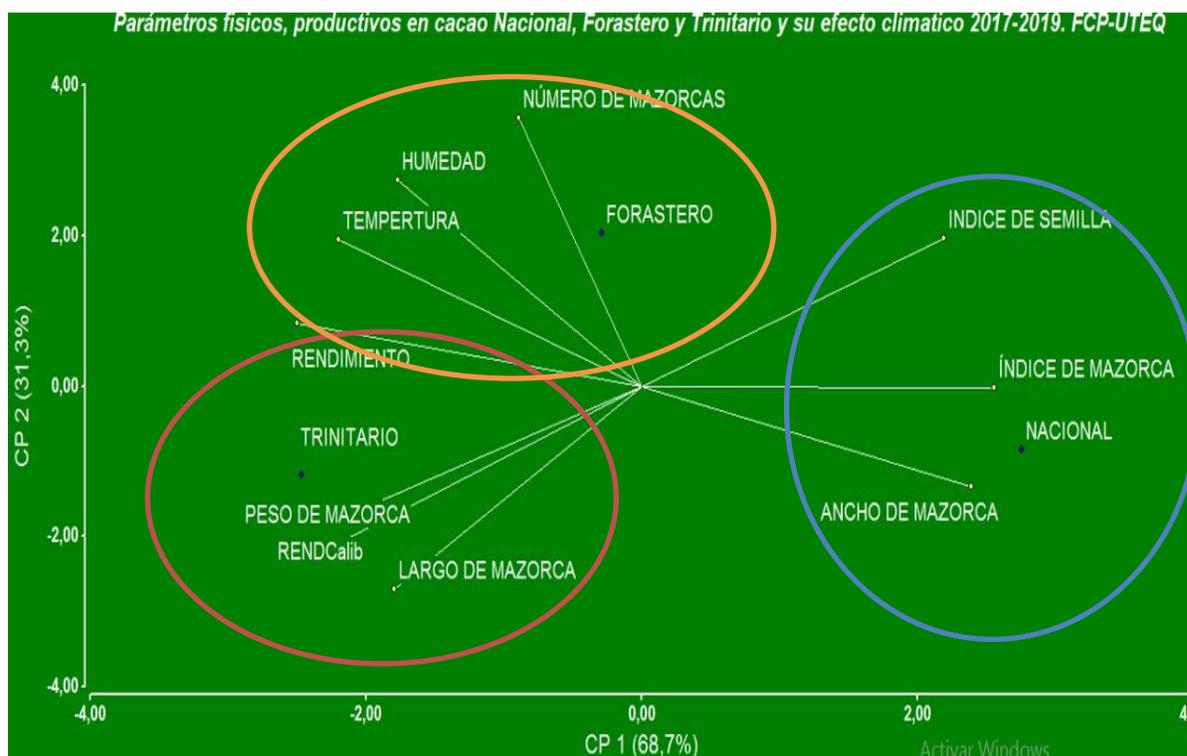
Tabla 8. Calibración del fruto Nacional, Forastero y Trinitario en cada uno de sus respectivos estadios.

Calibración del fruto			MAZORCAS									
			1° Mes		2° mes		3° mes		4° mes		5° mes	
No	Código	Descripción de los tratamientos	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho
1	T0	Forastero	6,3 a	2,05 a	8,55 b	3,04 ab	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 ab	2,81 b	14,99 a	7,88 a	19,59 a	8,45 a	23,59 ab	10,33 a
3	T3	Nacional	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
C.V. %			2,5%	4,1%	9,8%	31,7%	2,6%	12,6%	3,0%	1,5%	4,1%	6,2%

4.3. 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 numero 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, entre variedades de cacao con la temperatura y la humedad comprendido entre los periodos 2017-2019. (Grafico 3).

Gráfico 3. Análisis de Componentes Principales para los parámetros físicos, productivos y su efecto al cambio climático en función de los diferentes genotipos en estudio



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

influenciado 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 (64).

Una característica importante para el cultivo de cacao en el cantón Shushufindi ha sido su clima y la riqueza de materia orgánica de sus suelos, el cacao prospera bajo las siguientes condiciones óptimas: Se considera una temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ (20°C - 31°C) fuera de este rango no son aptas para producción comercial, debido a que la formación de flores decae drásticamente; la precipitación entre 1500-2500 mm: (sensible a la falta y al exceso de agua), en zonas con precipitación mayor a 2500 mm aparecen enfermedades y en zonas con precipitaciones menores a 1200 mm requieren riego suplementario. Respecto a la luminosidad, se requiere sombra moderada ~30% de luminosidad para lograr su tasa fotosintética. Se necesita una humedad relativa: 70-85% - Hr > 85%(enfermedades), Hr < 70% (excesiva transpiración). Viento: viento > 4m/s (aumenta la transpiración y daña a las hojas). En materia de suelos el cacao no es muy exigente, pero se puede decir que el cacao tipo criollo necesita tierras con alto contenido de humus y el forastero precisa que tenga una buena proporción de materia orgánica (65), considerando que diversos factores tiene gran impacto con relación en el desarrollo de la planta y variantes como la humedad, temperatura, luz solar, lluvia, plagas y enfermedades, las prácticas de siembra y cosecha, estado de nutrientes del suelo entre otros.

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 4 de sabor fino, se han introducido híbridos más vigorosos con mayor rendimiento agronómico y menor susceptibilidad a enfermedades, como lo es el Trinitario (66),

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los parámetros productivos basados en el NMS, NME, MT de cada variedad no presento 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-fenologicas 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.

5.2. 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.

CAPÍTULO V
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía.

1. Baratau P. Competitividad del Cacao Ecuatoriano.. Valencia; 2017.
2. Philip A, Tamara B, Gary B, Marcia C, Marieke F, Colleen K, et al. Análisis de la cadena productiva del cacao en Colombia. Colombia: USAID, USDA; 2019.
3. Tierra y Mar. Economía. Exportaciones de cacao subieron 4,65% en 2018. 2019 Apr 27: p. 5.
4. BBC News Mundo. Www.bbc.com. [Online].; 2018. Available from: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46426822>.
5. Ibáñez O. Cambioclimate.com. [Online].; 2018. Available from: <https://cambioclimate.com/sabias-que-el-cacao-desaparecera-con-el-cambio-climatico/>.
6. Bunn C, Lundy M, Laderach P, Castro F. Cgspace.cgiar.org. [Online].; 2018. Available from: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/96259/Presentation_WCF_December_2017_Central%20America_FINAL.pdf?Sequence=1&isallowed=y.
7. Castro C, Lundy M, Wiegel J. Impacto del cambio climático en la producción de cacao para Centroamérica y El Caribe. Atlas. In Impacto del cambio climático en la producción de cacao para Centroamérica y El Caribe.; 2019; Cali: CIAT Books, Manuals and Guides. P. 34.
8. Tirado G Paola A, Lopera Á Andrea , Ríos O Leonardo A. Www.scielo.org.co. [Online].; 2016. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S0122-87062016000300009.
9. Quiroga S, Iglesias A. Www.infoagro.com. [Online].; 2016. Available from: https://www.infoagro.com/hortalizas/relacion_clima_cultivo2.htm.
10. Enciclopedia mcgraw-Hill. Enciclopedia mcgraw-Hill de Ciencia y Tecnología. [Online].; 2016. Available from: <http://www.ecured.cu/Cacao>.
11. RAE. Dle.rae.es. [Online].; 2019. Available from: <https://dle.rae.es/srv/fetch?Id=6n5vudf>.
12. Martínez MCZ. Cambio climático.. Revista mexicana de ciencias forestales. 2015;; p. 01.
13. Tavares DDS. Educacion.uncomo.com. [Online].; 2017. Available from: <https://educacion.uncomo.com/articulo/que-paises-atravesia-la-linea-del-ecuador-43147.html>.
14. FAO. Www.fao.org. [Online].; 2005. Available from: <http://www.fao.org/3/y5112s/y5112s03.htm>.
15. Castillo FS. Manejo agronómico del cacao basado en fertilización y control fitosanitario. Santo Domingo; 2018.
16. Tigrero Lizbeth OE, Pazmiño Bonilla JM. Evaluación de prácticas de manejo integrado de enfermedades vasculares en el cultivo de cacao. Santo Domingo; 2018.
17. Avendaño-Arrazate CH, López-Gómez P, Iracheta-Donjuan L, Vázquez-Ovando A, Bouchan R, Cortés-Cruz M, et al. Diversidad Genética Y Selección De Una Colección Núcleo Para La Conservación A Largo Plazo De Cacao (Theobroma cacao L). Interciencia. 2018; 43(11): p. 170-177.
18. Santana P, Vera J, Vallejo C, Alvarez A. Mucílago de cacao, Nacional y Trinitario para la obtención de una bebida hidratante. Universidad, Ciencia Y Tecnología. 2019;; p. 180-189.
19. Guerrero WAG. Caracterización diferencial dendrológica del cacao criollo – Theobroma cacao L. De Jaén y San Ignacio. Jaén; 2019.
20. Enríquez G. Curso sobre el cultivo de cacao. In Enríquez G. Curso sobre el cultivo de cacao. Turrialba : Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza ; 1985. P. 240.
21. Segura KEB. Plan de fortalecimiento de la cadena de valor del cacao Nacional en la unión cantonal de organizaciones de participación social, por la justicia del cantón Las Naves, provincia Bolívar.. Las Naves; 2015. Available from: <http://190.15.128.197/bitstream/123456789/363/3/TESIS%20DE%20GRADO.pdf>.
22. Vásquez JEJ. Análisis de la diversidad fenotípica de cacao Nacional x Trinitario (Theobroma cacao L.) En la provincia de El Oro. Machala; 2018.

23. Cevallos MMZ. Dspace.unl.edu.ec. [Online].; 2016. Available from: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/897/1/tesis%20cd%20Copy.pdf>.
24. Quilumba CLD. Evaluación de diferentes tipos de sustratos en vivero de cacao.; 2016.
25. Beyuma DOC. Efecto de la aplicación de dos biofertilizantes en diferentes concentraciones en plantines de cacao (theobroma cacao l.) Al año de establecimiento en la estacion experimental de sapecho. In Beyuma DOC. Efecto de la aplicación de dos biofertilizantes en diferentes concentraciones en plantines de cacao (theobroma cacao l.) Al año de establecimiento en la estacion experimental de sapecho. La Paz: repositorio.umsa.bo; 2019. P. 19-20.
26. Sosa JMR, Manayay EDR. Aprovechamiento del mucilago de cacao. Lambayeque; 2017.
27. Copa BA. Caracterzacion morfologica de arboles de cacao (Theobroma cacao L.) Con potencial productivo y tolerancia a monilia (Moniliophthora roreri Cif & Par. Evans et al.) En el area iib y VI, de la region Alto Beni Bolivia. In Copa BAC. Caracterzacion morfologica de arboles de cacao (Theobroma cacao L.) Con potencial productivo y tolerancia a monilia (Moniliophthora roreri Cif & Par. Evans et al.) En el area iib y VI, de la region Alto Beni Bolivia. La Paz: repositorio.umsa.bo; 2017. P. 21.
28. Ortega GLA. Repositorio.unesum.edu.ec. [Online].; 2019. Available from: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1550/1/TEMA-CACAO-ORIGINAL-titulaci%c3%b3n-final-dic-del-2019.pdf>.
29. García L, Munoz W. Diagnóstico de los parámetros físicos del cacao en centros de acopio en la zona de influencia de los valles Carrizal-Chone. Chone; 2017.
30. Juárez SAL, Sol-Sánchez Á, Ávalos VC, López FG. Efecto de la poda en plantaciones de cacao en el estado de Tabasco, México. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 2016 Mar; 7(14): p. 2807-2815.
31. Ruiz JNV. Repositorio.uteq.edu.ec. [Online].; 2018. Available from: <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3311/1/T-UTEQ-0141.pdf>.
32. Gómez E, Morales J, Arrazate CA, Guillen GRE, Nápoles J. Factores socioeconómicos y parasitológicos que limitan la producción del cacao en Chiapas, México. Revista mexicana de fitopatología. 2015;; p. 2/15.
33. Manobanda JHE. Evaluación de cuatro tipos de poda de mantenimiento en el cultivo de cacao (Theobroma cacao) CCN-51 en la zona de Zapotal, provincia de Los Ríos. Repositorio.uteq.edu.ec. 2018;; p. 35.
34. Marín mdp, Andrade H, Sandoval A. FIJACIÓN DE CARBONO ATMOSFÉRICO EN LA BIOMASA TOTAL DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CACAO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA, COLOMBIA. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. 2016 Dec; 19(02): p. 351-360.
35. Estrada MP. CAMBIO CLIMÁTICO Y CONTAMINACIÓN AMBIENTAL COMO GENERADORES DE CRISIS ALIMENTARIA EN LA AMÉRICA ANDINA: UN ANÁLISIS EMPÍRICO PARA ECUADOR. Investigacion Operacional. 2018; 39(2): p. 234-249.
36. WCF WCF. Cruzada para proteger el cacao del cambio climático. Diario Perfil S.A. 2016 Jun.
37. Anecacao. PROMETEO EVALÚA LA PRODUCCIÓN DEL CACAO ECUATORIANO EN DISTINTAS ZONAS AGRÍCOLAS.; 2016.
38. MAE. Estrategia nacional al cambio climatico del ecuador. In ENCC. Quito: © Ministerio del Ambiente; 2017. P. 15- 153.
39. CRS. Crsespanol.org. [Online].; 2018. Available from: <https://www.crsespanol.org/conexion-con-el-cambio-climatico/>.
40. Pérez R. Vitonica.com. [Online].; 2017. Available from: <https://www.vitonica.com/alimentos/el-cambio-climatico-terminara-con-algunos-de-tus-alimentos-favoritos-si-no-hacemos-algo-al-respecto>.
41. MAE; SCC;DISE;PNUD. Cambio Climático en el Ecuador y articulación interinstitucional. Quito;; 2016.
42. Ginatta G, Vignati F, Rodríguez mdc. OBSERVATORIO DEL CACAO FINO Y DE AROMA PARA

- AMÉRICA LATINA. In Retos Ambientales del Cacao Sostenible; 2018 Jun; Caracas: CAF. P. 03-19.
43. Arvelo M, León D, Maroto S, Delgado T, Montoya P. Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2017;; p. 01- 165.
 44. Chang JV, Baquerizo AG. Comportamiento agronómico, calidad física y sensorial de 21 líneas híbridas de cacao (*Theobroma cacao* L.). Dialnet. 2015;(15): p. 26-37.
 45. Alava JP, Chang JV, Remache RR, Mora FS, Vera HC, Apolo BV. Caracterización física y sensorial de treinta materiales élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) En la cuenca alta de río Guayas – Ecuador. CONAMTI. 2018; 5(22): p. 115-124.
 46. Chang JV, Torres CV. 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. 2014; 7(2): p. 21-34.
 47. Fernández WT, Caicedo EV, Chila VHR, Ortega MJB, Flores HB, Torres LV. ACTIVIDAD FOTOSINTÉTICA DE DIEZCLONES DE CACAO NACIONAL Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO. ESPAMCIENCIA. 2020; 11(1): p. 19-27.
 48. Tirado-Gallego PA, Lopera-Álvarez A, Ríos-Osorio LA. Estrategias de control de *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* en *Theobroma cacao* L.: revisión sistemática. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 2016; 17(3): p. 417-430.
 49. Vera Chang J, Goya Baquerizo. Comportamiento agronómico, calidad física y sensorial de 21 líneas híbridas de cacao (*Theobroma cacao* L.) Guayaquil, Ecuador: Compas; 2015.
 50. Anzules Toala V, Ventura RB, Huamán LA, Castro-Cepero V, Julca-Otiniano A. Control cultural, biológico y químico de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp en *Theobroma cacao* 'CCN-51'. Scientia Agropecuaria. 2019; 10(12): p. 511-520.
 51. Bradnan DM. Cherelle wilt in (*Theobroma cacao* L.). Tesis de maestría. Louisiana : University of louisiana at lafayette , Biology ; 2015.
 52. Herrera JM, Hernández ch. Investigaciones científicas y agrotecnológicas para la seguridad alimentaria. INIFAP. 2019; 1(1).
 53. Copa MEE, Fuentes CM. CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA CACAO NACIONAL BOLIVIANO. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales. 2019 Dec; 06(02): p. 29-36.
 54. Barrezueta-Unda S. Propiedades de algunos suelos cultivados con cacao en la provincia El Oro, Ecuador. BIOTECNOLOGÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS. 2019; 14(1): p. 155-166.
 55. Hernández-Villegas JJ. INCIDENCIA DE LA ESCOBA DE BRUJA (*Crinipellis perniciosa*) SOBRE el RENDIMIENTO DE DOS AGROECOSISTEMAS DE CACAO CON DIFERENTES CONDICIONES DE MANEJO. Bioagro. 2016; 28(1): p. 059-064.
 56. Quiroz J, y Amores F. Rehabilitación de plantaciones tradicionales de cacao en Ecuador. Integrado de Plagas. 2002;(63): p. 73-80.
 57. Gonzalez EG, Murillo AMS, Pantoja DAC, Aricapa JM, Rodríguez CM, Narváez GAO. 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. 2019; 6(1): p. 41-51.
 58. Vera J, Vallejo C, Párraga D, Morales W, i Macías J, ramos R. Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) En el Ecuador. Ciencia y Tecnología. UTEQ. 2014; 2(7: 21-34).
 59. Ramón LAQ, Guerrero JNQ, Batista RMG. Determinación del efecto del grado de madurez de las mazorcas en la producción y calidad sensorial de (*Theobroma cacao* L.). Revista Científica Agroecosistemas. 2017; 5(1): p. 36-46.
 60. Vera JFC, Apolo BMV, Tamayo NLH. PHYSICAL QUALITY OF ALMONDS IN TWENTY-ONE INTERCONNECTIONAL CROSSES OF COCOA (*THEOBROMA CACAO* L.) IN ECUADOR. Universidad & Sociedad. 2019 febrero; 11(02).
 61. Fuentes LFQ, Castelblanco SG, Jerez AG, Guerrero NM. 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. 2015 enero-junio; 6(1): p. 253-265.
62. Copa MEE, Fuentes CM. CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA CACAO NACIONAL BOLIVIANO (Theobroma cacao L.), EN ALTO BENI-BOLIVIA. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales. 2019 diciembre; 6(2): p. 29-36.
 63. Portillo RAF, Quintanilla JCR, Berrios FÁP, Rodríguez EAU, Linares ayad. Formación de un banco de germoplasma de cacao (Theobroma cacao L.) Con árboles criollos. [Online].; 2019. Available from: <https://core.ac.uk/download/pdf/228041682.pdf>.
 64. Cargua JIA. Los sistemas de producción de cacao del cantón Shushufindi y su resiliencia al cambio climático. Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales. 2020;(27): p. 90-114.
 65. Cargua JIA. 2019;; p. 145 p.
 66. Mejía NL, Duarte JA, Polo JCN, Rozo YA, Huerfano JA, Gomez JCP. Cacao criollo: su importancia para la gastronomía, el turismo, cambio climático y algunas preparaciones a base de sus residuos. Revista de Turismo, Patrimonio y Desarrollo (CONPEHT). 2020 Oct; ISSN: 2448-6809(13): p. 1-39.
 67. Estrada W, Romero G, Moreno A. Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas. Confederación de Federaciones de la Reforma Agraria Salvadoreña (CONFRAS). 2016;; p. 01-22.
 68. Galarza JDC. Dspace.utb.edu.ec. [Online].; 2019. Available from: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6683/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000194.pdf?Sequence=1&isallowed=y>.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1 ANOVA Ancho de mazorca 1er mes.

F.V	SC	GI	CM	F.cal	p-valor
Bloques	0,03	1	0,03	0,74	0,4017
tratamientos	0,1	2	0,05	1,2	0,3229
Bloques*tratamientos	0,01	2	0,01	0,12	0,8865
Error	0,75	18	0,04		
Total	0,89	23			

Anexo 2. ANOVA Longitud de mazorca 1er mes.

F.V	SC	GI	CM	F.cal	p-valor
Bloques	0,11	1	0,11	0,7	0,4153
tratamientos	0,40	2	0,2	1,29	0,2998
Bloques*tratamientos	0,07	2	0,04	0,24	0,7915
Error	2,76	18	0,15		
Total	3,34	23			

Anexo 3. ANOVA Ancho de mazorca 2do mes.

F.V	SC	GI	CM	F.cal	p-valor
Bloques	4	1	4	1,71	0,2077
tratamientos	20,48	2	10,24	4,37	0,0284
Bloques*tratamientos	5,2	2	2,6	1,11	0,3512
Error	42,18	18	2,34		
Total	71,87	23			

Anexo 4 ANOVA Longitud de mazorca 2do mes.

F.V	SC	GI	CM	F.cal	p-valor
Bloques	1,71	1	1,71	1,13	0,3028
tratamientos	13,54	2	6,77	4,46	0,0266
Bloques*tratamientos	5,19	2	2,6	1,71	0,2087
Error	27,3	18	2,34		
Total	47,74	23			

Anexo 5 ANOVA Ancho de mazorca 3er mes.

F.V	SC	GI	CM	F.cal	p-valor
Bloques	0,76	1	0,76	0,5	0,4886
tratamientos	13,83	2	6,91	4,53	0,0255
Bloques*tratamientos	1,79	2	0,9	0,59	0,5666
Error	27,48	18	1,53		
Total	43,86	23			

Anexo 6 ANOVA Longitud de mazorca 3er mes.

F.V	SC	GI	CM	F.cal	p-valor
Bloques	0,12	1	0,12	0,1	0,7594
tratamientos	2,32	2	1,16	0,9	0,4250
Bloques*tratamientos	0,69	2	0,34	0,27	0,7697
Error	23,21	18	1,29		
Total	43,86	23			

Anexo 7 ANOVA Ancho de mazorca 4to mes.

F.V	SC	GI	CM	F.cal	p-valor
Bloques	0,28	1	0,28	0,16	0,6953
tratamientos	5,27	2	2,64	1,48	0,2537
Bloques*tratamientos	2,41	2	1,21	0,68	0,5201
Error	32,03	18	1,78		
Total	40	23			

Anexo 8 ANOVA Longitud de mazorca 4to mes.

F.V	SC	GI	CM	F.cal	p-valor
Bloques	2,85	1	2,85	1,3	0,2687
tratamientos	0,26	2	0,13	0,06	0,9429
Bloques*tratamientos	2,47	2	1,24	0,56	0,5783
Error	39,38	18	2,19		
Total	44,96	23			

Anexo 9 ANOVA Ancho de mazorca 5to mes.

F.V	SC	GI	CM	F.cal	p-valor
Bloques	16,34	1	16,34	0,82	0,0001
tratamientos	1012,53	2	506,26	25,44	0,9429
Bloques*tratamientos	41,86	2	20,93	1,05	0,5783
Error	358,13	18	19,9		
Total	1428,85	23			

Anexo 10 ANOVA Longitud de mazorca 5to mes.

F.V	SC	Gl	CM	F.cal	p-valor
Bloques	4	1	4	1,26	0,2764
tratamientos	1012,53	2	126,05	39,69	0,0001
Bloques*tratamientos	3,08	2	1,54	0,49	0,6232
Error	57,16	18	3,18		
Total	316,34	23			

Anexo 11 ANOVA numero de mazorca sana.

F.V	SC	Gl	CM	F.cal	p-valor
tratamientos	71,82	1	35,91	3,88	0,0396
Bloques	4,73	2	4,73	0,51	0,4834
tratamientos*Bloques	0,03	2	0,01	0,03	0,9984
Error	166,38	18	9,24		
Total	242,97	23			

Anexo 12 ANOVA Índice de Mazorca.

F.V	SC	Gl	CM	F.cal	p-valor
Bloques	0,02	1	0,02	1,15	0,2985
tratamientos	149,28	2	74,64	4475,84	0,0001
Bloques*tratamientos	0,13	2	0,06	3,78	0,0426
Error	0,3	18	0,02		
Total	149,73	23			

Anexo 13 ANOVA numero de Mazorca Total.

F.V	SC	Gl	CM	F.cal	p-valor
Bloques	0,61	1	0,61	0,08	0,7871
tratamientos	26,43	2	13,22	1,63	0,2245
Bloques*tratamientos	1,28	2	0,64	0,08	0,9244
Error	146,38	18	8,13		
Total	174,71	23			

Anexo 14 ANOVA Índice de Semilla.

F.V	SC	Gl	CM	F.cal	p-valor
Bloques	7,04	1	7,04	1,82	0,1944
tratamientos	1293,58	2	646,79	166,91	0,0001
Bloques*tratamientos	0,58	2	0,29	0,08	0,9278
Error	69,75	18	3,87		

Total	1370,86	23
-------	---------	----

Anexo 15 ANOVA Número de Mazorcas Enfermas 1er mes.

F.V	SC	Gl	CM	F.cal	p-valor
Bloques	0,4	1	0,02	1,59	0,2237
tratamientos	0,4	2	0,04	0,71	0,5068
Bloques*tratamientos	0	2	0	0	0,9999
Error	0,46	18	0,03		
Total	0,54	23			

Anexo 16 ANOVA Número de Mazorcas Enfermas 2do mes.

F.V	SC	Gl	CM	F.cal	p-valor
Bloques	0,12	1	0,12	0,59	0,4515
tratamientos	0,67	2	0,34	1,72	0,2073
Bloques*tratamientos	0,01	2	4,8	0,02	0,9758
Error	3,53	18	0,2		
Total	4,33	23			

Anexo 17 ANOVA Número de Mazorcas Enfermas 3er mes.

F.V	SC	Gl	CM	F.cal	p-valor
Bloques	0,04	1	0,04	0,82	0,3768
tratamientos	0,04	2	0,02	0,37	0,6968
Bloques*tratamientos	0,11	2	0,06	1,09	0,3576
Error	0,91	18	0,05		
Total	1,1	23			

Anexo 18 ANOVA Número de Mazorcas Enfermas 4to mes.

F.V	SC	Gl	CM	F.cal	p-valor
Bloques	0,07	1	0,07	0,55	0,4661
tratamientos	0,46	2	0,23	1,72	0,2068
Bloques*tratamientos	0,12	2	0,06	0,46	0,6395
Error	2,29	18	0,13		
Total	3,05	23			

Anexo 19 ANOVA Peso de Mazorca.

F.V	SC	Gl	CM	F.cal	p-valor
Bloques	9760,87	1	9760,67	0,66	0,1944

tratamientos	15452,08	2	7726,04	0,52	0,0001
Bloques*tratamientos	132526,08	2	66263,04	4,49	0,9278
Error	265455	18	14747,5		
Total	432193,83	23			

Anexo 20. Imágenes del trabajo realizado en campo.



a. Identificación de los tratamientos a evaluar



b. Enfermedad del cacao producida por el hongo de la mazorca negra (*Phytophthora palmivora*).



c. Identificación, separación, rotulación de los tratamientos para las variables



d. Peso de la mazorca



e. Peso seco de las muestras



f. Registro de toma de muestras en ancho y largo de la mazorca de cacao CCN - 51 para la calibración



g. Identificación y rotulación por mes de la mazorca de cacao CCN - 51 para la calibración



h. Identificación y rotulación por mes de la mazorca de cacao Forastero para la calibración



- i. **Identificación y rotulación por mes de la mazorca de cacao Nacional para la calibración**