



**UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES
AUTÓNOMAS DE LA COSTA CARIBE
NICARAGÜENSE
URACCAN**

Monografía

**Evaluación de curvas de sobrevivencia en mazorcas de cacao
(Teobroma cacao L) Nueva Guinea RACCS, Nicaragua, 2021**

**Para optar al título de
Ingeniería agroforestal**

Autores:

Br. Lisseth del Socorro Sequeira Espinoza

Br. Carlos Antonio Arteaga Obando

Tutor:

MSc. Wilson Antonio Calero Borge

Nueva Guinea, Nicaragua, 2022

**UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS
DE LA COSTA CARIBE NICARAGÜENSE
URACCAN**

Monografía

**Evaluación de curvas de sobrevivencia en mazorcas de cacao
(Teobroma cacao L) Nueva Guinea RACCS, Nicaragua, 2021**

Para optar al título de ingeniería agroforestal

Autores:

Br. Lisseth del Socorro Sequeira Espinoza

Br. Carlos Antonio Arteaga Obando

Tutor:

MSc. Wilson Antonio Calero Borge

Nueva Guinea, Nicaragua, 2022

Dedicamos este trabajo de investigación principalmente a Dios por estar siempre a nuestro lado y darnos su amor incondicional por la oportunidad de culminar con salud y vencer todos los obstáculos que presentaron en nuestro recorrido.

A nuestros padres e hijos por su infinito amor por ser ese pilar en las dificultades y ser la luz que alumbran nuestros caminos hasta poder dar por concluida la meta alcanzada.

AGRADECIMIENTOS

A Dios padre creador de nuestras vidas por regalarnos la sabiduría para lograr cumplir todos nuestros objetivos y metas en el transcurso de nuestra vida.

A nuestros padres y familiares por ser nuestros primeros maestros, guiarnos y transmitirnos valores que nos acompañaran toda la vida.

Al ingeniero Wilson Calero Borge tutor y maestro por compartir su conocimiento y guiarnos en todo el proceso. A todos los maestros por brindarnos sus enseñanzas en el transcurso de la carrera y formarnos profesionalmente.

A los responsables del proyecto MOCCA-LWR, Romex, CATIE, NicaFrance, y al señor Álvaro Ruiz Delgadillo por facilitarnos su finca para este estudio.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 General	3
2.2 Específicos	3
III. MARCO TEÓRICO	4
3.1. Descripción botánica del cacao.....	4
3.2. Clasificación taxonómica.....	5
3.3. Fenología del cacao	6
3.4. Características principales de los clones de cacao en Nicaragua.....	7
3.5. Tipos de cacao	8
3.6. Principales clones de cacao en Nicaragua.....	9
3.7. Etapas del desarrollo de la mazorca de cacao.....	11
3.8. Factores que inciden en las plagas y enfermedades de la mazorca del cacao	
12	
3.8.1. Material genético	12
3.8.2. Precipitación y humedad relativa	13
3.8.3. Temperatura	13
3.8.4. Altitud.....	15
3.8.5. Viento	15
3.8.6. Suelo	16
3.8.7. Sombra	17
3.8.8. Nutrición	18
3.8.9. Agua	18
3.9. Control de plagas y enfermedades en la mazorca de cacao.....	19
3.10. Mortalidad de la mazorca de cacao.....	21
3.11. Plagas de la mazorca de cacao	22
3.11.1. Mazorqueo.....	22
3.11.2. Chinchas.....	22

3.11.3. Roedores (Ardillas, Ratas).....	23
3.12. Enfermedad de la mazorca de cacao.....	24
3.12.1. Monilia	24
3.12.2. Mazorca negra.....	25
3.12.3. Escoba de bruja.....	26
3.13. Principales variables en la producción de cacao.....	27
3.13.1. Índice de semilla	27
3.13.2. Índice de mazorca	28
3.13.3. Cantidades de fruto:	29
3.13.4. Longitud de la mazorca del cacao	29
3.13.5. Diámetro de la mazorca de cacao	29
3.13.6. Numero de granos por mazorca	29
3.13.7. Cosecha del cacao	30
3.13.8. Cosecha actual.....	32
3.13.9. Producción de Cacao	34
3.13.10. Zonas productoras de cacao en Nicaragua	35
3.13.11. Zonas de producción actual de cacao en Nicaragua.....	37
3.13.12. Fertilización de los cultivos de cacao.....	38
IV. METODOLOGÍA Y MATERIALES	39
4.1 Ubicación del estudio	39
4.2 Enfoque de la investigación	39
4.3 Tipo de investigación.....	39
4.4 Población y muestra.....	39
4.5 Tamaño de la parcela.....	40
4.6 Descripción del estudio	40
4.7 Establecimiento del diseño en campo	43
4.8 Duración del estudio.....	43

4.9	Variables	43
4.10	Procesamiento y análisis de la información	44
4.11	Materiales utilizados.....	44
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
5.1	Sobrevivencia de la mazorca de cacao.....	46
5.2	Mortalidad de las mazorcas de cacao	47
5.3	Características de las mazorcas en 4 clones de cacao.....	49
5.3.1	Desarrollo de la mazorca.....	49
5.3.2	Diámetro del fruto (cm)	49
5.3.3	Longitud del fruto	50
5.3.4	Índice de semilla	51
5.3.5	Índice de mazorca	52
5.3.6	Cantidad de semilla	53
5.3.7	Peso de semilla	54
5.3.8	Diámetro de semilla	55
5.3.9	Longitud de semilla.....	56
5.3.10	Cosecha actual.....	57
5.3.11	Cosecha a futuro	59
5.4	Características de los árboles en los 4 clones de cacao.....	60
5.4.1	Diámetro del árbol (cm)	60
5.4.2	Altura total del árbol (m)	61
5.4.3	Longitud ramas productoras	62
5.5	Eficiencia productiva de los clones en estudio	63
VI.	CONCLUSIONES	65
VII.	RECOMENDACIONES.....	67
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

IX. ANEXOS	77
9.1. Imágenes	77
9.3 Plano de ubicación del estudio y parcelas	78
9.2. Análisis de suelo	80
9.3. Instrumentos	82
9.4. Avaluos	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Algunos clones internacionales que se cultivan en Centro América.</i>	10
Tabla 2. <i>Operacionalización de las variables.</i>	43
Tabla 3. <i>Promedio de Índice de semillas de clones en estudio.</i>	51
Tabla 4. <i>Promedio de índice de las mazorcas de clones evaluados.</i>	52
Tabla 5. <i>Estimación de cosecha actual para los cuatro clones evaluados.</i>	58
Tabla 6. <i>Estimación de cosecha futura para los cuatro clones en estudio.</i>	59
Tabla 7. <i>Índice de eficiencia productiva de los clones evaluados.</i>	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. <i>Porcentaje de sobrevivencia de las mazorcas de los clones evaluados.</i>	46
Gráfico 2. <i>Causas de mortalidad de las mazorcas de cacao en los clones evaluados.</i>	47
Gráfico 3. <i>Diámetros promedios de las mazorcas de los clones en diferentes etapas de crecimiento.</i>	49
Gráfico 4. <i>Longitud promedio de las mazorcas en diferentes etapas de crecimiento.</i>	50
Gráfico 5. <i>Promedio de cantidad de granos de mazorcas en estudio.</i>	53
Gráfico 6. <i>Pesos promedios de los granos de las mazorcas de los clones evaluados.</i>	54
Gráfico 7. <i>Diámetros promedios de 3 granos por mazorca evaluada.</i>	55
Gráfico 8. <i>Longitud promedio de 3 granos de cada mazorca evaluada.</i>	56
Gráfico 9. <i>Diámetro promedio de los clones evaluados.</i>	60
Gráfico 10. <i>Promedio de alturas total de los clones evaluados.</i>	61
Gráfico 11. <i>Promedio de longitud de ramas productoras.</i>	62

RESUMEN

En el municipio de Nueva Guinea la baja producción de las plantaciones de cacao se debe a las variedades genéticas, al manejo y la alta incidencia de enfermedades y plagas que merman la producción en grandes cantidades. Es por ello que se realizó la investigación de evaluación de curvas de sobrevivencia en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L) Nueva Guinea RACCS, Nicaragua, 2021, el estudio consistió en establecer 2 parcelas de muestreo de forma rectangular (600m²). Se seleccionaron los árboles dispersos dentro de las parcelas de muestreo, donde se evaluaron las variables sobrevivencia, productividad de las mazorcas y eficiencias productivas en los materiales genéticos CATIE R-1, CATIER-6, ICS-95, PMCT-58, para ello se seleccionaron 10 plantas por cada material genético, se midieron y marcaron todas las mazorcas presentes en cada árbol con un mínimo de 14 cm de longitud tanto en el tronco como en las ramas, se clasificó cada árbol en dos estratos, bajo (menos de 1.5 m) y alto (mayor a 1.5 m), sin sobrepasar los 2.5 m de altura. Así, el clon CATIE-R1 obtuvo mayor sobrevivencia con menos incidencia de enfermedad y plagas al igual que el PMCT-58, por consiguiente, en los clones CATIE-R6 y el ICS-95 la alta tasa de mortalidad medida fue por plagas y enfermedades. De esta manera, el PMCT-58 muestra el máximo de diámetro del fruto, esta variante es por la estructura y vigorosidad de los árboles; por lo tanto, se concluye que CATIE R1 presentó la mayor eficiencia productiva siendo esta de 0.03135 kg/cm² superior al resto de clones evaluados, se recomienda a los productores dar mayor seguimiento a los clones del CATIE al ser estos materiales promisorios para la cacaocultura local y nacional.

Palabras Clave: Clones, sobrevivencia, eficiencia, vigorosidad, índice de mazorca, índice de semilla.

I. INTRODUCCIÓN

El cacao es una planta originaria de los trópicos húmedos de América. Su centro de origen parece estar situado en el noroeste de América del sur, en la zona amazónica (Enríquez, 1987).

En el municipio de Nueva Guinea la baja producción de las plantaciones de cacao se debe a las variedades genéticas improductivas, al manejo y la alta incidencia de enfermedades y plagas que merman la producción en grandes cantidades. La utilización de variedades superiores como los clones tienen impacto significativo sobre las familias, al incrementar la producción, la calidad y reducir el costo y el tiempo para controlar las enfermedades.

Las enfermedades en América Latina han provocado importantes caídas en la producción de cacao, con pérdidas estimadas en 80% de la cosecha anual. De cada tres mazorcas que produce un árbol de cacao dos mazorcas son lesionadas por enfermedades fungosas (Phillips y Amores, s.f).

En Nicaragua hay evidencias de rendimientos por manzana que rondan los 0.20 toneladas, bajos en comparación a los rendimientos mundiales también hay plantaciones con rendimientos mayores, cercanos a las 1.3 toneladas por hectárea, esto denota que en algunas plantaciones hay deficiencias por varias razones, agentes patógenos, mal manejo de la plantación, prácticas agrícolas insuficientes, material genético no óptimo (Agencia de cooperación internacional del Japón [JICA], 2013).

Una de las grandes razones en Nicaragua es que las áreas sembradas de cacao están en manos de pequeños productores con altos niveles de pobreza y baja escolaridad que dificulta el acceso a información y adopción de buenas prácticas productivas y como consecuencia poca efectividad para solucionar los principales problemas en el cultivo (Proyecto de Adaptación a cambios en los mercados y a los Efectos del cambio climático [NICADAPTA], 2020).

Esta investigación es importante porque permite conocer la sobrevivencia y mortalidad de las mazorcas causadas por plagas y enfermedades en los cuatro clones estudiados que le servirá a estudiantes, productores, proyectos cacaoteros, futuras investigaciones y para publicación de nuevos conocimientos científicos.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Caracterizar las curvas de sobrevivencia de mazorcas de cacao (*Teobroma cacao* L) en cuatro clones establecidos en Nueva Guinea, RACCS Nicaragua, 2021.

2.2 Específicos

- Diagnosticar la sobrevivencia de mazorcas de cacao en cuatro clones establecidos en Nueva Guinea.
- Determinar la productividad de las mazorcas de los diferentes clones de cacao en estudio.
- Determinar la eficiencia productiva de los árboles de cacao de los diferentes clones evaluados.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Descripción botánica del cacao

Theobroma cacao es caulífera y semi-caducifolia. El árbol es bajo, alcanzando una altura promedio de 5.10 m. El tronco es corto, ramas en verticilos de 5 m, dimórficas; chupones verticales que crecen en el tronco y que tienen hojas dispuestas en 5/8 de filotaxia (De La Cruz et al., 2010).

El tronco vertical posee una horqueta a una altura de 1 a 1.5 m con la emisión de 3 a 5 ramas laterales, sin embargo, el desarrollo varía dependiendo de las condiciones ambientales. Por su parte, los árboles de origen vegetativo producidos mediante injertos o estacas tienen una conformación diferente, pues no muestran un eje principal, sino que predomina el crecimiento de ramas laterales en abanico y con varias ramas primarias que crecen en ángulo agudo (López, 2018).

La raíz de los árboles provenientes de semilla, puede ser principal o pivotante y crecer normalmente entre 1.2 a 1.5 m, ocasionalmente pueden alcanzar 2 m; lo anterior puede ocurrir dependiendo del suelo y algunos factores edáficos del lugar. En los primeros 20 a 25 cm, desde el cuello de la raíz se desarrollan gran cantidad de raíces laterales o secundarias que dan origen a otras terciarias, la mayoría de ellas (85 – 90 %) se ubican en los primeros 20 – 25 cm de profundidad del suelo alrededor del árbol (López, 2018).

Las hojas son simples, con un pecíolo corto, enteras de forma oblonga a lanceolada miden de 10 a 12 cm de largo y tienen el ápice muy acuminado, margen entero y ondulado. Al formarse, la mayoría de las hojas poseen pigmentación, las más pigmentadas, generalmente, se encuentran entre los cacaos criollos y trinitarios (López, 2018).

El cacao es una especie cauliflora, es decir, sus flores se forman en el tronco y las ramas. Las flores son pequeñas, de unos 15 mm de diámetro, hermafroditas, con coloraciones rosadas, púrpuras o blancas, son soportadas por pedicelos largos; poseen 5 sépalos libres, 5 pétalos libres, 10 estambres y ovario de 5 carpelos unidos (López, 2018).

Las inflorescencias se localizan en la base de las hojas, alrededor de la cicatriz y de la yema axilar que deja una hoja. Las flores aparecen en grupos que forman ligeras prominencias en los troncos y ramas, que toman el nombre de cojines florales. El número de flores en cada cojín varía mucho dependiendo del genotipo y el sistema de cultivo. En algunos clones Auto-compatible, el número de flores es muy alto. Generalmente su polinización es entomófila, principalmente llevada a cabo por individuos del género una planta puede llegar a producir de 100.000 a 150.000 flores por año (López, 2018).

El fruto es el resultado de la maduración del ovario una vez fecundado. Es una baya grande llamado mazorca de 15 a 25 cm de largo y 10 cm de diámetro, varía según la variedad, dentro del cual se encuentran un número muy variable de semillas, dependiendo de la fecundación individual de los ovarios, pueden ser de color blanco o violetas embebidas en una pulpa mucilaginoso blanca y de sabor dulce y acidulado. El fruto está sostenido por un pedúnculo leñoso, el tiempo de maduración varía por genotipo y ambiente (López, 2018).

3.2. Clasificación taxonómica

Reino: vegetal

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malvales

Familia: Sterculiácea

Subfamilia: Byttnerioideae

Tribu: Theobromeae

Género: Theobroma

Especie: Theobroma cacao L (Arvelo et al., 2017).

3.3. Fenología del cacao

Las etapas de crecimiento fenológicas de plantas de cacao (*Theobroma* sp) inician con el “desarrollo de las hojas en la rama principal de la planta joven y desarrollo de ramas, la etapa 2 “elongación del tallo principal, formación de la horqueta y chupones”, etapa 3 “elongación de las ramas secundarias”, etapa 5 “Emergencia de inflorescencias”, etapa 6 “floración” (López, 2018).

Dentro de la Etapa 7, denominada desarrollo del fruto, afirman que después de la antesis, el proceso de crecimiento y maduración del fruto de cacao, dura aproximadamente 150 días, se puede dividir en dos fases. La primera fase es de desarrollo, ocupando alrededor de 75 días durante los cuales el pericarpio se expande conjuntamente con los óvulos, esta fase comprende también dos periodos, el primero cubre un intervalo de unos 50 días durante los cuales el cigoto es inactivo, el crecimiento en longitud es lento (López, 2018).

El segundo periodo (50-75 días) de la primera fase inicia con la división del cigoto y el desarrollo preliminar del embrión, los frutos comienzan a hincharse y su longitud también aumenta. Al final de la primera fase, la relación entre el diámetro y la longitud de una fruta individual es aproximadamente 0.35. Las frutas se denominan “pepinos” y alcanzan alrededor del 50 % de su tamaño final Durante esta fase, las frutas son susceptibles al deterioro fisiológico llamado “secamiento de pepino”. “Secamiento de pepino” es el encogimiento y ennegrecimiento del fruto de cacao joven (López, 2018).

La segunda fase que comienza alrededor de los 85 días después de antesis es un periodo de activo metabolismo, durante el cual los lípidos, proteínas de

almacenamiento y antocianinas se acumulan en la semilla mientras que el contenido de humedad del embrión disminuye hasta un 30 %. El crecimiento del pericarpio y los óvulos se ralentiza a expensas del crecimiento del embrión. El embrión crece de 0.2 cm de longitud después de 85 días a 3 cm después de 150 días. En esta etapa llena completamente el espacio interior (López, 2018).

La etapa denominada “maduración del fruto y semilla”, se caracteriza por el aumento de las dimensiones externas de la fruta, se detiene a los 150 días; en ese momento los embriones están casi completamente desarrollados. El fruto y las semillas han alcanzado su madurez fisiológica y la maduración continúa inmediatamente. Se tardan de 20 - 30 días en completarse, y se caracteriza por que el color de la cáscara cambia. Materiales de color verde cambian a naranja/amarillos y materiales de color rojo a naranja o permanecen rojas. El proceso de maduración de la fruta, desde la polinización hasta la fruta completamente madura, toma de 160 - 210 días (López, 2018).

3.4. Características principales de los clones de cacao en Nicaragua

Un clon o variedad clonal de cacao es un conjunto de plantas genéticamente idénticas, reproducidas en forma asexual a través de la enjertación, por acodos, o por enraizamiento de estacas y ramillas (oficina nacional de semilla [ofinase] sf).

El injerto es un método de propagación asexual en el cual se aprovechan las cualidades que tiene una planta seleccionada por su alta capacidad productiva y calidad, para que se desarrolle sobre otra planta diferente conocido como la planta base o el patrón. Así mismo, se aprovecha la capacidad de resistencia a las condiciones físicas y enfermedades del suelo, que deben poseer las plantas que servirán como la base o el patrón (Plataforma Digital [cacaomovil] s.f).

El material genético del clon de cacao es de alta productividad, autocompatible, resistente a plagas y enfermedades y de fácil manejo. Una plantación policlonal se

caracteriza por tener un buen comportamiento promedio en términos de producción, tolerancia a enfermedades, compatibilidad y calidad industrial (Arvelo et al., 2017). Así mismo continúa diciendo Arvelo mediante la propagación asexual por injerto, se logra precocidad, uniformidad, calidad y alta productividad.

3.5. Tipos de cacao

En la actualidad existen tres tipos de variedades de cacaos que son los que se cosechan a nivel mundial, entre ellos los más conocidos es el cacao criollo que es de poca producción, pero de la mejor calidad, seguido de la variedad forastero y por último el trinitario que es la combinación de los anteriormente mencionados y tiene mayor producción mundialmente (como se citó en Castillo y Sáenz, 2011).

Cacao Criollo: (Teobroma cacao, subespecie cacao-10% producción, máxima calidad). *Criollo Centroamericano *Criollo sudamericano; según Navarro y Mendoza, están son las variedades de cacao que se encuentran en los cultivos de todos los productores (como se citó en Castillo y Sáenz, 2011).

Es originario de Centroamérica, México, Colombia y Venezuela. Se distingue por tener frutos de cáscara suave, fina y poco aromática, con 10 surcos, combinando un surco profundo con otro de menor profundidad. Los lomos son brotados borroñosos y terminan en una punta delgada. Las semillas son dulces y de color blanco a violeta, según Navarro y Mendoza (como se citó en Castillo y Sáenz, 2011).

El cacao criollo es uno de los más reconocidos por su alta calidad y es más recomendado para la elaboración de chocolates finos, aunque tiene poca producción a nivel mundial, posee grandes características que lo identifican, según Navarro y Mendoza (como se citó en Castillo y Sáenz, 2011).

Los cacaos criollos tienen mayor cantidad en azúcar muy importante para la fermentación por ello se tiene un proceso más rápido de fermentación, pero son

escasos en producción es por ello que la cooperativa casi no trabaja con este tipo de cacao, según Navarro y Mendoza (como se citó en Castillo y Sáenz, 2011).

Cacao Forastero Amazónicos:(Theobroma cacao, subespecie spherocarpum-70% de la producción, Calidad media). Es amelonado- sobre todo en África. *Amazonas-Zona amazónica es el más cultivado, su producción alcanza el 70% del total mundial y es originario de América del sur y es el más cultivado en las regiones cacaoteras de África, Ghana, Nigeria, Costa de Marfil, Costa Rica, Nicaragua, República Dominicana, Colombia, Venezuela, Ecuador y Brasil (como se citó en Castillo y Sáenz, 2011).

Cacao Trinitario. (Híbrido de los anteriores-20% de la producción, buena calidad). Surge del cruce del cacao Criollo y Forastero, su calidad es más próxima al del segundo. Las mazorcas pueden ser de muchas formas y colores; las semillas son más grandes que las del cacao criollo y forastero; las plantas son fuertes, de tronco grueso y hojas grandes. En la actualidad la mayoría de los cacaotales que existen en el mundo son trinitarios (como se citó en Castillo y Sáenz, 2011).

3.6. Principales clones de cacao en Nicaragua

Con la técnica del injerto, se les da la ventaja a los productores de escoger las plantas más productivas para usarlas como copa (o injerto) sobre la planta patrón, que generalmente está mejor adaptada a la zona y con mayor resistencia a plagas y enfermedades. Además, el patrón suele tener una mejor capacidad de extracción de nutrientes (con ciertas excepciones), garantizando una mayor producción en cuanto a cantidad y calidad de grano (Plataforma digital [Agropedia] s.f).

Entre los cacaos están las variedades que se han logrado en los centros de investigación. Los han reproducido a partir de los tejidos de las ramas con yemas o varetas. Estas nuevas plantas se comportan igual que el árbol de donde se cortó la rama es lo que llamamos como clon (Ávila et al., 2013).

Este tipo de propagación consiste en la utilización de partes vegetativas de la planta seleccionada, este método es muy utilizado ya que todas las características de la planta madre la tendrá la nueva planta, esto implica que no hay cambio en la constitución genética de la nueva planta (Torres, 2012).

La propagación asexual se puede realizar por medio de estacas o ramillas, pero el más usado es el de los injertos ya que no requiere una inversión costosa en instalaciones y aprovecha al máximo el material vegetativo de la planta madre (Torres, 2012).

Tabla 1. Clones internacionales que se cultivan en Centro América.

Material	Clones	Origen	Productividad (kg/árbol/año)	Compatibilidad	Índice de mazorca	Índice de semilla
1	UF-667	C.R	1.8	Auto incompatible	15	2.0
2	UF-296	C.R	2.0	Auto incompatible	20	1.4
3	UF-613	C.R	1.7	Auto incompatible	24	1.5
4	UF-650	C.R	2.0	Auto incompatible	14	1.8
5	UF-221	C.R	2.7	Auto incompatible	17	1.9
6	UF-676	C.R	2.8	Auto compatible	15	2.6
7	TSH-565	T & T	2.6	Auto incompatible	16	1.4
8	EET-400	ECU	1.9	Auto incompatible	21	1.2
9	EET-62	ECU	2.0	Auto compatible	19	1.5
10	EET-95	ECU	2.0	Auto incompatible	20	1.4
11	EET-96	ECU	2.2	Auto incompatible	17	1.5
12	EET-48	ECU	2.5	Auto incompatible	16	1.6
13	CAP-34	ECU	2.4	Auto incompatible	16	1.8
14	IMC-67	PER	2.2	Auto incompatible	18	1.4
15	ICS-95	T & T	1.9	Auto compatible	22	1.3

16	ICS-39	T & T	2.0	Auto incompatible	13	1.8
17	ICS-1	T & T	1.7	Auto compatible	20	1.3
18	ICS-60	T & T	1.8	Auto incompatible	23	1.7
19	CCN-51	ECU	2.5	Auto compatible	16	2.0
20	CATIE-R1	C.R	1.4	Auto compatible	29	1.3
21	CATIE-R4	C.R	1.6	Auto incompatible	18	1.5
22	CATIE-R6	C.R	1.4	Auto incompatible	24	1.4
23	PMCT-58	C.R	1.3	Auto incompatible	27	1.2
24	CC-137	C.R	1.0	Auto compatible	24	1.7
25	CAP-61	ECU	2.2	Auto incompatible	16	1.8

Fuente: Phillips et al., 2012

3.7. Etapas del desarrollo de la mazorca de cacao

La mazorca del cacao es el resultado de la maduración del ovario de la flor fecundada. En esta descripción es apropiado indicar que hay frutos que nunca maduran por falta de semillas y abortan (Centro para el desarrollo agropecuario y forestal (Batista, 2009).

Dentro de su clasificación botánica el fruto de cacao es una drupa normalmente conocida como mazorca. Tanto el tamaño como la forma de los frutos varían ampliamente dependiendo de sus características genéticas, el medio ambiente donde crece y se desarrolla el árbol, así como el manejo en la plantación. Las mazorcas de cacao por sus formas están clasificadas como: Amelonado, Calabacilla, Angoleta y Cundeamor, variando según el tipo o la especie (Batista, 2009).

El ciclo de crecimiento de un órgano vegetal como una mazorca de cacao generalmente se puede dividir en tres subfases: una fase temprana de aceleración/división celular, seguido de una fase de ampliación lineal/celular y una fase de saturación para la maduración final (Goudriaan y van Laar, 1994).

Por lo tanto, el patrón de crecimiento de una mazorca a menudo sigue curvas tipo sigmoidales. El tiempo requerido para que una mazorca llegue a la madurez fisiológica se estima en 5-7 meses; sin embargo, existen variaciones de las características y los tiempos de maduración entre genotipos de cacao y manejo dado. Estos factores pueden determinar los patrones de cultivo, de hecho, tienen un impacto sobre el rendimiento esperado y la susceptibilidad a enfermedades que atacan los frutos/mazorcas, y sobre las estrategias de control de enfermedades (Hoopen et al., 2012).

3.8. Factores que inciden en las plagas y enfermedades de la mazorca del cacao

3.8.1. Material genético

En Nicaragua no existen variedades como tal, existen clones. Se dividen en 3 grandes grupos: criollos, forasteros (amazónicos), y una mezcla de ellos que se les denomina trinitarios. En los años de 1980 al 2000, se masificó el uso de semilla híbrida de cruces controlados y de cruces libres, dando como resultado plantaciones con alto número de plantas improductivas o con baja capacidad de producción (Instituto Nacional tecnológico [INATEC], 2018).

En el presente estudio, se describe la caracterización molecular de 79 accesiones de cacao colectadas a nivel nacional, agregando 21 híbridos y 5 criollos de referencia con el objetivo de identificar las diferencias y relaciones genéticas de la colección del germoplasma nicaragüense, a través del uso de marcadores moleculares tipo microsatélite. Se colectaron 79 accesiones a nivel nacional en las principales zonas donde se encuentran plantaciones de cacao. Se seleccionó material tipo élite (sanos y altamente productivos, alta adaptabilidad a la zona, árboles robustos) (Herrera et al., 2015).

La modernización del cultivo de cacao en Colombia ha sido orientada hacia el establecimiento de materiales clonales de alta eficiencia productiva, la mayoría de ellos introducidos, tales como: ICS1, ICS95, ICS39 y TSH565. Sin embargo, para el caso de monilia y escoba de bruja, los materiales introducidos presentan desde mediana a alta susceptibilidad, con excepción de TSH 565, el cual es resistente a escoba de bruja. Con el fin de aprovechar la alta calidad y la eficiencia productiva de los clones susceptibles, los resultados de investigación de la unión temporal Corpoica-Fedecacao (2004–2009) recomiendan establecer las plantaciones a unas alturas superiores a los 800 msnm (Suárez y Hernández, 2010).

3.8.2. Precipitación y humedad relativa

El cacao es una planta que necesita un adecuado suministro de agua para efectuar sus procesos metabólicos. En términos generales, la lluvia es el factor climático que más variaciones presenta durante el año. Su distribución varía notablemente de una a otra región y es el factor que determina las diferencias en el manejo del cultivo. La precipitación óptima para el cacao es de 1,600 a 2,500 mm, distribuidos durante todo el año. Precipitaciones que excedan los 2,600 mm pueden afectar la producción del cultivo de cacao (Paredes, 2003).

La disponibilidad de agua, junto con sus variaciones, durante la época del año, es el principal factor responsable de las diferencias en las producciones de cacao. Los regímenes de lluvia varían entre 1173 y 3000 mm, consideradas aptas para este cultivo; sin embargo, en las zonas secas puede presentar un déficit hídrico ya que la evapotranspiración es superior a la precipitación causando problemas fisiológicos de floración y de desarrollo de frutos (Cruz y Molina, 2011).

3.8.3. Temperatura

La temperatura influye en algunos factores importantes en la producción de cacao, entre estos están la formación de flores y la maduración de frutos, como ejemplo se

ha visto que, en locales más fríos, la maduración de frutos tarda desde 167 hasta 205 días mientras que las zonas más calientes con promedios de 25 a 26 grados las mazorcas maduran en 140 a 175 días. La mayoría de los sitios donde se produce cacao las temperaturas medias fluctúan entre 25 y 26 °C (Johnson et al., 2008).

La temperatura es un factor de mucha importancia debido a su relación con el desarrollo, floración y fructificación del cultivo de cacao. La temperatura media anual debe ser alrededor de los 25°C. El efecto de temperaturas bajas se manifiesta en la velocidad de crecimiento vegetativo, desarrollo de fruto y en grado en la intensidad de floración (menor intensidad). Así mismo, controla la actividad de las raíces y de los brotes de la planta. La temperatura para el cultivo de cacao debe estar entre los valores: mínima de 23°C, máxima de 32°C y Óptima de 25°C (Paredes, 2003).

Las temperaturas extremas definen los límites de altitud y latitud para el cultivo de cacao. La absorción del agua y de los nutrientes por las raíces de la planta del cacao está regulada por la temperatura. Un aspecto a considerar es que a temperaturas menores de 15°C la actividad de las raíces disminuye. Por su parte altas temperaturas pueden afectar las raíces superficiales de la planta del cacao limitando su capacidad de absorción (Paredes, 2003).

El cacao en Nicaragua requiere temperaturas que oscilen entre 22 y 27° C y necesita cantidades de lluvia entre los 1500 y 3500 mm/año, con al menos 150 mm por mes. Los suelos aptos para este cultivo van desde los arcillosos hasta los francos arenosos. Las arcillas tienen la facilidad de absorber agua dentro de su estructura cristalina. Los suelos arenosos, aunque poseen buen espacio poroso para la penetración de raíces, carecen de buena retención de agua, razón por la cual no son recomendados para la siembra de cacao en lugares con períodos secos (Arvelo et al., 2017).

3.8.4. Altitud

La altitud no es un factor determinante como lo son los factores climáticos y edafológicos en una plantación de cacao. Observándose valores normales de fertilidad, temperatura, humedad, precipitación, viento y energía solar, la altitud constituye un factor secundario (Paredes, 2003).

El cacao crece mejor en las zonas tropicales cultivándose desde el nivel del mar hasta los 800 metros de altitud. Sin embargo, en latitudes cercanas al ecuador las plantaciones desarrollan normalmente en mayores altitudes que van del orden de los 1,000 a 1,400 msnm (Ministerio de agricultura y riego [MINAG], 2004).

3.8.5. Viento

Es el factor que determina la velocidad de evapotranspiración del agua en la superficie del suelo y de la planta. En las plantaciones expuestas continuamente a vientos fuertes se produce la defoliación o caída prematura de hojas. En plantaciones donde la velocidad del viento es del orden de 4 m/seg., y con muy poca sombra, es frecuente observar defoliaciones fuertes. Comparativamente, en regiones con velocidades de viento del 1 a 2 m/seg no se observa dicho problema (Paredes, 2003).

El viento es un factor que perjudica la planta de cacao, cuando alcanza velocidades superiores de 14 km/hora. En las áreas cacaoteras donde los vientos alcanzan velocidades considerables, se debe establecer cortinas rompe vientos (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 1991).

Vientos continuos pueden provocar un desecamiento, muerte y caída de las hojas. Por ello en las zonas costeras es preciso el empleo de cortavientos para que el cacao no sufra daños. Los cortavientos suelen estar formados por distintas especies arbóreas (frutales o madereras) que se disponen alrededor de los árboles de cacao (Asociación Nacional del Café [ANACAFE], 2004).

3.8.6. Suelo

Los mejores suelos para el cacao comprenden desde aquellos que son considerados suelos arcillosos agregados hasta suelos franco arenosos. Ya que uno de los factores esenciales para el buen crecimiento de las raíces del cacao es una buena aeración, son considerados suelos buenos aquellos en los cuales las raíces se profundicen más de un metro y exista buena aeración (Johnson et al., 2008).

En condiciones excepcionales, donde la capa freática puede estar bastante alta, pero el suelo superficial sea rico, el cacao puede crecer y producir satisfactoriamente con un buen crecimiento de raíces, pero cambios relativamente insignificantes en el régimen de humedad del suelo o si en los casos de Tonalá desciende la capa freática, el sistema radicular que está en alto, puede quedarse en alto y secarse rápidamente marchitándose y muriendo el árbol (Johnson et al., 2008).

El tamaño de la raíz del cacao está influenciado por el material por el cual está constituido el suelo. Si el material es arcilloso, las raíces pueden ser más profundas, pero en general delgadas, si el suelo es arenoso y seco rápidamente, las raíces son bastante más profundas y gruesas con mayor número de ramificaciones (Johnson et al., 2008).

Los suelos más apropiados para el cacao son los aluviales, los francos y los profundos con subsuelo permeable. Los suelos arenosos son poco recomendables porque no permite la retención de humedad mínima que satisfaga la necesidad de agua de la planta. Los suelos de color negruzco son generalmente los mejores puesto que están menos lixiviados. Otra característica es que debe poseer un subsuelo de fácil penetración por parte de la raíz pivotante y una adecuada profundidad (Paredes, 2003).

A la vez, requiere suelos muy ricos en materia orgánica, profundos, francos arcillosos, con buen drenaje y topografía regular estos son los suelos apropiados para los cultivos

de cacao para que tenga una mejor producción y un mejor desarrollo de los árboles (Gaitán, 2005).

Cuanto mejor sea la estructura del suelo, más profunda es la penetración de las raíces y por lo tanto mayor será el volumen de suelo que es aprovechado por las raíces para tomar humedad y la absorción de nutrientes. Un suelo arcilloso de buena estructura es el mejor para el cacao desde ya que la arena el limo y la arcilla proporciona grandes espacios porosos para la aireación y drenaje, y al mismo tiempo, retener la humedad (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2010).

3.8.7. Sombra

El cacao en estado natural vive en asociación con otras especies de plantas tales como palmeras, árboles y arbustos. Debido a que al cacao usualmente se le ha encontrado creciendo bajo otros árboles y que su cultivo se ha hecho tradicionalmente bajo sombra, se ha dicho que el cacao es típicamente sombreado, aunque evidencia experimental ha demostrado que se puede tener cacao sin sombra, pero los parámetros productivos y de crecimiento son muy diferentes a plantaciones bajo sombra (Johnson et al., 2008).

En la actualidad se recomienda el establecimiento de cultivos de cacao bajo sistemas agroforestales, mediante el uso de maderables en barreras. Al igual que el cultivo de cacao, se deben implementar podas que permitan regular la intensidad de luz que no interfieran en la aireación de la plantación. El cacao requiere sombra, su crecimiento en niveles normales de luz puede permitir que se presenten síntomas severos de las enfermedades (Suárez y Hernández, 2010).

El árbol de cacao en estado natural vive en asociación biológica con otras especies donde crece y produce mazorcas bajo la cubierta del bosque tropical. Por lo anterior, los especialistas han caracterizado a esta planta como umbrófila o muy amiga de la

sombra, lo que indica que prospera donde su follaje no está expuesto a la plenitud de la luz solar. Este comportamiento ha puesto en evidencia que la luz asociada con ciertos grados de temperatura, dentro de determinados límites, estimula la conformación del follaje (Paredes, 2003).

El efecto de la sombra al iniciar la plantación no sólo es reducir la luz; si no también el de proteger a las plantaciones de cacao del movimiento producto de fuertes corrientes de aire que la perjudican, igual o más que el efecto de temperatura y luz unidas. Una vez que el desarrollo de la planta permite el “autosombreamiento”, debe iniciarse la eliminación gradual de la sombra hasta llegar a un buen punto de equilibrio. Los árboles de sombra se deben podar una o dos veces por año (Paredes, 2003).

3.8.8. Nutrición

La nutrición correcta del cultivo es indispensable para afrontar de una mejor forma los factores adversos y desde el punto de vista de los rendimientos y la rentabilidad, es garantía de una población competitiva. Además, las plantas bien nutridas tienen mayor resistencia a las enfermedades (Suárez y Hernández, 2010).

Durante el primer y segundo año las necesidades por planta son de 60 gramos de nitrógeno, 30 g de P₂O₅, 24 g de K₂O y 82 g de SO₄. Del tercer año en adelante la fertilización se debe hacer basándose en un análisis del suelo (Gaitán, 2005).

3.8.9. Agua

Los requerimientos de agua para el cacaotal están estimados entre 1500 a 2500 mm anuales en las zonas bajas y cálidas y de 1000 a 1500 mm en las zonas más altas o frescas. Usualmente a través del mundo en la mayoría de las regiones cacaoteras la cantidad de lluvia excede la evapotranspiración, necesitando esto suelos bien drenados para eliminar el excedente. Igualmente, la distribución de las lluvias mensualmente juega un papel importante tanto como por su falta que como por

exceso. Si la época seca se prolonga relativamente en una zona, la cosecha se puede concentrar en períodos cortos (Johnson et al., 2008).

El cacao es una planta sensible a la escasez de agua, pero también al encharcamiento por lo que se precisarán de suelos provistos de un buen drenaje. Un anegamiento o estancamiento puede provocar la asfixia de las raíces y su muerte en muy poco tiempo. Las necesidades de agua oscilan entre 1500 y 2500 mm en las zonas bajas más cálidas y entre 1200 y 1500 mm en las zonas más frescas o los valles altos (ANACAFE, 2004).

3.9. Control de plagas y enfermedades en la mazorca de cacao

Las principales enfermedades que afectan los cacaotales pueden ser controladas y obtener buena producción, aunque en la plantación estén presentes todas ellas. Entre las principales enfermedades están: Mazorca Negra (*Phytophthora palmivora*) Moniliasis (*Moniliophthora roreri*), la Escoba de Bruja (*Crinipellis perniciosa*) y el Mal del Machete (*Ceratocystis fimbriata*). Las mejores prácticas para controlar estas enfermedades son partiendo de prácticas de cultivo y manejo apropiados (Johnson et al., 2008).

La poda frecuente, la regulación del sombrío, el buen drenaje, densidades apropiadas, el buen control de malezas y un buen programa de fertilización que permitan un óptimo desarrollo del árbol de cacao, hace que los patógenos que entren a las plantaciones tengan pocas probabilidades de establecerse y desarrollar, en caso de que la enfermedad se llegase a establecer, con un manejo adecuado estas pueden ser controladas económicamente y se podrá convivir con la enfermedad (Johnson et al., 2008).

En los casos que la enfermedad ya esté presente, es de suma importancia remover de la plantación, semanalmente las partes afectadas del cacaotal, para de esta forma erradicar la enfermedad o reducir la incidencia a niveles tolerables. Combatir estas enfermedades por medios químicos es justificable solamente cuando se trata de

plantaciones altamente productivas en donde la respuesta al tratamiento compense la inversión pronunciados (Johnson et al., 2008).

El árbol de cacao, como ser viviente está expuesto al ataque de plagas y enfermedades. Estas pueden revestir un carácter de suma gravedad, comprometiendo gran parte o la totalidad de la cosecha o la vida misma de las plantaciones afectadas (Paredes, 2003).

Entre las enfermedades más importantes está, la moniliasis por la magnitud de pérdidas que causa y el desánimo que infunde en el agricultor, quien, al no poder controlarla, ha sustituido el cacao por otros cultivos. Dentro del contexto de rehabilitación - renovación se podría considerar como una plantación sana la que produzca por encima de 1500 Kg de cacao seco y de calidad por hectárea al año. Es una necesidad imperiosa el control de plagas y enfermedades mediante prácticas culturales constantes que permitan manejarlas hasta reducirlas a niveles que no afecten significativamente una plantación (Paredes, 2003).

La remoción periódica de frutos enfermos después de la poda previene la diseminación de las enfermedades, en especial la moniliasis y escoba de bruja. La frecuencia de remoción debe ser semanal en época de invierno o quincenal en verano o temporada de mayor cosecha. Se considera que para realizar la remoción de mazorcas enfermas de una hectárea de cacao al empezar a controlar el agricultor puede demorar hasta un día. Este tiempo irá disminuyendo gradualmente con las remociones constantes y periódicas, llegando a ejecutar la misma área en una hora (Paredes, 2003).

Los insectos plagas en los cacaotales son dañinos, además existen insectos benéficos como los polinizadores, predadores y parásitos de otros insectos plagas. Los insectos plagas son muchos, pero son combatidos por sus predadores. Así podemos citar: Áfidos (*Toxoptera aurantii*, *Aphis gossypii*), Cápsidos de cacao o monalunion (*Monalunion braconoides*), Salivazo (*Clastoptera globosa*), Chinchas, Barrenador del tallo (*Cerambycidae*), Gusanos medidores o defoliadores, Zompopos, Trips,

Barrenadores del fruto (Grupo Mármara), Crisomelidos, Escolítidos (Xyleborus), Gallina ciega (phyllophaga sp) y Ácaros Los controles pueden ser con medidas culturales (Gaitán, 2005).

3.10. Mortalidad de la mazorca de cacao

En general el cacao se poliniza por medio de insectos, se han identificado algunas mosquitas del género Forcipomyia y algunos otros insectos en menos cuantías que actúan como polinizadores. La polinización no es un factor limitante en la producción, sino que, al revés, usualmente hay un número en exceso de mazorcas fecundadas, esto es controlado por un fenómeno que hace que algunas mazorcas se marchiten formando el “cherelle wilt” o frutos marchitos, esto regula el número de frutos en el árbol (Johnson et al., 2008).

El análisis aplicado refleja que la plantación de estudio tiene una productividad media de 35 frutos por árbol, con un rango que va desde 2 a 112 frutos/árbol en un año de producción. Con respecto a la clasificación realizada por el CATIE para el tipo de productividad de un árbol podemos decir que la productividad de esta plantación es intermedia; ya que se pueden llegar a cosechar aproximadamente 40 frutos obtenidos en tres o cuatro cosechas durante un año (Lira y Vargas, 2009).

En relación a la evaluación de los métodos de control de enfermedades, se concluyó que el uso de fungicidas (químicos y biológicos), disminuyó la incidencia de la “moniliasis”, “mancha parda” y “cherelle wilt”; pero la aplicación de fertilizantes no aumentó la efectividad de estos productos. El tratamiento solo con labores culturales, no disminuyó la incidencia final de la “moniliasis”, tampoco de la “pudrición parda”; en cambio aumentó la incidencia final del “cherelle wilt (Anzules, 2019).

3.11. Plagas de la mazorca de cacao

3.11.1. Mazorqueo

El mazorquero del cacao es una mariposa. Los huevos de estos insectos son muy pequeños, difíciles de apreciar a simple vista, las larvas o gusanos pasan al estado de pupa dentro de las mazorcas, para luego convertirse en adulto (mariposa). La dispersión se da por vuelo de los adultos, o por trasladar mazorcas infestadas de un lugar a otro con la plaga en diferentes estados. Los daños ocasionados por las larvas que perforan los frutos, se alimentan de las partes internas de las mazorcas. Por estas perforaciones ingresan el agua de lluvia, otros insectos, hongos y bacterias, que causan la pudrición total de los granos. El “mazorquero” se ve favorecido por las condiciones que se presentan en las plantaciones de cacao mal manejadas o abandonadas (Orihuela, 2018).

3.11.2. Chinches

Chinche mosquilla o chinche amarilla *monalonion dissimulatum*: Atacan los frutos o mazorcas. Aparentemente, al succionar la savia del fruto, eliminan toxinas que originan manchas necróticas secas y circulares de color negro en su cascara. Si el daño ocurre en frutos tiernos, pueden sufrir pudrición y caída prematura, en cambio, en los frutos en crecimiento, puede haber deformación. En casos muy severos, la picadura puede comprometer también los granos del cacao (Soto et al., 2017).

Chinche con forma de avispa: Su presencia tiene relación con deficiencia de sombra. Su daño principal es cuando ataca el brote de las plantas y mueven las ramillas (MAG, 1991).

3.11.3. Roedores (Ardillas, Ratas)

En este caso las ardillas, monos, ratas y el pájaro carpintero, dañan las mazorcas y extraen las almendras. Cuando estos animales se presentan en cantidades grandes, constituyen plagas muy serias (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuario [INTA], 2010), esto se ha observado en cacaoales de diversas localidades.

Las ardillas buscan lugares de anidación y refugio en las horquetas de los troncos, y construyen los nidos con la combinación de materiales que encuentren en su medio, siempre cerca de los árboles con frutos los cuales les sirven de alimentos. Esta especie de animales suelen ser solitarios, aunque pueden verse una hembra con sus crías. Aunque durante el periodo de apareamiento el macho sigue a la hembra hasta que se da el apareamiento. Son diurnas y muy activas, se han observado a tempranas horas de la mañana cuando se despliegan mayor actividad; son muy ágiles y se desplazan rápido en los árboles moviendo verticalmente la cola para impulsarse (Ortiz, 2011).

Las hembras adultas de *Sciurus granatensis* (ardilla) pesan aproximadamente 465g, la coloración del pelaje y el tamaño son muy variables ya que responden tanto a variables geográficas como ambientales, durante la temporada lluviosa el color del pelaje es rojizo mientras que en tiempo seco cambia a un color más anaranjado, presentan el dorso color ocre, varía de amarillo negro y el vientre varía de blanco a anaranjado. La cola es ocre con salpicaduras (manchas pequeñas) de negro (Ortiz, 2011).

Los pájaros carpinteros pueden ser muy persistentes y no son expulsados fácilmente de sus territorios o de los sitios que han seleccionado para picotear. Por esta razón, cualquier tipo de esfuerzo por controlarlos si se requiere que sea efectivo del todo se debe implementar tan pronto como se identifique el problema y antes de que los territorios sean bien establecidos (Control de plaga y asesoría sanitaria para todo el Ecuador [Fumieco], 2018).

Los pájaros carpinteros tienen patas cortas con dos dedos opuestos y una cola con plumas rígidas, los cuales le sirven de soporte. Son robustos y con picos afilados para picotear y penetrar la madera. Miden de 7 a 15 pulgadas de largo, generalmente con colores brillantes y contrastantes. La mayoría de los machos tienen tonos rojos en la cabeza, y marcas blancas y negras son comunes en muchas especies se alimentan de insectos barrenadores de la madera y de otros insectos. Algunos se alimentan de frutas, nueces y ciertas semillas nativas. Debido a que dependen de los árboles para su refugio y su alimentación, se encuentran frecuentemente en los márgenes de las áreas arboladas o boscosas (Fumieco, 2018).

3.12. Enfermedad de la mazorca de cacao

3.12.1. Monilia

Moniliasis (*Moniliophthora roreri*): Esta enfermedad es producida por un hongo, el cual ataca únicamente a los frutos (mazorcas) en cualquier momento de su crecimiento, su daño principal se produce en los granos, llegando a causar la pérdida de toda la producción. La forma en la cual se transmite es a través del viento o la lluvia y por la manipulación de frutos enfermos en la parcela (Estrada et al., 2011).

La enfermedad ataca solamente a los frutos del cacao en cualquier estado de desarrollo, siendo más susceptible cuando menor es su crecimiento. Sin embargo, su ataque es a menudo tan severo que se considera que la enfermedad constituye uno de los factores limitantes de mayor importancia en la producción de cacao a nivel nacional. La enfermedad se presenta con la aparición de pequeñas manchas de color amarillo en mazorcas verdes y manchas anaranjadas en mazorcas rojas (Paredes, 2009).

La primera manifestación de la infección se presenta en mazorcas pequeñas en los primeros tres meses de desarrollo. Se reconoce por la aparición de tumefacciones o abultamientos en forma de gibas. Este es el momento de controlarlas eliminando las mazorcas deformes. En mazorcas desarrolladas, la enfermedad se reconoce por la

aparición de puntos o pequeñas manchas de un color que aparenta una maduración prematura de los frutos que aún no han alcanzado su desarrollo completo. Con el tiempo aparece en la superficie de la mazorca, una mancha parda rodeada por una zona de transición de color amarillento mazorca (INTA, 2010).

3.12.2. Mazorca negra

La mazorca negra (*Phytophthora palmivora*): Es un hongo muy diferente al que produce la moniliasis, este ataca a las plantas en todas las etapas de crecimiento desde: la raíz, ramas, retoños, flores y frutos. Vive principalmente en el suelo y se transmite por la lluvia y herramientas sin desinfectar. Su daño se presenta como manchas de color café oscuro o chocolate con bordes parejos que se ponen más oscuros y crecen hasta cubrir todo el fruto, los cuales se vuelven blandos (Estrada et al., 2011).

Esta enfermedad es causada por un complejo de hongos del género *Phytophthora*, está presente en todas las áreas cacaoteras del mundo Paredes (2009). Las condiciones de mal manejo, especialmente el exceso de sombra, mal drenaje y falta de poda que presentan muchas plantaciones, favorecen la presencia de la enfermedad, sobre todo cuando se presentan las temperaturas más bajas y lluvias más frecuentes. Ataca todas las partes de la planta, pero las mayores pérdidas son por daños al fruto. En estos aparece una mancha de color café oscuro, por eso su nombre de mazorca negra. En el tronco, la plaga toma el nombre de “cáncer del tronco” y se manifiesta en manchas húmedas color café o vino tinto. En las hojas, los síntomas se manifiestan como manchas necróticas que se inician por los bordes, que generalmente se enrollan hacia adentro (Estrada et al., 2011).

El hongo afecta plántulas y diferentes partes del árbol, como cojines florales, chupones, brotes, hojas, ramas, tronco, raíces y mazorcas. En el fruto la infección aparece como manchas pardas, oscuras, circulares, que rápidamente se agrandan y extienden por toda la superficie de la mazorca. Las almendras que se infectan, resultan

inservibles y en un plazo de 10 a 15 días están totalmente podridas. La mazorca negra comienza con una lesión necrótica circular, que luego cambia a un color café chocolate (INTA, 2010).

La mazorca negra se inicia en condiciones de alta humedad, unas 30 horas después de ocurrida la infección se manifiestan manchas de apariencia acuosa, que luego se torna de color café, las cuales avanzan rápidamente hasta cubrir la totalidad de la mazorca el borde de la lesión avanza unos 12 mm en 24 horas. La infección puede ocurrir en cualquier parte del fruto, pero por lo general empieza en los extremos de la mazorca, donde se acumula agua. En mazorcas no maduras la lesión avanza en su interior a la misma velocidad que progresa la lesión externa y los frutos pueden verse afectados completamente en un periodo de dos semanas (Taleno y Toruño, 2016).

3.12.3. Escoba de bruja

Escoba de bruja (*Crinipellis perniciosa*) Esta enfermedad afecta a las plantas de cacao, especialmente a los brotes vegetativos, cojinetes florales y frutos jóvenes. La escoba de bruja da origen a brotes mal formados, proliferación de ramas laterales; en los cojinetes florales produce la formación de brotes vegetativos y/o flores y mazorcas anormales en forma de chirimoyas, zanahorias, ocasionando en frutos jóvenes y adultos manchas necróticas en la corteza y maceración en las almendras (Paredes, 2009).

En los brotes se producen hinchamientos que posteriormente se secan. Si el ataque es severo a nivel de brotes en la copa, la planta sufre un “estrés” que afecta en la producción. A los brotes atrofiados en forma de abanico se le denomina “escoba”, los tejidos afectados, luego de secarse aparecen las estructuras de propagación, basidiocarpos del hongo causal de esta enfermedad, los cuales tiene forma de “piragüitas” de color rosado (Arroyo et al., 2006).

La Escoba de Bruja ataca todas las partes de la planta en activo crecimiento con excepción de la raíz. El ataque sobre frutos produce gibas o una mancha negra brillante y dura, perdiéndose todo el grano. Las ramas y mazorcas descompuestas se forman “paragüitas” de color blanco o crema donde están las esporas del hongo, con las cuales se propaga la enfermedad. Se recomienda eliminar todas las partes enfermas de la planta a finales de verano, que coincide con la poda anual del cultivo, y repetir a los seis meses (Valenzuela et al., 2012).

3.13. Principales variables en la producción de cacao

3.13.1. Índice de semilla

Para cada árbol élite, se contabilizan 100 semillas y se determina el porcentaje de humedad, posteriormente se obtiene el peso en la balanza digital. El índice de semilla es el peso de cada semilla fermentada y seca; el índice de mazorca es la cantidad de mazorcas necesarias para obtener 1 kg de cacao fermentado y seco. Para obtener los índices de semilla y frutos se aplican las siguientes ecuaciones.

$$\text{Indsem} = \frac{P}{100} \text{ sem}$$

$$\text{Indsem} = \frac{\text{Índice de semilla}}{100}$$

$$\text{Ps100sem} = \frac{\text{Peso seco de 100 semillas}}{100}$$

$$100 = \text{Cantidad de semillas pesadas}$$

Este se refiere al peso en gramos de una muestra de 100 granos de cacao bien fermentado y seco. Se espera que ese peso sea superior a 100 gr, lo que da garantía para un buen índice de mazorca (Nogales, 2020).

Este se calcula bajo la siguiente formula $IS= 100/\text{peso seco de semilla sin testa}$ y se utiliza para saber cuántas semillas de cacao se necesitan para 100 gr de cacao seco (Guevara y Salazar, 2015).

3.13.2. Índice de mazorca

Un método muy usado para estimar cosecha es la aplicación del Índice de Mazorca (IM), como factor para convertir el número de mazorcas cosechadas a volumen de grano seco. El IM es el número de mazorcas que se necesitan para obtener 1 kilogramo de cacao seco, es decir, 2.2 libras de cacao seco (Orozco y López, 2016).

Corresponde al número de mazorcas necesarias para obtener un kilogramo de cacao seco. Sin embargo, este resultado varía un poco de acuerdo con la variedad, región y época de recolección (Nogales, 2020).

Plantaciones de frutos grandes con abundantes granos (40 en promedio) podrían producir aproximadamente 25 mazorcas para un kilogramo de cacao seco. Pero con una mezcla de semilla híbrida, las plantaciones bien manejadas pueden dar aproximadamente 30 mazorcas por kilogramo, siendo este un índice aceptable (Nogales, 2020).

$$\text{Indmaz} = \frac{1000}{\text{semfrut}} / \text{Indsem}$$

Indmaz = Índice de mazorca

1000 = 1000 gramos con forman un kg

Indsem = Índice de semilla

Semfrut = Cantidad de semillas en cada fruto (Ayestas, 2009).

3.13.3. Cantidades de fruto:

Cantidad de frutos para producir un kg de cacao seco se calcula bajo la siguiente formula; $IM:1000/cantidad\ semillas\ fruto \times peso\ índice\ de\ semilla$ (Guevara y Salazar, 2015).

3.13.4. Longitud de la mazorca del cacao

Con una cinta métrica se efectúa la medición desde el pedúnculo hasta el ápice de la longitud de cada una de las mazorcas cosechadas por planta (Medina y Talavera, 2014).

A las unidades de mazorcas seleccionadas al azar de cada unidad experimental se procede a medir de forma longitudinal con ayuda de una cinta o wincha y final mente se calcula el promedio (Huachos, 2015).

3.13.5. Diámetro de la mazorca de cacao

Se toman 10 frutos al azar por tratamiento, midiendo en la zona ecuatorial de cada mazorca. Se acumula las mazorcas de cada cosecha realizada. Se emplea un fluxómetro y se reportó en cm (Montes, 2016).

Consiste en medir las unidades seleccionadas al azar de cada unidad experimental cortadas en formas longitudinal con ayuda de un vernier y finalmente se calcula el promedio (Huachos, 2015).

3.13.6. Numero de granos por mazorca

Una vez cosechadas las mazorcas y separadas por cada uno de los diferentes tratamientos, se prosigue a contabilizar el número de semillas que contiene cada una

de las mazorcas, esta labor solo se realiza una sola vez al finalizar el periodo de la investigación (Medina y Talavera, 2014).

Se realiza en el momento de la quiebra de cacao. De las unidades seleccionadas al azar de cada unidad experimental, se procede a contar el número de almendras por mazorca y finalmente se calcula el promedio de las almendras (Huachos, 2015).

3.13.7. Cosecha del cacao

Inicia cuando la mazorca está madura, lo que ocurre en un período de 5 a 6 meses de edad. Una de las características fundamentales para la determinación de la madurez es el cambio de color de las mazorcas, que pueden pasar de color verde a amarillo y de rojo a anaranjado fuerte o pálido (INATEC, 2018).

El ciclo de mayor producción se presenta en dos periodos al año, en los meses de abril a junio y noviembre a diciembre. La cosecha se debe hacer semanalmente en la época de mayor producción y cada dos semanas en periodo lluvioso y una vez al mes en época seca. No debe cosecharse mazorcas verdes, verde amarillentas o sobre maduras, porque afectan la fermentación, produciendo un porcentaje elevado de almendras violetas, con manchas, además se disminuye el rendimiento de los granos en peso y en calidad. Las herramientas que se utilizan para la cosecha son: tijera de podar, gavilana, pico de lora y escaleras tipo "A". Todas las herramientas de corte deben estar bien afiladas y desinfectadas (INATEC, 2018).

Consiste en la recolección de los frutos o mazorcas maduras; se abren y se les sacan las almendras frescas. Los árboles de cacao florecen 2 veces al año, el periodo de maduración de los frutos oscila entre los 4 y 6 meses después de la floración, en dependencia de la altura sobre el nivel del mar y de la temperatura. La primera cosecha se concentra en los meses de octubre, noviembre y diciembre y la segunda durante marzo y abril. Es muy importante que los instrumentos para cosechar estén bien afilados para no dañar los cojines florales (Gaitán, 2005).

Es necesario recordar que solo deben cosecharse las mazorcas maduras, ya que las "pintonas" pueden no tener suficiente azúcar en la pulpa para una fermentación satisfactoria. Por otra parte, las mazorcas demasiado maduras tienden a secarse y se puede producir la germinación de las semillas dentro de los mismos frutos. La cosecha de los frutos debe hacerse con la mayor frecuencia posible para evitar que sobre maduren. Si la plantación es grande, se puede cosechar cada 8 a 15 días. Si la plantación es pequeña, quizá se pueda hacerlo cada mes (Gaitán, 2005).

Se recomienda cosechar únicamente frutos maduros cada 15 días en cosecha y cada 20 o 25 días en épocas de baja producción. Es muy importante clasificar mazorcas sanas de enfermas para beneficiarlas por separado. Para esta labor se requieren herramientas adecuadas como tijeras de mano, medialunas u horquillas (Valenzuela et al., 2012).

Se cortan los frutos maduros, tomándose en cuenta la coloración con tendencia amarilla y el sonido de los granos sueltos dentro de la mazorca Lira y Vargas (2009). La madurez de la mazorca se aprecia por su cambio de pigmentación: de verde pasa al amarillo o del ojo y otros similares al amarillo anaranjado fuerte o pálido. No obstante, en frutos de coloración roja - violácea muy acentuada el cambio de color puede no ser muy aparente y se corre el riesgo de no cosechar a tiempo las mazorcas que han alcanzado madurez plena. Debido a esta dificultad las mazorcas pueden madurar y germinar. Cuando existen dudas respecto del estado del fruto maduro basta golpearlo con los dedos de la mano y si se produce un sonido hueco es señal de que el fruto está maduro (Paredes, 2003).

Una cosecha bien realizada y oportuna, evita el daño y pérdida de frutos, además contribuye a la reducción de fuentes de inóculo, con lo cual se mantiene la sanidad del cultivo. Para el caso específico de monilia, la cosecha en época de alta producción, se debe realizar con una frecuencia de 8 días (Suárez y Hernández, 2010).

Las mazorcas deben cosecharse maduras. Los frutos inmaduros (pintones), reducen el rendimiento y la calidad, y en los sobre maduros, las almendras pierden calidad aromática y de sabor; además, existe el riesgo de que la semilla germina adentro. Es posible identificar el momento de cosecha por el cambio de color de la mazorca: los frutos verdes cambian a amarillo y los rojos se tornan anaranjados (MAG, 1991).

Cosecha actual: Un método muy usado para estimar cosecha es la aplicación del Índice de Mazorca (IM), como factor para convertir el número de mazorcas cosechadas a volumen de grano seco. El IM es el número de mazorcas que se necesitan para obtener 1 kg de cacao seco (2.2 lb). Se prefiere un IM bajo. Varias investigaciones en la región indican que el IM para los cacaotales de CA es de 22 a 24. En aquellas zonas de cultivo con un “pico” de cosecha durante el año, la producción potencial de la finca se estima contando las mazorcas recolectadas y se divide por el IM. En zonas con dos picos de cosechas, se recomienda hacer el cálculo para cada época. La aplicación de este método depende de la correcta estimación del IM en la finca, o zona de cultivo, puesto que varía mucho según el genotipo de cacao y el ciclo de la cosecha (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [CATIE], 2021).

3.13.8. Cosecha actual

Antes de comenzar la cosecha principal que corresponde al mes de septiembre para Nicaragua, se cuentan todas las mazorcas de 14 centímetros de largo o más que hay dentro de una fila o de toda la parcela (estas mazorcas ya superaron un problema común en cacao conocido como cherele wills) (CATIE, 2021).

Se realiza exactamente lo mismo antes de la cosecha secundaria, que corresponde al mes de mayo para Nicaragua (CATIE, 2021). Se divide el número total de mazorcas de la cosecha principal por el IM 22 (mazorcas). Haga lo mismo con la cosecha secundaria. Los resultados le dirán cuál será la cosecha de cada pico y la sumatoria de ambos conteos le dará la cosecha total anual (CATIE, 2021).

Primero, se cuentan todas las mazorcas dentro de una fila o parcela dentro del cacaotal que tengan más o menos 14 centímetros de largo (estas mazorcas ya superaron un problema común en cacao conocido como cherele wills, o marchitez prematura – abortos-) antes de comenzar la cosecha principal (septiembre para Nicaragua y Honduras), y antes de la cosecha secundaria (mayo para Nicaragua y Honduras). Segundo, divida el número total de mazorcas por el IM 22 y el resultado será la cosecha de cada fila o parcela de muestreo. El dato resultante se multiplica por la cantidad de filas o parcelas que hay en la plantación y obtendremos el resultado por ciclo (Orozco y López, 2016).

Cosecha futura: Para la estimación de cosecha futura se usa el siguiente protocolo:

- a) **Primero**, clasifique el cuaje, o carga de mazorcas por árbol en una fila/parcela de muestreo antes de la cosecha principal usando la escala siguiente para la carga de mazorcas/árbol: 1: sin mazorcas, 2: con 10-20, 3: con 20-30, 4: con 30-40 y 5: con más de 40 (Orozco y López, 2016).

- b) **Segundo**, multiplique el número de árboles dentro de la fila, o dentro de la parcela de muestreo, por la respectiva clasificación asignada (1 a 5) según el número de mazorcas encontradas en el árbol. Este paso le dirá el número de mazorcas que podría cosechar de esa fila, o parcela (Orozco y López, 2016).

- c) **Tercero**, divida el total de mazorcas por el IM (22) para estimar la cosecha futura de su parcela.

Hay que recordar que la escala de calificación tiene rangos de carga de mazorca, por ejemplo, la calificación 2 corresponde a un árbol con 10-30 mazorcas. El resultado de la operación de rango mazorcas X el IM es un rango en la proyección de la cosecha de la fila/parcela. Ambos métodos dan buenas estimaciones de cosecha con variaciones entre picos de cosechas y entre años. La clave es la aplicación constante en la finca. Sin embargo, ninguno de los métodos descritos incorpora las curvas de

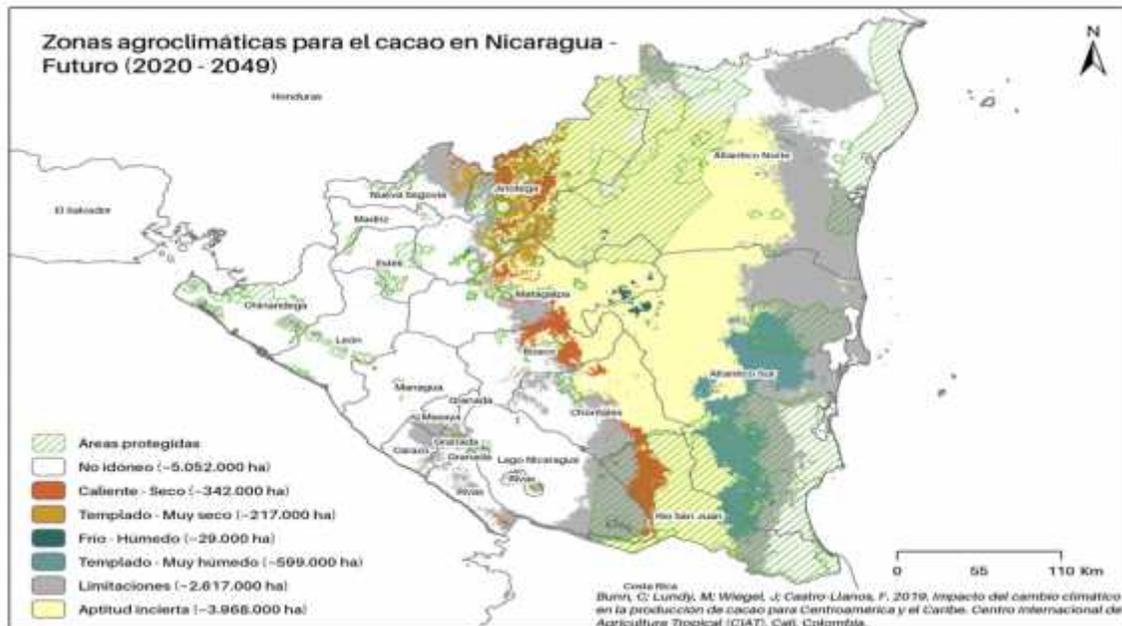
sobrevivencia de las mazorcas ni las probabilidades de paso de mazorcas de diferente tamaño hasta llegar a su madurez. De allí la relevancia de este trabajo para proyectar-aplicar con mejor precisión/confianza los métodos de estimación de cosecha (Orozco y López, 2016).

Resultados de varios investigadores, quienes en sus estudios sobre rendimientos de cultivares de cacao, concluyeron que la variedad forastera tiene en promedio de 22 a 30 semillas/mazorca; entre 33,8 y 34,3 semillas/mazorca para el Trinitario y para el criollo 29,77 y 29,53 semillas/mazorca afirma MAGFOR (como se citó en Palma y Olivas, 2015).

3.13.9. Producción de Cacao

La producción de cacao adaptado al clima aumenta de manera sostenible la productividad, mejora la resistencia al riesgo climático y reduce o elimina los gases de efecto invernadero (GEI). Las intervenciones pueden llevarse a cabo en diferentes niveles tecnológicos, organizativos, institucionales y políticos. Asimismo, el grado de esfuerzo de adaptación requerido para una producción sostenible de cacao está relacionado con el grado de impacto del cambio climático. Con el aumento de los impactos cobra mayor importancia el nivel de las intervenciones más allá las prácticas a nivel de finca, tales como cambios en los medios de subsistencia o lograr un ambiente favorable (Bunn et al., 2019).

Mapa de zonas agroclimáticas para el cultivo de cacao en Nicaragua.



Fuente: Bunn et al., 2019

3.13.10. Zonas productoras de cacao en Nicaragua

Las primeras referencias de áreas de siembra se sitúan en el Pacífico, en el municipio de Cárdenas del sureño departamento de Rivas, también en Granada en el Valle de Menier hoy Valle de Nandaime, en Nindirí, municipio de Masaya y en Ticuantepe del departamento de Managua. La sensibilidad del cacao criollo a las enfermedades y a condiciones ambientales adversas determinó que el cacao criollo fuese sustituido por cacaos vigorosos y resistentes a las enfermedades, sacrificando calidad; además, el advenimiento de cultivos industriales de mayor dinamismo desplazó la producción de cacao hacia la región de la Costa Caribe nicaragüense información de JICA (como se citó en Cerrato, 2015).

El cultivo del Cacao en Nicaragua representa una producción total de 500 TM (toneladas métricas) anuales en 3,000 hectáreas o aproximadamente 4,260 manzanas dispersas en varias zonas del país, principalmente en el Atlántico Sur (Nueva Guinea, Bluefields, Kukra Hill), la zona de Las Minas (Siuna, Bonanza y Rosita), en el Atlántico

Norte (Waslala, Río Coco), Matagalpa, Jinotega, Río San Juan, y la zona del pacífico (Mombacho, Meseta de los Pueblos, y Rivas). Del área total alrededor de un 75 por ciento se encuentran en la región de Matagalpa y Jinotega. La Costa Atlántica cuenta con aproximadamente 350,000 ha. De zonas aptas para el cultivo del Cacao a nivel Nacional y con el 50% del potencial para la exportación de cacao de Nicaragua (Gaitán, 2005).

En las zonas de Nueva Guinea, Río San Juan, el Rama, Matagalpa (Río Blanco, La Cruz de Río Grande, Waslala) y Jinotega, se concentran aproximadamente 1,345 ha establecidas de este Cultivo. De manera general se menciona que a nivel nacional existe un total de 4,500 hectáreas de cacao establecidas en diferentes zonas. Las zonas donde mayormente se desarrolla esta actividad carecen de obras de infraestructura. De cara a la exportación, la ausencia de una infraestructura portuaria competitiva en el atlántico es un obstáculo significativo para alcanzar mayor competitividad en el mercado internacional (Gaitán, 2005).

En Nicaragua, el fomento, renovación, rehabilitación y asistencia técnica en cacao son apoyados por agencias cooperantes y ONG que trabajan en coordinación con instituciones del estado (INTA-MAGFOR-IDR, MARENA, INAFOR), universidades, comisiones territoriales de cacao y organizaciones de productores (cooperativas y asociaciones). En el país existen unos 20 proyectos cacaoteros distribuidos en seis núcleos productivos: 1-Waslala, Rancho Grande y Tuma-La Dalia, 2- Triángulo minero (Siuna, Bonanza y Rosita) 3-Matiguas, Muy Muy y Rio Blanco, 4-San Carlos, Sábalo y El Castillo en Rio San Juan, 5- El Rama, Muelle de los Bueyes, La Cruz de Rio Grande y Nueva Guinea y 6- El Cua, Wiwili y San José de Bocay. Otros sitios que pretenden recuperar protagonismo en el mapa productivo de cacao por medio de iniciativas privadas son: Granada y Rivas. En cada zona cacaotera del país, la producción, acopio y comercialización del cacao está en manos de asociaciones y cooperativas cacaoteras de pequeños productores (Programa Manejo Sostenible de los Recursos Naturales y Fomento de Competencia Empresariales [MASRENACE], 2010).

3.13.11. Zonas de producción actual de cacao en Nicaragua

- ❖ Waslala – (Región Autónoma de la Costa Caribe Norte) RACCN
- ❖ Rancho Grande y Tuma-La Dalia - Matagalpa
- ❖ Triángulo Minero (Siuna, Bonanza y Rosita) - RACCN
- ❖ Matiguás, Muy Muy y Río Blanco - Matagalpa
- ❖ San Carlos, Sábalos y El Castillo - Río San Juan
- ❖ Muelle de los Bueyes y Nueva Guinea - Chontales
- ❖ El Rama y La Cruz de Río Grande - (Región Autónoma de la Costa Caribe Sur)

RACCS

- ❖ El Cuá - Jinotega
- ❖ Wiwilí – Nueva Segovia
- ❖ San José de Bocay - Boaco
- ❖ Granada y Rivas afirma IICA (como se citó en Cerrato, 2015).

En el país se identificaron 7 núcleos productivos ubicados en los departamentos del RACCS, RACCN, Matagalpa, Jinotega, Río San Juan, Granada y Rivas. Se estima que hay alrededor de 8000 ha sembradas con cacao en los diferentes municipios, con la capacidad de producir 2 077,5 TM de cacao en baba para la comercialización interna y externa. La producción promedio del país es de 277kg/ha, siendo el municipio de Waslala el que posee el promedio más alto con 328kg/ha (Escobedo, 2010).

En los departamentos del RACCN y Río San Juan se identificaron 18 organizaciones de productores que desempeñan las actividades de acopio (baba, fermentado o seco), estas organizaciones prefieren comprar en baba para asegurar la calidad en el proceso de beneficiado. En conjunto, agrupan a más de 1656 productores y acopian 413,9 TM de cacao seco por año, los cuales son principalmente para exportación (Escobedo, 2010).

3.13.12. Fertilización de los cultivos de cacao

Para iniciar un plan de fertilización lo primero es conocer el estado de fertilidad del suelo, se debe fertilizar hasta que la planta empieza a crecer a partir del segundo mes durante el primer año se realizan 2 aplicaciones de fertilizantes con alto contenido de fósforo y nitrógeno, a razón de 3 onzas en total. La primera aplicación se efectúa a los 2 meses después de la siembra colocando 1.0 onza por planta, mientras que la segunda aplicación se hará 6 meses después de la primera colocando 2.0 onzas por planta (Batista, 2009).

En el segundo año, la aplicación del fertilizante se debe a ser igualmente en 2 etapas, la primera aplicación en los meses de enero a febrero y la segunda aplicación durante los meses de julio a agosto, colocando 2 onzas por planta en cada aplicación. La planta debe recibir 4 onzas en total. Al tercer año la fertilización debe realizar una sola aplicación, colocando 5 onzas por planta, inmediatamente termine la poda durante los meses de agosto y septiembre. En el cuarto año, el aporte de fertilizante aumenta a 6 onzas en una sola aplicación, y en el quinto año se debe aplicar 8 onzas por planta. Además, el primer año conviene efectuar aplicaciones de un fertilizante soluble con micro-elementos cada 4 meses (Batista, 2009).

IV. METODOLOGÍA Y MATERIALES

4.1 Ubicación del estudio

El estudio se realizó en el municipio de Nueva Guinea, localizado en la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS) en la comarca La Sardina, del poblado de Nueva Guinea, 3km al suroeste. En plantación de cacao del productor Álvaro Ruiz Delgadillo, finca la Fortuna.

4.2 Enfoque de la investigación

Es de enfoque cuantitativo, porque se realizó la medición de diversas variables de crecimiento, producción y eficiencia de los clones en estudio, en una investigación realizada en campo abierto en una plantación cacaotera de 5 años de edad.

4.3 Tipo de investigación

La investigación es de tipo no experimental, debido a que este estudio se realizó sin la manipulación de liberada de una o más variables independientes sobre el objeto de estudio considerando siendo este las plantas y mazorcas de cacao de los cuatro clones. Según el tiempo y amplitud de estudio del fenómeno, la investigación es de corte longitudinal, pues el estudio duró el ciclo completo de desarrollo de la mazorca.

4.4 Población y muestra

La población es el conjunto de plantas establecidas en todo el cacaotal de los cuatro clones en estudio y la muestra son el conjunto de plantas (86) distribuidas en dos parcelas de medición (600m²) cada una con 43 plantas por parcelas en estudio, donde se seleccionaron 10 plantas por cada material genético con la única condición que debía cumplir que presentara mazorcas mayores de 14 cm de longitud. De esta manera se descartaron aquellas plantas que no tenían mazorca. Para una mayor

precisión se consideró evaluar 100 mazorcas por clon, pero esta condición no se cumplió por el estado productivo de la plantación, no encontrándose en el sureste de Nicaragua ninguna plantación que cumpla con este requisito.

La plantación total del cacaotal en donde se estableció el estudio es de 2.1 ha, se realizó 2 unidades muestrales de 0.1 ha para encontrar la intensidad de muestreo dividimos las unidades muestrales entre el área de la plantación del cacaotal donde nos da una intensidad de muestreo de 5.69%.

4.5 Tamaño de la parcela

El presente estudio se realizó en una zona representativa del cacaotal, se establecieron 2 parcela de muestreo rectangular de (600 m²). Se seleccionaron 10 árboles por cada clon.

4.6 Descripción del estudio

Se evaluaron 4 materiales genéticos de los clones de cacao CATIE, CATIE-R1, CATIE-R6, ICS-95, PMCT-58, este consistió en seleccionar 10 plantas por cada clon se etiquetaron cada árbol para llevar un mejor registro, se midieron y marcaron todas las mazorcas presentes en cada árbol con un mínimo de 14 cm de longitud tanto en el tronco como en las ramas, se clasificó cada árbol en dos estratos, bajo (menos de 1.5 m) y alto (mayor a 1.5 m), sin sobrepasar los 2.5 m de altura para identificar con facilidad la posición de la mazorca.

En cada árbol de cacao se contaron y marcaron las mazorcas con cintas y bridas de diferentes colores y así resguardar su identidad por clon, encontrando 86 mazorcas CATIE-R1, 54 mazorcas de cacao CATIE-R6, 52 en el ICS-95 y 33 mazorcas del PMCT-58, se utilizó un código para monitorear todo el periodo de crecimiento de la mazorca, se marcaron con estos dígitos, 1:1, árbol 1, mazorca 1.

A cada mazorca de los árboles en estudio se le midió la longitud desde la base hasta el ápice y el diámetro al centro de la mazorca; ambos datos en cm con un decimal se usó la herramienta pie de rey para su medición.

También se midió la altura total del árbol y diámetro del tronco a 30 cm sobre el suelo, la herramienta que se usó en la medición del diámetro del tronco es la forcípula de brazos paralelos, la longitud de ramas productivas en metros (m) (tronco + ramas cosecheras), la herramienta que se uso fue la cinta métrica.

Al final del periodo de muestreo de cada mazorca se cosecharon todas las mazorcas que sobrevivieron, se cortaron con una tijera de podar se pesaron usando una balanza digital y se mantuvo el código individual de la mazorca evaluada para su correcta trazabilidad, se usó un machete para cortar la mazorca a lo largo para sustraer los granos seleccionado para sus mediciones correspondientes, para medir los granos se eliminó el mucilago, luego se tomaron tres semillas (una del centro y las otras dos de los extremos) y se midió grosor y longitud, la herramienta que se usó para medir fue el pie de rey.

Para determinar las variables porcentaje de sobrevivencia, enfermedades y plagas se utilizó la regla de tres para encontrar su porcentaje tanto de sobrevivencia como de mortalidad.

Para longitud de mazorcas, diámetro de la mazorca, números de granos, peso de granos, diámetro del grano y longitud del grano, diámetro promedio de los árboles, altura total de los árboles y longitud de ramas productoras se realizó sumatoria de los datos recolectados entre la cantidad dándonos un promedio para cada variable en estudio.

Para encontrar el índice de grano se utilizó la siguiente formula con una muestra de 100 granos de cacao seco promediados entre la misma cantidad nos da como

resultado el índice de grano, de cada material en estudio se seleccionaron 100 granos se fermentaron, secaron y pesaron para determinar su índice.

Ps100sem = Peso seco de 100 semillas.

Para el índice de mazorca se realizó utilizando la fórmula propuesta Guevara y Salazar (2015) IM: $1000/\text{cantidad semillas fruto} \times \text{peso seco de índice de semilla}$. En cantidad de semillas por fruto se utilizó el promedio de números de granos de cada material en estudio por el índice de semilla.

Para el cálculo de los datos presentes en la (tabla 5) cosecha actual se dividió el total de las mazorcas muestreadas entre el índice de mazorca de cada clon, la cantidad de árboles por hectárea se determina del total de árboles por hectárea plantados encampo de los cuatros variedades genéticas que son 720 plantas en total y cada clon se estableció al 25%.

Cada resultado presente en la (tabla 6) cosecha futura se determinó multiplicando cada árbol ubicado en las diferentes categorías propuesta por su índice de conversión. Según Orozco et al. (s.f) para proyectar cosecha futura se utiliza índice de conversión 1 para árboles que produzcan más de 20 mazorcas al año 0.6 para árboles de 11 a 20 mazorcas anuales y 0.20 para árboles de bajo rendimiento.

Para determinar el índice de eficiencia productiva (IEP) se calcula dividiendo el promedio de producción del año en curso (y/o la producción acumulada de los años anteriores), entre el diámetro al cuadrado del tronco (cm^2) medido del suelo a 30 cm. Mayor valor del IEP es indicativo de mayor productividad y vigorosidad (CATIE, 2021).

Como no se tiene registro de la producción acumulada de los años anteriores se determinó realizarla con la sumatorio de cosecha actual más cosecha futura entre el promedio del diámetro en centímetro al cuadrado.

4.7 Establecimiento del diseño en campo

El área de estudio fue de 1200 m² en total donde se midieron 2 parcelas con las dimensiones 20 metros de ancho por 30 de largo donde se encontraban presentes los 4 clones en estudio establecido en un marco de plantación de 4x4 metros en tres bolillos utilizando como factor de conversión 1.15 cada parcela tiene 43 plantas en su interior para un total en toda el área de estudio 86 plantas.

4.8 Duración del estudio

Las variables de crecimiento de la mazorca, sobrevivencia, diámetro del grano, longitud del grano, peso y conteo de granos fue evaluada con una frecuencia de 15 días, la duración de este estudio fue de 6 meses.

4.9 Variables

Tabla 2. Operacionalización de las variables.

Variables	Sub variables	Definición	Indicador	Fuente	Técnica
Sobrevivencia de mazorca	Mazorcas sanas	Se define como la cantidad de mazorcas de cacao que sobrevivieron todo el proceso de desarrollo y que se encuentran libres de plagas y enfermedades.	Unidades	Cultivo en estudio.	Observación y cuantificación y registro de datos
	Mazorcas enfermas				
Productividad de las mazorcas	Desarrollo de la mazorca	Es la cantidad de mazorcas y semillas obtenida de cada clon evaluado.	cm	Mazorcas a evaluar.	Observación y medición.
	Índice de semilla		Peso seco de 100 semillas.		Peso
	Diámetro de semillas		cm		Medición granos
	Longitud de semilla		cm		

Variables	Sub variables	Definición	Indicador	Fuente	Técnica
	Peso total de semillas por maz		gr		Cuantificación
	Cantidad de granos		unidades		cuantificación
	Índice de mazorca		Cantidad de mazorcas para obtener un kilogramo.		
	Diámetro del fruto (cm)		cm		Medición
	Longitud del fruto		cm		
	Cosecha actual		Cuantificación frutos por clones		Recolección de datos y proyección de frutos
	Cosecha a futuro				
Eficiencia productiva	Diámetro del árbol (cm)	Se refiere alto potencial de una planta para obtener una buena producción	cm	Plantas en estudio	Mediciones
	Altura del árbol (m)		m		
	Longitud de ramas productoras		m		

4.10 Procesamiento y análisis de la información

La información se procesó en el Microsoft Excel 2016, en este se realizaron los análisis de los datos, para generar gráficas y tablas. Se realizaron mapas topográficos del cultivo de cacao con ArcGIS 10.2.2.

4.11 Materiales utilizados

Tablas del instrumento para recolección de datos

Libreta de apuntes

Pesa digital

Teléfonos digitales

Pie de rey

Cinta métrica

GPS

Forcípula de brazos paralelos.

Papel formatos de campo

Tijera de podar

Machete

Cintas de colores

Bridas plásticas

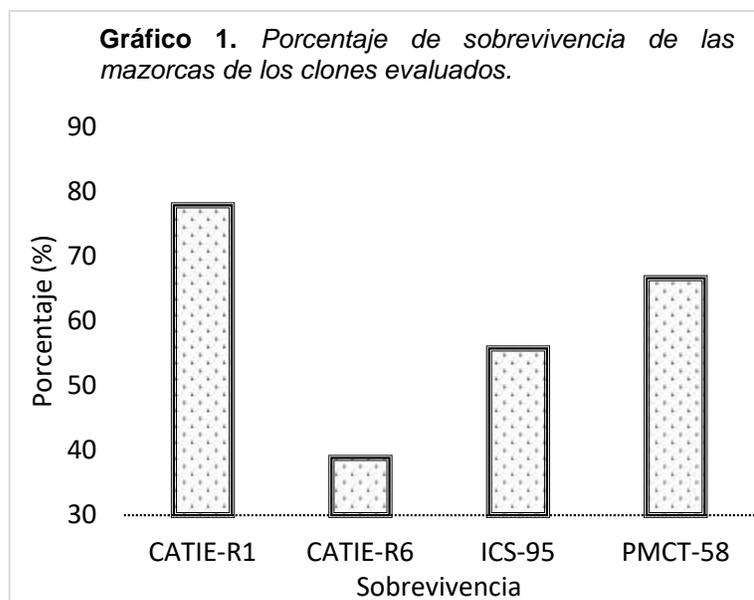
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Supervivencia de la mazorca de cacao

La supervivencia de las mazorcas de cacao son todas las mazorcas que sobrevivieron al final del estudio y que no presentaron daño por algún agente causante ya sean plagas y enfermedades.

El buen manejo agronómico y una fertilización adecuada son factores que influyen en la supervivencia de las mazorcas ya que una planta vigorosa es más tolerante a plagas y enfermedades (Suárez y Hernández, 2010).

El gráfico 1 nos indica el porcentaje de supervivencia de todas las mazorcas de los cuatro clones en estudio obteniendo los siguientes resultados, el clon CATIE- R1 es el que obtuvo los mejores porcentajes de supervivencia con 77.9% un segundo lugar lo obtuvo PMCT-58 con 66.6% de supervivencia y un tercer lugar ICS-95 con 55.7%, el menor porcentaje de supervivencia lo obtuvo CATIE –R6 con un 38.8%.



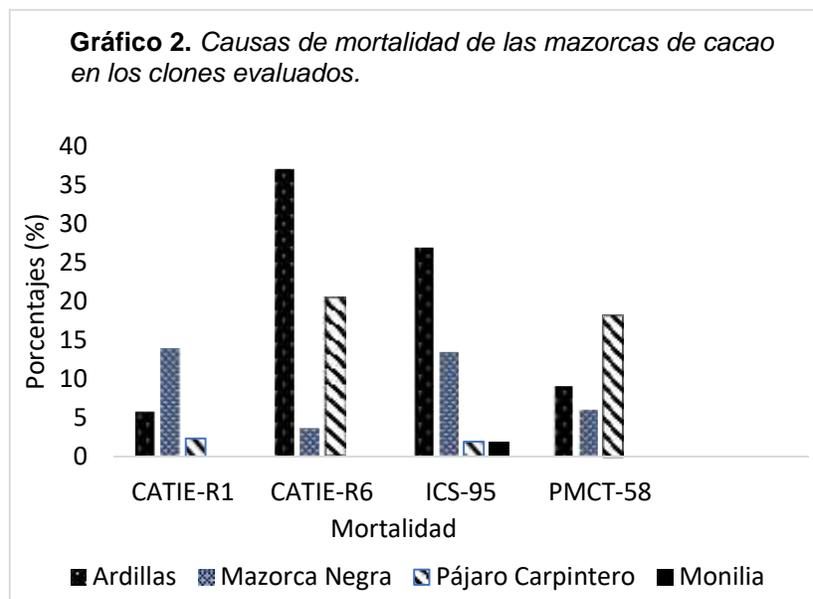
En un experimento realizado en Matagalpa por Palmas y Olivas (2015) encontraron que de todas las mazorcas evaluadas en dicho estudio el porcentaje de supervivencia fue de 27.77% el resto estaba afectado por enfermedades y plagas.

5.2 Mortalidad de las mazorcas de cacao

La mortalidad de las mazorcas no es más que la cantidad de mazorcas dañadas por las plagas y enfermedades que afectan durante toda la etapa de su desarrollo. Como todas las plantas, el cacao está expuesto al ataque de muchas enfermedades y plagas sin embargo hay algunas que producen pérdidas económicas importantes en el cultivo entre las enfermedades tenemos la monilla y la mazorca negra y en las plagas insectos, ardillas (*Sciurus deppei*) y pájaro carpintero (*Dryobates scalaris*) (Echeverri, 2015).

También Echeverri (2015) nos dice que los cambios permanentes en el ambiente, abundantes lluvias, falta de drenaje, el exceso de sombra y la mal nutrición favorecen la sobrevivencia y afectación de plagas y enfermedades fungosas que limitan las medidas de control.

Según el gráfico 2 en el estudio realizado en campo la mortalidad más alta en mazorcas la sufrió el clon CATIE-R6 con una afectación por ardillas de 37.03% y el 20.37% por pájaro carpintero y es el más tolerante a la afectación de mazorca negra con un 3.7% para una mortalidad total de 61%.



El clon CATIE- R1 es el que afectó más la mazorca negra con un 13.9% de mortalidad 5.8% afectación por ardillas y 2.3% de pájaro carpintero presentando una mortalidad total de 22%.

El clon PMCT-58 la mayor mortalidad fue causado por pájaro carpintero con 18.18% la ardilla afectó en un 9.09% y un 6.06% por mazorca negra para una mortalidad total de este clon de 33.33%.

El clon ICS-95 en todo el periodo de estudio presento 26.9% de mortalidad por ardillas un 13.4% por mazorca negra 1.9% de pájaro carpintero y es el único que presento afectación por monilia con 1.9% de mortalidad con una mortalidad total de 43%.

De los resultados del estudio de mortalidad de la mazorca como se puede observar hay unos clones que son más susceptibles a plagas y más tolerantes a enfermedades en cambio hay otros que son más susceptibles a las enfermedades, pero por alguna razón las plagas no los afectan de forma desmedida.

Según Phillips et al. (2012) encontró que la ardilla prefiere los clones PMCT 58, CATIE R6 estos clones comparados con CATIE R1, tienen más cantidad de semillas por fruto tienen más porcentaje de grasa, menos cafeína, y menos epicatequina, lo que indica que la ardilla posee sensores y mecanismos que le indican la cantidad de energía que va a consumir.

Así mismo, Acosta (2014) nos dice que las ardillas pueden representar pérdidas de hasta el 35%. La ecología de la ardilla y su conducta sugiere ubicar, proteger o cuidar a los clones con mayor porcentaje de grasa y mayor número de semillas por fruto para impedir su consumo desmedido.

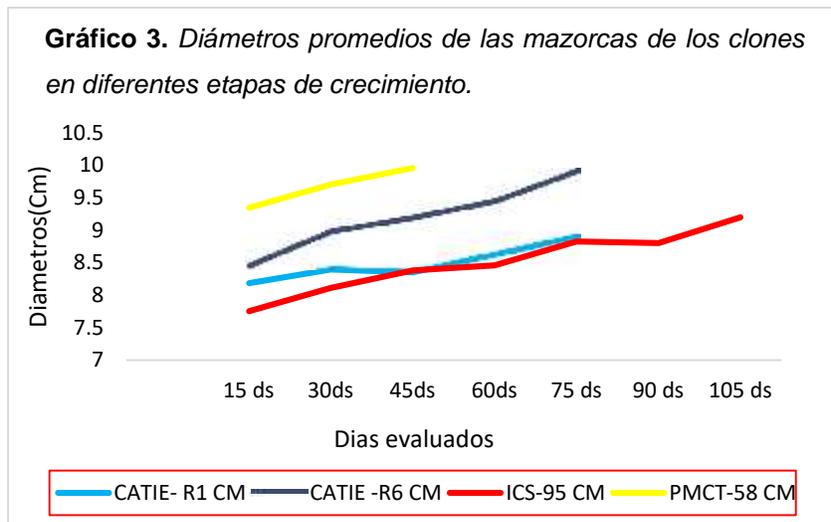
5.3 Características de las mazorcas en 4 clones de cacao

5.3.1 Desarrollo de la mazorca

El crecimiento y la producción del cacao están relacionados con las condiciones medioambientales de la zona donde se cultiva, la temperatura y la humedad deben ser satisfactorias, el período vegetativo, época de floración, y cosecha están regulados por el clima (INTA, 2010).

5.3.2 Diámetro del fruto (cm)

El gráfico 3 nos indica la medición de la parte central de la mazorca de cada unidad de muestra, por cada uno de los cuatro clones estudiados.



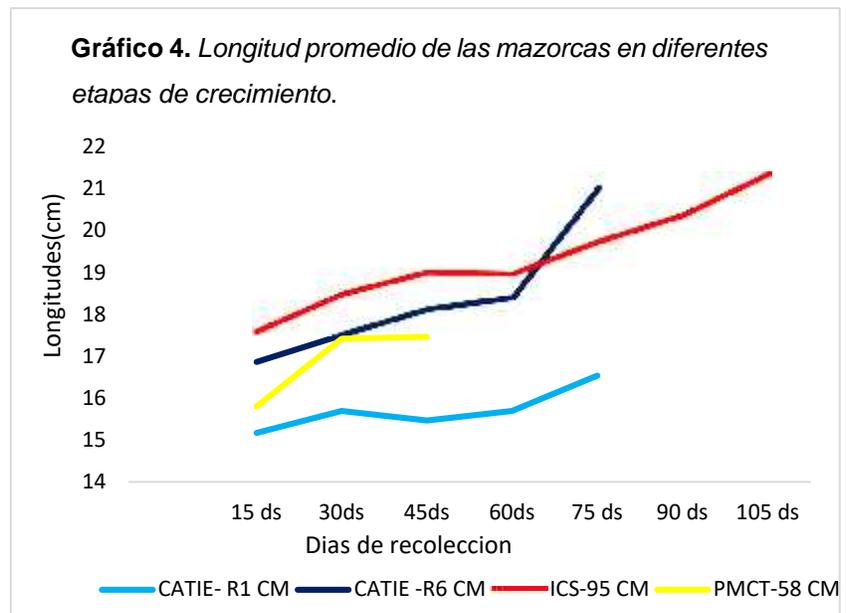
El promedio más alto de

la variable diámetro del fruto en sus distintas fases de crecimiento la obtuvieron clon PMCT-58 con un diámetro 9.9 cm y CATIE-R6 con diámetro final de 9.9 cm seguido del ICS-95 obteniendo un diámetro final de 9.2 cm y por último el CATIE-R1 presentando diámetro menor de todas las mazorcas de los clones evaluados con 8.9 cm.

Analizando los resultados del grafico hay mazorcas de cacao que son cortas, pero tienen un buen grosor del fruto, difieren de acuerdo a las características de cada variedad genética presentando el ciclo de desarrollo más largo el ICS-95 para llegar a la fase de maduración.

5.3.3 Longitud del fruto

El gráfico 4 nos indica la distancia lineal entre los extremos del fruto desde pedúnculo hasta el ápice de la mazorca. Se puede observar el incremento de las mazorcas en sus diferentes etapas de crecimientos unos clones requieren más tiempo para llegar a su fase de maduración.



La longitud promedio de la mazorca de cacao al finalizar todo el periodo de estudio para el CATIE R1 fue de 16.54 cm es el más corto en comparación con los otros tres clones en estudio esto se debe a que es un clon productivo y las condiciones del suelo no son las más óptimas. La longitud promedio final para PMCT-58 es un clon que después de los 14 cm es un clon que no presenta un incremento drástico su promedio al finalizar el estudio fue 17.46 cm.

El CATIE-R6 es uno de los clones que presenta una mazorca larga en comparación con los otros dos en todo el periodo de estudio él siempre fue uno de los clones líderes en el crecimiento de longitud su promedio final fue 21 cm. El ICS-95 es el clon con la mazorca con mayor longitud que sobresalió en todo el periodo de estudio obteniendo un promedio final de 21.3 cm.

5.3.4 Índice de semilla

El índice de la semilla es el peso seco que posee un grano y es un buen indicador del rendimiento entre mayor es el índice de semillas se necesitan menos para obtener un kilogramo de cacao seco. Según normas internacionales para las industrias chocolateras el mínimo aceptable es de 1 gr por grano y todos los promedios de los clones evaluados lo superan.

Según la tabla 3 nos indica los resultados del índice de semilla promedio correspondientes a los cuatro clones en estudio el CATIE-R1 y CATIE-R6 su índice fue de semilla fue 1.4 gr por granos, el ICS-95 y el PMCT-58 el peso por grano fue de 1.3 gr se obtuvieron buenos índices de semillas la razón es que proceden de un buen material genético a pesar que las condiciones de clima y suelo no son las más óptimas.

Según el estudio realizado por Phillips et al. (2012) los índices de semilla para algunos clones que cultivan en Centro América (tabla1) el índice de semilla encontrados para CATIE-R1 es de 1.3 gr para el CATIE –R6 1.4 gr 1.3 gr para ICS-95 y 1.2 gr para el PMCT-58. Comparando con los resultados de nuestra investigación coincidimos con CATIE-R6 y el ICS-95, CATIE-R1, PMCT-58 nos refleja un mayor peso a lo propuesto al parecer las semillas en esta zona son más sólidas.

Tabla 3. Promedio de Índice de semillas de clones en estudio.

Clones	Índice de semilla (gr)	Peso seco de 100 granos (gr)
CATIE-R1	1.4	140
CATIE-R6	1.4	140
PMCT-58	1.3	130
ICS-95	1.3	130

5.3.5 Índice de mazorca

El índice de mazorca es el número de mazorcas que necesitamos para obtener un kilogramo de cacao seco es decir 2.2 libras de cacao seco y varía de acuerdo al peso del grano y la cantidad que cada mazorca tenga en su interior.

La tabla 4 muestra que el índice de mazorca es diferente para cada clon, el índice con mayor número de mazorcas fue el clon CATIE-R1 (39 mazorcas para obtener un kilogramo de cacao); 28 mazorcas para ICS-95; el PMCT-58 necesita 23 mazorcas para obtener un kg de cacao seco y 22 mazorcas el CATIE -R6. Siendo estos dos últimos los de mejores índices.

Comparando datos obtenidos con los índices de mazorcas citados por Phillips et al. (2012) el clon ICS-95 tiene un índice de mazorcas de 22 de 29 mazorcas para CATIE -R1, 24 mazorcas para CATIE- R6 y para el PMCT-58 tiene un índice de 27 mazorcas Según los resultados que se obtuvieron en el estudio realizado hubo variación en la cantidad de mazorcas para obtener el kilogramo de cacao la razón principal es que el productor no realiza fertilización sintética solo utiliza enmiendas orgánicas como alternativas de fertilización y no todos los cultivos y clones asimilan y extraen los nutrientes de la misma forma y rapidez para suplir sus necesidades nutricionales, por otra parte, la liberación de los nutrientes de las enmiendas orgánicas es más lenta y puede ser que cuando la planta lo demande no esté disponible.

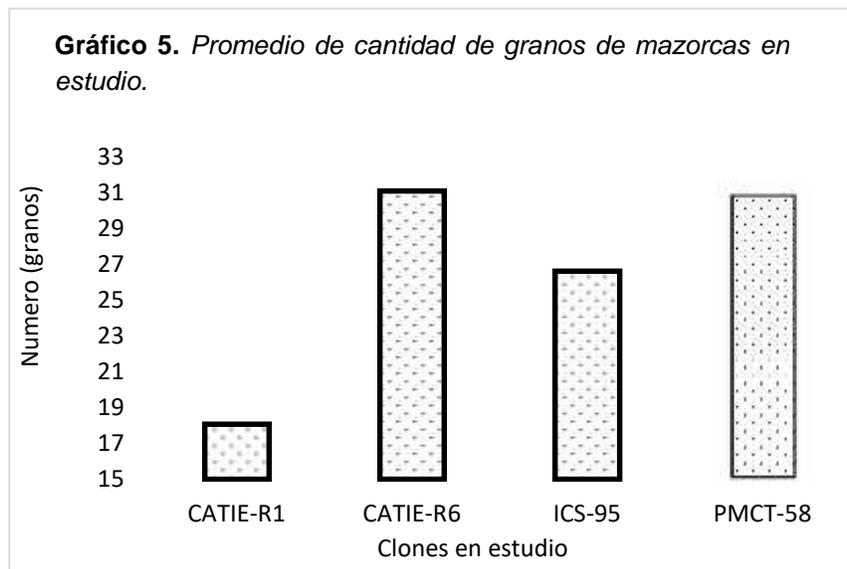
Tabla 4. Promedio de índice de las mazorcas de clones evaluados.

Clones	Índice de mazorcas
CATIE-R1	39
CATIE-R6	22
ICS-95	28
PMCT-58	23

5.3.6 Cantidad de semilla

Se refiere al total de semillas que tiene un fruto de cacao y se determinó manualmente obteniendo rangos promedio de semillas en cada material en estudio se realizó sola una vez, al finalizar el estudio siempre se mantuvo el código de identificación de las mazorcas para conservar su trazabilidad desde la fase de crecimiento cuando se inició esta investigación hasta la cosecha.

El gráfico 5 nos indica que en el estudio realizado el CATIE R6 es el que tiene el mayor promedio de números de granos, con un total de 31.09. El PMCT-58 fue otro de los clones con el mayor número de cantidad de granos con un total 30.8 granos por



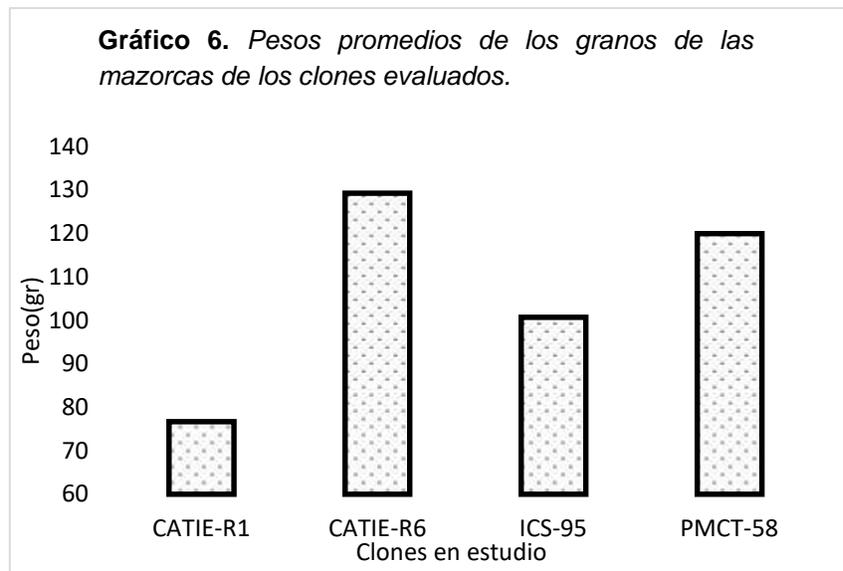
mazorcas, ambos clones poseen una mazorca con un buen diámetro y longitud lo que le permite que en su interior le alcancen mayor número de granos que los otros dos.

El ICS 95 es uno de los clones con el promedio menor en números de granos, esto se debe a que es una mazorca con diámetro del fruto, menor que los otros tres dándonos como resultado al promediar el número de granos de las mazorcas que sobrevivieron de 26.6 granos por mazorcas. De los cuatro clones en estudio el CATIE- R1 es el que tiene menor número de granos, se debe a que es una mazorca pequeña con longitud y diámetros menores, al finalizar alcanzó un promedio de 18.07 granos por mazorcas.

5.3.7 Peso de semilla

El gráfico 6 nos da a conocer el promedio total del peso de todas las semillas que tenían en su interior cada mazorca evaluada.

Obteniendo los siguientes resultados las semillas más pesadas o sólidas son la del clon

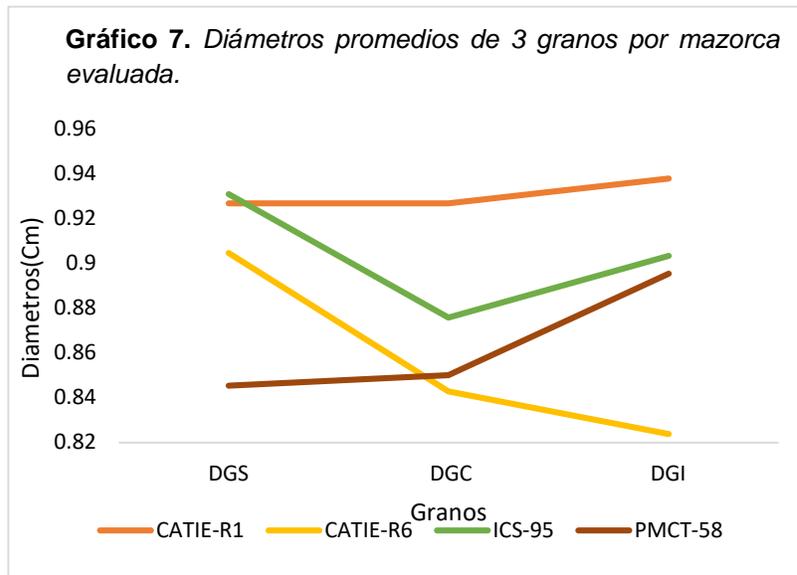


CATIE-R6 con un promedio máximo de peso de granos por mazorca de 129.28 gr y el PMCT-58 con su máximo de 120 gr por mazorca cosechada. El ICS-95 presentó un peso del total de granos por mazorca de 100.6 gr y con un último lugar el CATIE-R1 con un promedio de 76.7 gr.

La variación de los pesos promedios de las semillas varió para cada clon la razón principal es que si una mazorca es grande con un buen diámetro y longitud y tienen abundante número de semillas el promedio de los granos va ser superior al promedio que presentan los clones con mazorcas pequeñas.

5.3.8 Diámetro de semilla

En el gráfico 7 diámetro de grano es el grosor de la parte central de cada una de las semillas seleccionadas, esta variable se realizó para ver la homogeneidad de los granos localizados en diferentes partes de la mazorca en la parte superior al centro y en la



parte inferior a cada mazorca se le seleccionó tres granos manteniendo siempre su trazabilidad.

En el gráfico 7 encontramos el promedio de los diámetros de las semillas de los cuatro clones en estudio. De esta manera CATIE-R1 mostró un promedio para el grano superior de 0.92 cm, el diámetro del grano localizada al centro de la mazorca es de 0.92 cm y 0.93 cm para el grano inferior o de abajo no hubo mucha variación en el diámetro de la semilla independientemente de la posición donde se encuentre el grano.

El diámetro promedio para las semillas de CATIE R6 del grano pegado al pedúnculo de la mazorca es de 0.90 cm para el grano localizado al centro de la mazorca es de 0.84 cm y el diámetro del grano localizado en la parte inferior de la mazorca es de 0.82 cm. Para la semilla de este clon podemos observar que el diámetro de la semilla va en descenso más grande el que se localiza en la parte superior de la mazorca seguido de la que se encuentra en el centro y el diámetro menor es el localizada en la parte inferior.

El ICS-95 presenta un diámetro promedio para el grano superior es de 0.93 cm, y de 0.87 cm del grano localizado al centro de la mazorca el localizado en la parte inferior

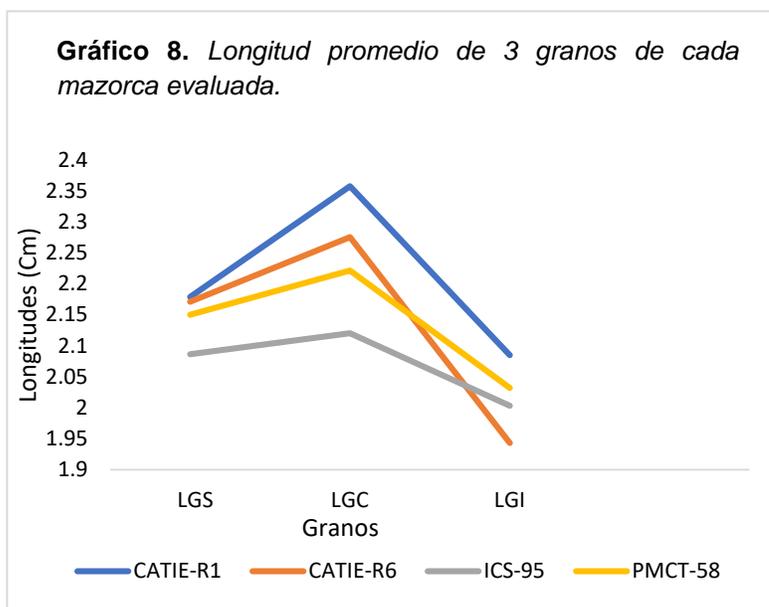
es de 0.90 cm, para las semillas las mazorcas de este clon presentan las semillas más pequeñas al centro de la mazorca seguida por la que se encuentra en la parte inferior y la semilla con el mayor diámetro es la superior.

El promedio del diámetro de las semillas del PMCT-58 las localizadas en la parte superior obtuvo un promedio de 0.84 cm, y 0.85 cm de las semillas de la parte central y para las semillas del extremo inferior se obtuvo un promedio de 0.89 cm. Este clon presenta las semillas más pequeñas las localizadas en la parte superior de la mazorca, seguida por las del centro y la más grande es la que está en la parte inferior de la mazorca.

Para todos los clones el diámetro de la semilla varía según la posición donde se encuentra no hay homogeneidad de la semilla independientemente de la variedad genética. Para todos los granos localizados en las diferentes partes de las mazorcas. Se utilizaron las siguientes siglas para el grafico: DGS=Diámetro de grano superior. DGC=Diámetro de grano central. DGI=Diámetro de grano inferior.

5.3.9 Longitud de semilla

En grafico 8 nos indica el promedio de la longitud de semilla que es la distancia lineal de las 3 semillas seleccionadas localizadas en los diferentes extremos y centro de la mazorca que se mide desde la base hasta el ápice de cada semilla para ver si su longitud es homogénea con respecto al lugar de localización de cada semilla.



Dándonos como resultado longitud promedio para el clon CATIE R1 en la parte superior de la mazorca es de 2.17 cm, el grano ubicado en el centro obtuvo 2.35 cm y el del extremo inferior fue de 2.08 cm. Según análisis este clon el grano más largo es el que se encuentra en el centro de la mazorca seguido por el del extremo superior y el más pequeño es el localizado en la parte inferior de la mazorca.

El clon CATIE-R6 alcanzó una longitud promedio para el grano del extremo superior de la mazorca de 2.17 cm y 2.27 cm para el grano de la parte central y el grano más pequeño es el localizado en la parte inferior de la mazorca 1.94 cm el grano más grande es el ubicado en la parte central.

El ICS-95 es un clon que la longitud promedio de sus granos es casi igual de 2.08 cm de la longitud del grano superior 2.12 cm para la longitud promedio del grano central y de 2.00 cm la longitud promedio del grano inferior.

La longitud promedio para los granos del PMCT-58 es 2.15 cm del grano superior cerca del pedúnculo de la mazorca de 2.22 cm para el grano de la parte central y de 2.03 cm la longitud del grano de la parte inferior. Todos los clones presentan una longitud promedio más grande para la semilla de la parte central de la mazorca el más pequeño es el grano que se localiza en la parte inferior de la mazorca. En el grafico 8 se presentan unas siglas: LGS, LGC y LGI estas hacen referencia del lugar donde se encuentra: longitud de grano superior, central y la longitud del grano inferior.

5.3.10 Cosecha actual

Este procedimiento es muy importante para el sector cacaotero para tomar decisiones sobre su cultivo y se realiza con el fin de estimar cuanto se puede producir de cacao en los próximos dos meses controlando plagas y enfermedades.

Se utilizó el método propuesto por Orozco y López (2016) para estimar cosecha es la aplicación del Índice de Mazorca, como factor para convertir el número de mazorcas cosechadas a volumen de granos de cacao seco.

Según Pavón y Castillo (2016) el cacao presenta dos periodos de mayor producción: de abril a junio y octubre a diciembre, entre febrero y marzo la producción baja también nos dice que el cacao desarrolla su potencial genético de rendimiento cuando se establece en buenas condiciones climáticas y de suelo y se aplican buenas prácticas de cultivo y manejo de la cosecha. Si estas condiciones no se dan o se presentan parcialmente el producto será bajo en rendimiento.

En la estimación de cosecha actual encontramos que los mayores rendimientos los obtuvo CATIE-R6 con 2.45 kg y CATIE-R1 con 2.20 kg en menores cantidad el ICS-95 obteniendo 1.85 kg y PMCT-58, 1.43 kg este es el rendimiento de los 10 árboles de los diferentes materiales genéticos estudiados.

El rendimiento de la cosecha actual es bajo eso se debe a que el productor no realiza fertilización sintética lo realiza de forma orgánica y no se basa en los requerimientos nutricionales de la planta según al análisis de suelo aplicando las proporciones que demande el cultivo.

Tabla 5. *Estimación de cosecha actual para los cuatro clones evaluados.*

Clones	Árboles muestreados	Mazorcas	IM	Cosecha de 10 árboles kg	Clones /ha	Cosecha total en kg/ha
CATIE-R1	10	86	39	2.20	180	39.6
CATIE-R6	10	54	22	2.45	180	44.1
ICS-95	10	52	28	1.85	180	33.3
PMCT-58	10	33	23	1.43	180	25.74
Total				7.93	720	142.74

5.3.11 Cosecha a futuro

En la tabla 6 este método se realiza para proyectar un estimado de la producción del cacaotal a un tiempo más largo que la cosecha actual. El rendimiento de la estimación de cosecha futura, la sumatoria de la producción por hectárea de los cuatros clones estudiados es de 135 kg/ha ya aplicado un descuento del 25% por perdidas.

En las proyecciones de cosecha de los diferentes clones los resultados obtenidos en estimación de cosecha futura para todos los clones son baja la razón principal es que solo hay árboles de rendimientos medios y de bajo rendimiento, por la misma razón hay un rendimiento por hectárea bajo la principal causa es la carga o cantidad de mazorcas que tienen los árboles no son las mejores debido a que la plantación no se encuentra en sus óptimas condiciones.

Tabla 6. *Estimación de cosecha futura para los cuatros clones en estudio.*

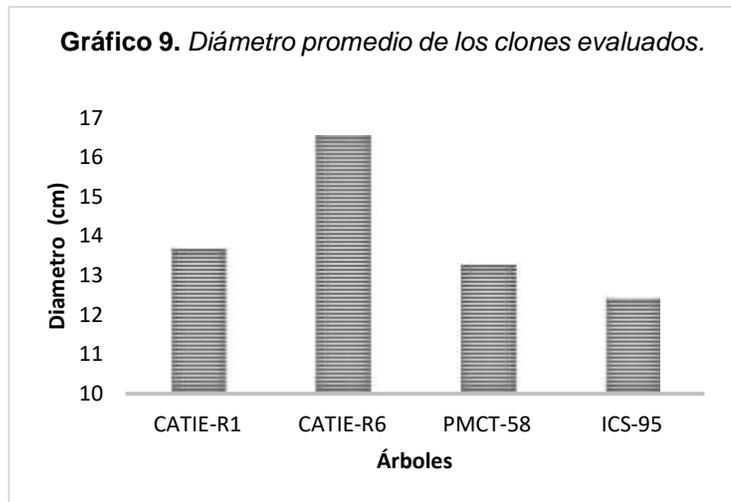
Clones	Arboles	Árboles rendimiento- medio	Producción Árboles rendimiento medio/0.6 (kg)	Árboles rendimiento- Bajo	Producción Árboles rendimiento bajo/0.20 (Kg)	Total Kg/10 arboles	Total, kg/ha
CATIE- R1	10	4	2.4	6	1.2	3.6	64.8
CATIE- R6	10	1	0.6	9	1.8	2.2	39.6
ICS-95	10	1	0.6	9	1.8	2.2	39.6
PMCT- 58	10			10	2	2	36
Total						10	180
DPP 25%							135

DPP=Descuento por plagas y enfermedades

5.4 Características de los árboles en los 4 clones de cacao

5.4.1 Diámetro del árbol (cm)

En el gráfico 9, muestra que, el clon que obtuvo un mayor promedio de desarrollo dimétrico fue el CATIE-R6 con un promedio de 16.55 cm, el CATIE-R1, 13.65 cm, PMCT-58, 13.25 cm y el menor diámetro fue para el ICS-95 con 12.4 cm.



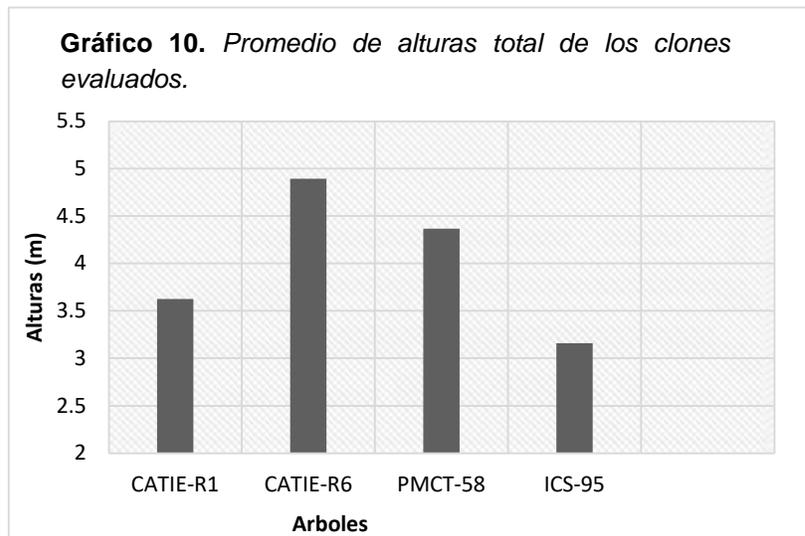
En estudio realizado Phillips et al. (2012) los clones difieren mucho en tamaño y vigor el diámetro del tronco medido en árboles de 14 años de edad en finca la Lola registró los siguientes resultados: CATIE-R6 ,16.7 cm, CATIE-R1 ,16.0 cm, ICS-95, 13.3 cm, PMCT-58, 12.2 cm. También la misma variable medida en árboles de 4 años de edad en el Jardín Madre del CATIE en Turrialba produjo el siguiente resultado: ICS-95, 8.1 cm, PMCT-58, 7.5 cm, CATIE-R1, 6.6 cm y CATIE-R6, 6.1 cm.

Comparando con los estudios de Phillips et al. (2012) nuestros resultados son superiores la razón es que la planta patrón donde se establecieron los clones tenían la edad de 5 años de haberse establecido en campo antes de establecer el injerto por otra parte en esta región las precipitaciones son abundantes y eso le ayuda a la planta a un desarrollo más rápido.

Wabo (2021) nos dice que el diámetro es una medida muy importante porque es un indicador del grosor del tronco y por lo tanto de su volumen; porque otras características cuantitativas del árbol están correlacionadas con él, como la altura del árbol.

5.4.2 Altura total del árbol (m)

En gráfico 10 nos muestra el promedio de la altura total todos los árboles evaluados la distancia del suelo, tronco, hasta el nivel más alto de la copa de los árboles, destacándose unos más que otros ya que tienen más crecimiento vegetativo estimulados por el dosel de sombra que no



es homogéneo para todos los clones evaluados también por sus características de su variedad genética.

Encontrando que las alturas de los clones de cacao con el mayor promedio de altura total del árbol encontrado en campo fueron para CATIE-R6 4.8 m y el PMCT-58 4.3 m, en menor escala CATIE-R1, 3.6 m, el más bajo fue el ICS-95 con 3.16 m.

Estos clones están altos para la producción comercial eficiente la razón es que el productor no realiza ningún tipo de poda y el crecimiento vegetativo es rápido cuando hay abundante sombra tanto por autosombra como la del dosel de sombra establecida y seleccionado por el productor.

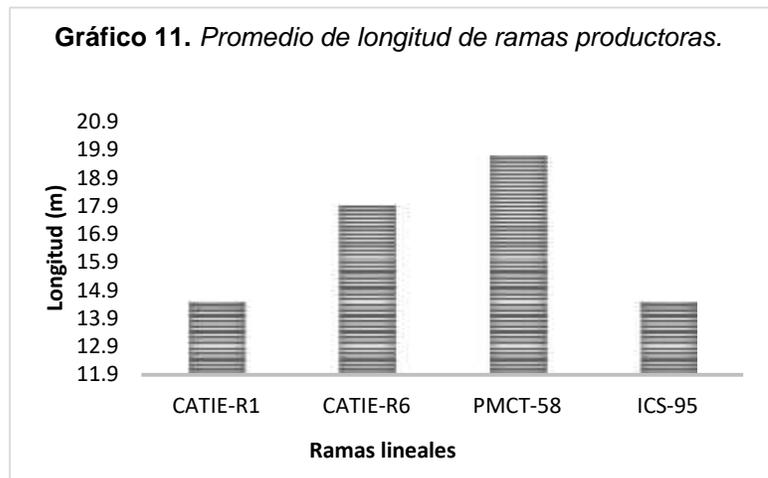
Ayestas (2009) afirma que la altura del árbol y horqueta son características influenciadas por varios factores como: podas, competencia entre árboles y las condiciones de sombra que produzca la elongación del tallo en la etapa temprana de desarrollo, de la exposición al sol y de las condiciones de fertilidad del suelo; los resultados indican que hay una alta variabilidad entre árboles.

El cacao crece aproximadamente 1-1.2 m por año y su máxima altura para producción comercial eficiente debe ser 3.5-4 m. Esto implica que se debe realizar una poda de altura a 2.5 m sobre el suelo una vez al año (Spaans, 2020).

5.4.3 Longitud ramas productoras

Esta variable es la medición de todas las ramas leñosas, primarias y secundarias de forma lineal desde la base de donde inician las ramificaciones de ramas primaria hasta las ramas secundarias que tenga un grosor de 2.5 cm en su parte inferior de tal modo que se incluyen ramas secundarias que se ramifican de la mismas ya que estos tipos de ramas son productoras.

Podemos observar en el gráfico 11, el mayor promedio de longitud de ramas productoras la obtuvo el clon PMCT-58, 19.6 m lineales seguidos por el CATIE-R6 con 17.8 m y el menor promedio lo obtuvieron ICS-95 con 14.4 m y CATIE-R1, 14.4 m.



El cacao produce sus frutos en las ramas leñosas, por tanto, en cuanto más longitud de ramas tiene, mayor su potencial productivo. El valor óptimo es aproximadamente 25 km de ramas productivas por ha, lo cual corresponde a 19 m por árbol (Spaans, 2020).

Todos los clones representan un buen promedio de longitud de ramas lineales, a mayor crecimiento vegetativo mayores metros lineales de ramas. En los resultados que se muestra en la gráfica 11 de los clones estudiado se refleja que las medidas de las ramas lineales comparado con lo citado de una investigación de Spaans (2020)

hay similitudes de longitud de ramas lineales tienen rangos aproximados, donde el clon PMCT-58 es el que tiene más similitud con los resultados de ese investigador.

5.5 Eficiencia productiva de los clones en estudio

Es de suma importancia conocer el valor de eficiencia productiva ya que es el punto clave para fijar una meta de producción en el cultivo. La eficiencia productiva, es dependiente de cada sistema de producción, de las condiciones agroclimáticas; así como la disponibilidad de riego; el hacer las prácticas de fertilización en los momentos oportunos, permite garantizar el éxito en el sistema de producción (Sándigo et al., 2016).

El CATIE (2021) nos afirma que la eficiencia productiva es cuando los árboles de cacao alcanzan sus máximos rendimientos en diferentes periodos se calcula entre la producción y el vigor del árbol, como medida del vigor se usa el diámetro del tronco, el cual tiene una correlación positiva y altamente significativa con el vigor del árbol y con la producción de las plantas de cacao.

La tabla 7 nos presenta el índice de eficiencia productiva de los cuatro clones estudiados con mayor cantidad del CATIE-R1 con 0.03135 kg/cm^2 superando a los otros 3 el PMCT-58 y el ICS-95 presentan un índice de eficiencia productiva de 0.02083 kg/cm^2 en último lugar se encuentra el CATIE-R6 su índice de eficiencia productiva es de 0.01708 kg/cm^2 . El índice de eficiencia productiva para los cuatro clones se realizó sumando cosecha actual y futura entre el diámetro en centímetro al cuadrado.

Analizando los resultados del índice de eficiencia productiva de todos los clones presentando la eficiencia productiva con valores altos. La razón es que estos clones tienen promedios altos de diámetros superando los 12 cm de grosor y como es una correlación entre mayor diámetro más vigorosidad tiene el árbol tendrá más producción a futuro.

Tabla 7. *Índice de eficiencia productiva de los clones evaluados.*

Clones	Eficiencias productivas(kg/cm²)
CATIE-R1	0.03135
CATIE-R6	0.01708
PMCT-58	0.02083
ICS-95	0.02635

VI. CONCLUSIONES

El clon CATIE-R1 es el que obtuvo mayor sobrevivencia de la mazorca con un porcentaje de 77.9% y con menos incidencia de enfermedad y plagas al igual que el PMCT-58 con un 66.6% en cambio los otros dos clones como el ICS-95 con un 55.7% y el CATIE-R6 con un 38.8% su alta tasa de mortalidad fue por plagas y enfermedad.

Las plagas más comunes fueron las ardillas el segundo lugar el pájaro carpintero, mientras que la enfermedad predominante fue mazorca negra para todos los clones evaluados.

El CATIE-R6 es el que presenta los máximos valores en cantidad de granos de 31.09 y peso de la semilla, a la vez la mayor longitud del fruto durante todo el ciclo de estudio la obtuvo el ICS-95 con 21.3 cm.

El clon PMCT-58 muestra el máximo de diámetro del fruto esta variante es por su estructura del árbol ya que posee un diámetro del tronco grueso y ramas primarias gruesas y ramas secundarias vigorosas tiene su propia auto sombra para proteger las mazorcas de los rayos solares.

En relación a la variable índice de mazorca el CATIE R6 es el clon que presentó los mejores resultados con 22 mazorca para un kilogramo de cacao seco.

En relación al diámetro del tronco y altura total del árbol estos clones tienen un buen desarrollo y estructura y vigorosidad, pero a la vez necesitan un buen manejo ya que presentan muchas ramificaciones que necesitan ser podados y despuntado.

En el promedio de longitud de ramas productoras el máximo valor fue para CATIE-R6 y PMCT-58 superando los 18 metros lineales, estos clones demostraron que tiene los metros lineales de sus ramas a su edad, pero es necesario tener un control de sus ramas productoras con buen manejo.

Podemos concluir diciendo que la mayor eficiencia productiva la presentó el CATIE R1 siendo esta de 0.03135 kg/cm² superior al resto de clones indicando que es una planta bien vigorosa con buen diámetro y altura.

VII. RECOMENDACIONES

Promover el cambio de actitud de los productores del cultivo de cacao, es uno de los rubros con mayor crecimiento en el país rentable con producción todo el año y es una opción para mejorar la economía familiar.

Al productor recolectar las mazorcas maduras y enfermas cada 15 días, hacer drenajes, realizar podas y recorte de puntas de ramas enfermas, retirar ramas y frutos infestado fuera del cultivo, realizar programas de fertilización de acuerdo al análisis de suelo.

Que la universidad continúe con este tipo de investigación de esta variedad de clones del CATIE para tener más información para futuros proyectos, y tener registrados los productores de cultivos de cacao y mantener la localización de todas fincas donde se encuentran las distintas variedades de cacao en Nueva Guinea.

Darles seguimientos a estos clones del CATIE que se investigaron para tener más registro en diferente época del año y los registros de producción y rendimiento de los clones que fueron seleccionados en el estudio: CATIE-R1, CATIE-R6, PMCT-58 y ICS-95, con el fin de tener mejores registros.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, J, O. (2014). *Efecto del biocarbón en cacao orgánico (Theobroma cacao L.) y manejo biológico del Mal de Panamá (Fusarium Oxysporumf.sp cubense) con biocarbón y microorganismos benéficos.* Turrialba Costa Rica. <https://docplayer.es/40887962-Centro-agronomico-tropical-de-investigacion-y-ensenanza-escuela-de-posgrado.html>

Agencia de cooperación internacional del Japón. (2013). *Estudio de Mercado de Japón para Cacao Nicaragüense.* https://www.jica.go.jp/nicaragua/espanol/office/others/c8h0vm000001q4bc-att/22_estudio_02.pdf

Arvelo, M, A., González, D., Marota, S., Delgado, T & Montoya, P. (2017). *Manual técnico del cultivo de cacao prácticas latinoamericanas.* San José, Costa Rica. Repositorio.iica.int. <https://www.google.com/search?q=descripcion+botanica+del+cacao&oq=descripcion+botanica+del++cacao&aqs=chrome..69i57j0l2.24364j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

Arroyo, R., Núñez, M. Arévalo, E. Castañeda, E. Mansilla, J. Rios, R. Calvo, V. (2006). *Protocolo Estandarizado de Oferta Tecnológica Para el cultivo del cacao en el Perú.* Lima, Perú. <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/06/A5344e.pdf>

Ayestas, E. (2009). *Caracterización morfológica de cien árboles promisorios de Theobroma cacao L. Waslala, RAAN, Nicaragua.* [Trabajo de Graduación, universidad Nacional Agraria de Nicaragua, UNA]. http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8058/Ayestas_Caracterizacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Ávila, A. Campos, M. Guharaya. Camacho, A. (2013). Aprendiendo e innovando sobre el cacao en sistemas agroforestales. Managua, Nicaragua. [Guía 1]. <http://canacacao.org/wp-content/uploads/Guia-1-Agroforestry-1.pdf>
- Asociación nacional del café. (2004). Cultivo de cacao (*Theobroma cacao*). Guatemala. [Manual Técnico]. <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/05/Cultivo-de-Cacao.pdf>
- Anzules, V. V. (2019). *Sustentabilidad de sistemas de producción de cacao, (theobroma cacao l.) en Santo Domingo de los Tsáchilas*, Ecuador. Lima, Perú. <https://core.ac.uk/download/pdf/270036937.pdf>
- Batista. L. (2009). Guía técnica el cultivo de cacao. Santo Domingo, República Dominicana. <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>
- Bunn. C, Lundy. M, Wiegel. J, Castro, F. (2019). Impacto del cambio climático en la producción de cacao para Centroamérica y El Caribe. Cali, Colombia. <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/QUKZTO>
- Cacaomovil, Plataforma Digital. (s.f). *GUÍA 3: Producción de Plantas de Cacao en Vivero* <https://cacaomovil.com/site/pdf/13/guide3>
- Castillo, S y Sáenz, Y. (2011). Control de calidad en el procesamiento del cacao Matagalpa, Nicaragua. Seminario de graduación universidad Nacional autónoma de Nicaragua UNAN. <https://repositorio.unan.edu.ni/6613/1/6355.pdf>
- Centro agronómico Tropical de investigación y enseñanza. (2021). *Catálogo de clones de cacao. Turrialba, Costa Rica*. https://www.worldcocoaoundation.org/wpcontent/uploads/files_mf/phillipsmora2012clones4.64mb.pdf

Cerrato, J. (2015). Competitividad Comercial del Cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Mercado Centroamericano. Managua, Nicaragua. Universidad nacional agraria UNA

<https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tne70c417.pdf>

Control de plagas y asesoría sanitaria para todo el Ecuador. (2018). Aves y Plagas Urbanas: Pájaros Carpinteros. <https://www.controldeplagasfumieco.com/plaga-desinfeccion-fumigacion-exterminadores-quito-ecuador.php?recordID=782>

Cruz, A J., y Molina, H.M. (2011). Causas antrópicas, efectos socioeconómicos, medidas de mitigación y adaptación del cambio climático en los sectores económicos: ganado, cafcultura, cacao, granos básicos, arroz, turismo comunitario, recursos hídricos y desarrollo local, del departamento de Matagalpa. Matagalpa, Nicaragua.

<https://repositorio.unan.edu.ni/6641/1/6377.pdf>

De La Cruz, J. Vargas, M. & Del Ángelo. (2010). CACAO. Operaciones Pos cosecha. Compendio de cacao. <http://www.fao.org/3/au995s/au995s.pdf>

Enríquez, G. (Ed.). (1987). Manual del cacao para agricultores. San José costa Rica. p: 150.

Estrada, W.J, Romero, X.G., Moreno, J.A. (2011). Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas. San Salvador, El Salvador. http://infocafes.com/portal/wpcontent/uploads/2016/01/Estrada_et_al_Guia_Tecnica_Cacao.pdf

Escobedo, A. A. (2010). Cadena Productiva de Cacao de Nicaragua Proyecto Cacao Centroamérica. Nicaragua.

<http://agronegocios.catie.ac.cr/images/pdf/cadena%20productiva%20nicaragua.pdf>

- Echeverri, J.H. (2015). conceptos básicos en Producción moderna del cacao. Nicaragua. Pg.135
- Gaitán, T. N. (2005). Cadena del cultivo del cacao (theobroma cacao l.) con potencial exportador. Managua, Nicaragua. <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/07/RENF01G144.pdf>
- Goudriaan, J. y van Laar, H, H. (1994). Modelado de procesos potenciales de crecimiento de cultivos. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-011-0750-1>
- Guevara, M. y Salazar, R. (2015). *Caracterización morfológica del fruto y la semilla de 9 clones de cacao (Theobroma cacao L.) realizado en el centro de desarrollo Tecnológico del INTA El recreo Rama, RAAS,2014-2015.* RAAS, NIARAGUA. <https://repositorio.unan.edu.ni/782/1/10407.pdf>
- Herrera, K.G., Aragón, E.O y Aguilar, V. B. (2015). Recursos genéticos. Nicaragua. <https://lcalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/260/256>
- Hoopen, G.M., Mbenoun, M. Deberdt, P. Cilas, C. (2012). Modelado del crecimiento de la mazorca de cacao: implicaciones para el control de enfermedades. Yaounde, Cameroon. DOI:[10.1111 / j.1744-7348.2012.00539.x](https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2012.00539.x)
https://www.researchgate.net/publication/258241090_Modelling_cacao_pod_growth_implications_for_disease_control
- Huachos. H. (2015). *Fertilidad con nitrógeno y potasio en el cultivo de cacao clon lcs 95 en Cubantia –Pangoa. El Mantaro, Jauja, Perú. Tesis, Universidad nacional del centro del Perú, Huancayo.* <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/>

Instituto Nacional Tecnológico. (2018). Manual del protagonista cultivos. Nicaragua.
<https://www.tecnacional.edu.ni/media/AGROINDUSTRIALES.compressed.pdf>

Instituto nicaragüense de tecnología agropecuaria. (2010) .Guía Tecnológica del Cacao, Managua, Nicaragua <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/12/Guia-CACAO-2010.pdf>

Johnson, James M., Bonilla, Julio C., Agüero Castillo, Liana. (2008). Manual de manejo y producción del cacaotero. León, Nicaragua.
<https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01J71.pdf>

Lira, H.S & Vargas, L.C. (2009). Caracterización de la plantación de cacao (theobroma cacao l.) en la finca experimental el ojoche de la UNAN-LEÓN. León, Nicaragua.
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/retrieve/3114>

López, M. (2018). *Efecto del estado de madurez de materiales de cacao sobre la calidad final del grano en los valles interandinos secos. Bogotá, Colombia. Tesis, Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agrarias, Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos.*
<http://bdigital.unal.edu.co/63262/1/1110495635.2018.pdf>

Ministerio de agricultura y riego. (2004). Manual del cultivo del cacao. Perú.
<http://canacacao.org/wp-content/uploads/Cultivo-del-Cacao-Amazonas-Peru-2004.pdf>

Ministerio de agricultura y ganadería. (1991). CACAO Teobroma cacao Esterculiaceae. San José, Costa Rica.
<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658cacao.pdf>

Medina, C.M & Talavera, J.A. (2014). *Efecto de dosis y aplicaciones edáfica y foliar de microorganismos de montaña con y sin sales minerales en el rendimiento del*

cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad criolla, municipio San José de Bocay, Jinotega, febrero-mayo del 2014. León, Nicaragua.
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/4300/1/227735.pdf>

Montes, M. M. (2016). *Efectos del fosforo y azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una plantación de cacao (theobroma cacao l.) ccn-51, en la zona de Babahoyo.* Los Ríos, Ecuador.
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3358/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Nogales, J. (2020). *Poscosecha de cacao. Rendimiento en la producción y beneficio de cacao.* Maracay, Venezuela.
<https://poscosechacacao.blogspot.com/2017/08/constantes-factores-de-correccion-e.html>

Ortiz, A. (2011). *Proyecto de biología Ardilla (Sciurus granatensis).*
<http://ortzcamachoandrea.blogspot.com/2011/11/ardilla-sciurus-granatensis.html>

Orihuela, P.C. (2018). *Manejo integrado del mazorquero del cacao.* Perú.
<https://www.plantwise.org/KnowledgeBank/FactsheetAdmin/Uploads/PDFs/20197800035.pdf>

Organización de las naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2010). *cacao operaciones pos cosecha.* <http://www.fao.org/3/a-au995s.pdf>

Oficina nacional de semilla. (s.f). *Que es un clon de cacao?* San José, Costa Rica.
<http://ofinase.go.cr/certificacion-de-semillas/certificacion-de-semilla-de-cacao/clones/>

Orozco, L y López, A. (2016). Colección de esquinas técnicas para la mejora productiva del cacao. Managua, Nicaragua.

https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/141216_esquinas_tecnicas_de_cacao.pdf

Orozco. L, Somarriba. E, Cerda. R, Astorga. C, Philipe, B. (s.f) Como estimar la cosecha actual y futura de un cacaotal. Turrialba, Costa Rica. [Tahi G M Goran, J A K Souningo O Lachenaud P Eskes A B 2007 Efficacy of Simplified Methods to Assess Pod Production in Cocoa Breeding Trials Newsletter 11 7 11](#)

Paredes, M. (2003). MANUAL DE CULTIVO DEL CACAO. Perú. http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/cacao/manual_cultivo_cacao_2003.pdf

Paredes, N. (2009). Manual de cultivo de cacao para la amazonia ecuatoriana, manual No. 76. Quito-Ecuador. <http://canacacao.org/wp-content/uploads/Manual-cultivo-Cacao-Ecuador.pdf>

Palma, J y Olivas, R. (2015). *Manejo integrado de Moniliasis (Moniliophthora roreri) en cacao (Theobromacacao) y su impacto en el rendimiento, Cooperativa Flor de Pancasán. Matagalpa Nicaragua.* Monografía, Universidad Autónoma de Nicaragua, UNAN. <https://repositorio.unan.edu.ni/3196/1/5619.pdf>

Phillis, w. Arciniegas, A. Mata, A. Motamayor, J. (2012) *Catalogo de clones de cacao.* Turrialba, Costa Rica. https://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/phillipsmora2012clones4.64mb.pdf

Phillips, W. y Amores, F. (s.f). *Moniliasis del cacao Moniliasis del cacao, un Hongo Mortal*. San José, Costa Rica. <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/moniliasis-del-cacao>

Plataforma digital, Agropedia. (s.f). Producción y procesamiento del amargo precursor del chocolate. La India. <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-cacao/>

Proyecto de Adaptación a cambios en los mercados y a los Efectos del cambio climático. (2020). El cultivo de cacao .Nicaragua. https://drive.google.com/file/d/1uEV_c5zJNSMhISOW_O4S1CinT5Rg1iSt/view

Programa Manejo Sostenible de los Recursos Naturales y Fomento de Competencia Empresariales. (2010). Diagnóstico del sector cacao de Nicaragua. Managua, Nicaragua. http://cadenacacaoca.info/CDOCDeployment/documentos/DIAGNOSTICO_DE_L_SECTOR_CACAO_DE_NICARAGUA_2010.pdf

Sándigo, G., Aburto, C., Sánchez, A., Navarrete, A. (2016). Eficiencia productiva en la nutrición de los frutales. Nayarit. México Volumen 12, No. 13. ISSN: 2007-6347 Pp. 73-81. <http://dspace.uan.mx:8080/bitstream/123456789/2138/1/EFICIENCIA%20PRODUCTIVA%20EN%20LA%20NUTRICION%20DE%20LOS%20FRUTALES.pdf>

Soto, E, Mendoza, P., Leyva, C y Guerrero, J. (2017). Guía de manejo fitosanitario y de inocuidad en el cacaotal. Perú. <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6456/BVE18029639e.pdf;jsessionid=E8E43D17580E0C494D609BEAC663B9DD?sequence=1>

Spaans, E. (2020) Taller 2: “Manejo y Salud del Cacao en SAF. <http://sicacao.info/wp-content/uploads/2020/09/Taller-2-Manejo-y-Salud-Cacao-bajo-SAF-Egbert-Spaans.pdf>.

Suárez, Y.J y Hernández, A.F. (2010). Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L) en Colombia, con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*). Colombia. [Investigación Científica, Unión Temporal de Cacao, Colombia].

https://www.fedecacao.com.co/site/images/recourses/pub_doctecnicos/fedecacao-pub-doc_04A.pdf

Torres. L. (2012). Manual de producción de cacao fino de aroma a través de cacao fino Cuenca-Ecuador. Universidad de cuenca, fac, ciencias agropecuarias.

<http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/01/TESIS.pdf>.

Taleno, D y Toruño, M. (2016). *Incidencia de enfermedades y ocurrencia de daño de insectos míridos (Hemiptera: Miridae) en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) bajo sistemas agroforestales. El Rama, 2016. Nicaragua.*

<https://repositorio.una.edu.ni/3422/1/tnh20t143.pdf>

Valenzuela, J. Fernández, J. puerta, A. Mejía, R. (2012). El cultivo de cacao. Medellín, Colombia.

http://infocafes.com/portal/wpcontent/uploads/2016/12/paquete_tecnologico_cacao_cnch_enero_2012.pdf

Wabo. E. (2021.) Medición de Diámetros, Alturas y Edad del Árbol. La plata, Argentina.

<file:///E:/monografia%2021/WABO%20Diametros.pdf>

IX. ANEXOS

9.1. Imágenes

Galería de imágenes



Uso de pesa digital para pesar todos los granos de la mazorca de cacao

Fotografías Arteaga



Midiendo el diámetro del tronco con la herramienta forcípula a 30 cm del suelo.



Árbol de cacao con sus mazorcas etiquetado, clon catie-R1

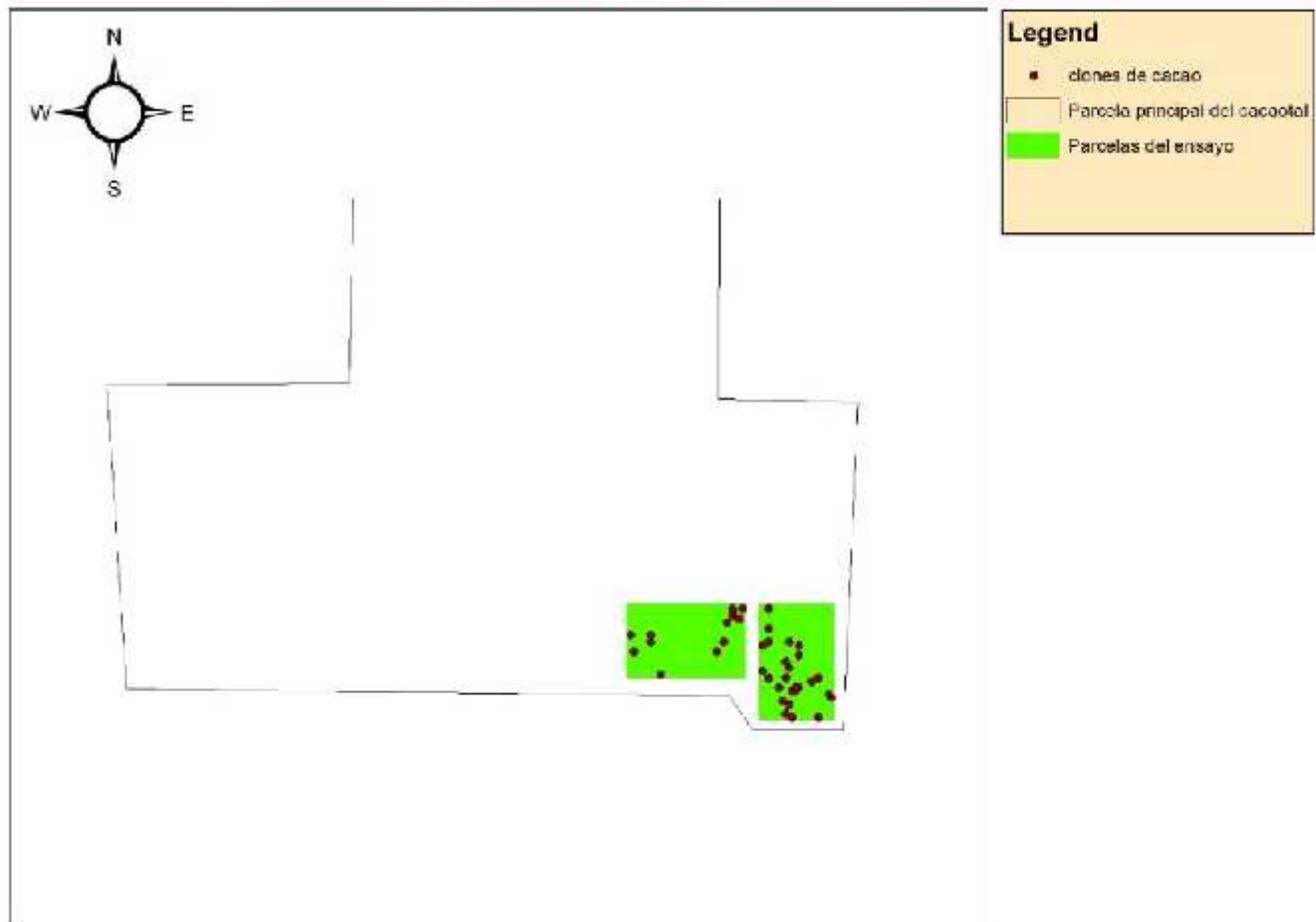


Afectación por ardillas, clon CATIE-R6

9.2. Plano de ubicación del estudio y parcelas



Parcela del cultivo de cacao de la finca la Fortuna



9.3. Análisis de suelo



LABORATORIOS QUÍMICOS, LAQUISA



LAQUISA-RT-FM-068-E

INFORME DE ANÁLISIS

Ciente:	UNAG-MAONIC	Lugar de muestreo:	Finca: La Fortuna
Dirección:	Costado Sur Parque Las Palmas, Managua	Municipio/Depto.:	Comunidad La Sardina, Nueva Guinea / RACCS
Nombre de muestra:	Álvaro Ruiz, Cultivo de Yuca	Fecha muestreo:	2020/09/22
Descripción muestra:	Suelo	Fecha de realización de ensayo:	2020/09/29-2020/10/16
Fecha ingreso:	2020/09/28	Fecha de emisión:	2020/10/16
Ref. laboratorio:	SU-4353-20	Muestreado por:	Cliente
Número de muestreo:			

Análisis	Método	Unidad	Resultado
pH	NTC 5264	-	5,4
Materia Orgánica	NOM-021-RECNAT-2000 / AS-07	%	4,82
Nitrógeno	Calculado (de Materia Orgánica)	%	0,24
Fósforo	NTC 5350	mg/kg	4,72
*Potasio	NTC 5349:2008	cmol+/kg	0,347
*Calcio	NTC 5349:2008	cmol+/kg	7,286
*Magnesio	NTC 5349:2008	cmol+/kg	2,011
Hierro	NTC 5526	mg/kg	139,44
Cobre	NTC 5526	mg/kg	7,25
Zinc	NTC 5526	mg/kg	4,33
Manganeso	NTC 5526	mg/kg	58,46
Boro	NTC 5404	mg/kg	0,32
Azufre	NTC 5402 - 2006	mg/kg	9,05
Acidez Intercambiable	NOM-021-RECNAT-2000 / AS-33	cmol+/kg	0,20
Aluminio Intercambiable	NOM-021-RECNAT-2000 / AS-33	cmol+/kg	NC (<0,1)

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida y el cliente de la información proporcionada.

Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

NC: No Cuantificado.

Lic. Benito Zapata Amaya
Director Ejecutivo

Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo

Página 1 de 2

*Los ensayos dentro del alcance de la acreditación LE-010-11-R1 son: Agua: pH, Conductividad eléctrica, Cobre, Cloruro, Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Sulfatos, Nitratos, Coliformes Totales y Coliformes Fecales, Suelo: Bases Intercambiables(Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio), Alimentos: Proteína en Maíz, Humedad en Granos y Alfarrobas en Mami.

Este informe electrónico se emite al cliente con carácter informativo, el informe oficial se impreso en hoja de papel tamaño carta, membretado, sellado y con firma manuscrita. El cliente es responsable de garantizar la no alteración del mismo.

📍 Av. 83 Carretera Managua-Ledón

📧 recepcionlaquisa@gmail.com / resultadoslaquisa@gmail.com

📞 2310 - 2583 / 8854 - 2550



LABORATORIOS QUÍMICOS, LAQUISA



LAQUISA-RT-FM-068-E

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente:	UNAG-MAONIC	Lugar de muestreo:	Finca: La Fortuna
Dirección:	Costado Sur Parque Las Palmas, Managua	Municipio/Depto.:	Comunidad La Sardina, Nueva Guinea / RAACCS
Nombre de muestra:	Álvaro Ruiz, Cultivo de Yuca	Fecha muestreo:	2020/09/22
Descripción muestra:	Suelo	Fecha de realización de ensayo:	2020/09/29-2020/10/16
Fecha ingreso:	2020/09/28	Fecha de emisión:	2020/10/16
Ref. laboratorio:	SU-4353-20	Muestreado por:	Cliente
Número de muestreo:			

Análisis	Método	Unidad	Resultado
Densidad Aparente	ASTM D 7263-09 (Modificado)	g/ml	1,30
Arcilla	NOM-021-RECNAT-2000 / AS-09 (Modificado)	%	38,00
Limo	NOM-021-RECNAT-2000 / AS-09 (Modificado)	%	29,60
Arena	NOM-021-RECNAT-2000 / AS-09 (Modificado)	%	32,40
Textura	NOM-021-RECNAT-2000 / AS-09 (Modificado)	-	Franco Arcillosa
Ca+Mg/K	Calculado	-	26,79
Ca/Mg	Calculado	-	3,62
Ca/K	Calculado	-	21,00
Mg/K	Calculado	-	5,80

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida y el cliente de la información proporcionada.

Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA.

NC: No Cuantificado.

Lic. Benito Zapata Amaya
Director Ejecutivo

Lic. Julio César Barrera Berrios
Responsable de Suelo

Página 2 de 2

*Los ensayos dentro del alcance de la acreditación LE-010-11-RI son: Agua: pH, Conductividad eléctrica, Cobre, Cincos, Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Sulfatos, Nitratos, Coliformes Totales y Coliformes Fecales, Suelo: Bases Intercambiables(Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio), Alimentos: Proteína en Maíz, Humedad en Granos y Aflatoxinas en Maíz.

Este informe electrónico es enviado al cliente con carácter informativo, el informe oficial es impreso en hoja de papel tamaño carta, membretado, sellado y con firma manuscrita. El cliente es responsable de garantizar la no alteración del mismo.

📍 Km 83 Carretera Managua-León

📧 incapcionlaquisa@gmail.com / resultadslaquisa@gmail.com

☎ 2310 - 2583 / 8854 - 2560

9.4. Instrumentos

Condiciones agroclimáticas generales de las fincas donde se realizó el estudio.

País: _____ Nicaragua _____, Sitio/Comunidad: _____ la sardina _____

Altitud del sitio (m): _____ 210 _____, Coordenadas GPS: _____ $x=780669$ $y=1291585$ _____

Temperatura media anual (C): _____

Rango de temperatura (C): Valor mínimo _____ 20 _____, Valor Máximo: _____ 30 _____

Precipitación media anual (mm): _____ 2977mm _____

Rango de lluvia (mm): Valor mínimo _____ 57 _____, Valor Máximo: _____ 696 _____

Humedad relativa: Media _____, Valor mínimo _____, Valor máximo _____

Brillo solar (horas/día): Media _____, Valor mínimo _____, Valor máximo _____

Numero de meses secos (menos de 100 mm de lluvia): _____, Listar meses: _____

Problemas con viento: SI _____, NO_x_, Listar meses ventosos: _____

Alta nubosidad: SI _____, NO_x_, Listar meses nubosos: _____

Orden de suelo: _____, pH: _____, Profundidad (m): _____, Textura: _____

Fertilidad del sitio: Excelente: _____ Buena _____, Regular: _____ x _____, Mala _____

Uso de suelo anterior: Potrero_x _____, Tacotal; _____, Barbecho _____, Cafetal _____, Granos básicos _____, Otro _____

Topografía sitio: Plano _____ x _____, Ondulado: _____, Quebrado: _____, Inclinado: _____
Pendiente (%): _____ 2 _____ .

Condiciones generales de manejo agronómico de los cacaotales bajo estudio.

Finca/Parcela: _____

Área total finca (ha): _____, **Área de la parcela (ha):** _____, **Edad del cacaotal (años):**

Densidad cacao (plantas/ha): _____, **Distanciamiento (m):** _____

Tipo de material: Semilla _____, Injertado: _____x_____, Mixto _____

Varietades cultivadas: _____

Incidencia de enfermedades/plagas (%): Promedio _____, Mínimo: _____, Máximo: _____

Productividad (kg/ha/año): _____, **Meses cosecha principal:** _____

Desyerbas: Manual _____, Desyerbadora: _____, Mecanizada _____,
Mixto _____, Eventos/año: _____

Fertilización: # eventos/año: _____, Dosis: gr/planta _____, kg/ha _____

Riego: SI _____, NO _____, Volumen: (mm/planta/día) _____, Litros/planta/día:
_____ M3/ha/día: _____

Tipo de sombra: Maderable ___x___, Leguminoso _____, Frutal ___x___, Mixto _____,
Sol _____, Otro: _____

Arreglo de sombra: Cuadrado _____, Franjas _____, Aleatorio _____, Densidad
(arboles/ha): _____

Nivel de sombra: Muy Denso ___x___, Denso _____, Medio _____, Ralo _____,
Dato real (%): _____ 80 _____

Ranking de enfermedades: Primera: mazorca negra, Segunda: monilia, Tercera: _____

Ranking de plagas: Primera: ardillas, Segunda: pájaro carpintero, Tercera: _____.

Tabla de los clones que serán evaluados en finca por al menos 12 meses.

Material	Clones	Origen	Productividad (kg/árbol/año)	Compatibilidad	Índice de mazorca	Índice de semilla
1						
2						
3						
4						
5						

Registro y medición de mazorcas por clon y árbol, 2021.

País: _____ Nombre de la finca: _____,

Fecha de evaluación: _____,

Edad parcela (años): _____, Clon/Variedad: _____, Diámetro de árbol (medido a 30 cm): _____

Numero de ramas principales: _____, Longitud de ramas (m): _____, Altura total del árbol (m): _____

Árbo l	Mazorc a	Posición 1	Longitu d (cm) ²	diámetr o (cm) ³	San a	Enferma 4	Plaga 5	Cherelle 6	Otr o
1	1								
1	2								
1	3								
1	4								
1	5								
1	6								
1	7								
1	8								
1	9								
1	10								

1	11																	
1	12																	
1	13																	
1	14																	
1	15																	
1	16																	
1	17																	
1	18																	

Registro de mazorcas por clon y por planta, 2021. Un mes luego del inicio de las lluvias.

Tabla de registro de longitud productiva de ramas por planta, 2020

Rama	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	Total
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	

9.5. Avales



UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS DE LA COSTA CARIBE
NICARAGÜENSE

URACCAN

AVAL DE CONSENTIMIENTO PREVIO, LIBRE E INFORMADO

En la finca La Fortuna del municipio de Nueva Guinea, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur de Nicaragua (RACCS), por medio del presente escrito, otorga el siguiente aval:

- a. Aval de validación de resultados
- b. Aval de devolución de resultados

A la Creación, Recreación de Conocimientos, Saberes y Prácticas titulada: Evaluación de curvas de sobrevivencia en mazorcas de cacao (*Teobroma cacao* L) Nueva Guinea RACCS, Nicaragua, 2021, desarrollada por los estudiantes: Br. Lisseth del Socorro Sequeira Espinoza; Br. Carlos Antonio Arteaga Obando y tutorada por el MSc. Wilson A. Calero Borge.

De la carrera Ingeniería Agroforestal

Nombre y apellido del representante: Álvaro Ruiz Delgadillo

Cargo: propietario de finca

Firma: _____

Fecha: 28 de marzo, 2022



**UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS DE LA COSTA
CARIBE NICARAGÜENSE**

URACCAN

AVAL DEL TUTOR

El tutor: **MSc. Wilson Antonio Calero Borge**, por medio del presente escrito otorga el Aval correspondiente para la presentación de:

- a. Protocolo
- b. Informe Final
- c. Artículo Técnico

A la investigación titulada: Evaluación de curvas de sobrevivencia en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L) Nueva Guinea RACCS, Nicaragua, 2021

Realizada por:

Br. Lisseth del Socorro Sequeira Espinoza

Br. Carlos Antonio Arteaga Obando

De la carrera: ingeniería agroforestal

Nombre y apellido del Tutor: MSc. Wilson Antonio Calero Borge

Firma: _____

Recinto: Nueva Guinea

Fecha: 28, marzo de 2022