

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA Y EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE
Phytophthora palmivora Butler, DE 24 CLONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) Y
SERVICIOS REALIZADOS EN EL CENTRO DE AGRICULTURA TROPICAL BULBUXYÁ-
CATBUL-, SAN MIGUEL PANÁN, SUCHITEPÉQUEZ.

GILBERTO SUTUJ GUERRA

Guatemala, mayo de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA Y EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE
Phytophthora palmivora Butler, DE 24 CLONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) Y
SERVICIOS REALIZADOS EN EL CENTRO DE AGRICULTURA TROPICAL BULBUXYÁ-
CATBUL-, SAN MIGUEL PANÁN, SUCHITEPÉQUEZ.

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD
DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

GILBERTO SUTUJ GUERRA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

Guatemala, mayo de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Lic. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL I	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL II	Ing. Agr. Walter Aroldo Reyes Sanabria
VOCAL III	MSc. Danilo Ernesto Dardón Ávila
VOCAL IV	Br. Rigoberto Morales Ventura
VOCAL V	Br. Miguel Armando Solazar Donis
SECRETARIO	MSc. Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, mayo de 2009

Guatemala, mayo de 2009

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación: “Caracterización agronómica y evaluación de la incidencia de *Phytophthora palmivora* Butler, de 24 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) y servicios realizados en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá-CATBUL-, Suchitepéquez”; como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gilberto Sutuj Guerra', is written over a circular stamp. The signature is fluid and cursive, with a horizontal line extending from the end of the name.

Gilberto Sutuj Guerra

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios

Por estar en todos los momentos de mi vida brindándome la sabiduría y la fuerza necesaria para alcanzar mis metas.

Mis Padres

Julián Sutuj Yucuté y María Bacilia Guerra Estrada, por ser ejemplo en mi vida, mis amigos, las personas que les debo absolutamente todo, por ser ellos quienes constantemente me han apoyado para culminar mi carrera profesional.

Mis hermanos

Irene, Alicia, Aura, Juan, Isaías, Pablo, Rigoberto Manuel por compartir momentos significativos en nuestras vidas.

Mis sobrinos

Henry, Maritza y Raquel por ser bendiciones en mi vida.

Tía

Margarita Estrada por su incondicional apoyo moral y económico.

Mi familia en general

Como muestra de cariño y respeto.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá-CATBUL, y a La Facultad de Agronomía por el apoyo económico e institucional en la realización de este trabajo.

A mis asesores Dr. David Monterroso Salvatierra, Ing. Agr. Gustavo Álvarez Valenzuela y al MSc. Amílcar Sánchez Pérez. Por su ayuda y valiosas observaciones en todas las etapas del trabajo.

A los ingenieros Eladio Siquinajay, Julio Pérez, Sergio Enríquez García, al contador Onofre Orozco con quienes tengo lazos de valiosa amistad.

A mi maestra de educación primaria Bertha Elizabet Curruchich por sus consejos y haberme incentivado a superarme.

A mis amigos Antonio Hernández, Rony Mijangos Chex, Osvin Ruyan, con mucho aprecio por todos los momentos que he compartido con ustedes.

Gracias sinceramente a todas las personas que de alguna manera han hecho posible este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
RESUMEN.....	vi
CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO	1
Diagnóstico sobre el cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) en el Centro Experimental Tropical Bulbuxyá-CATBUL-, San Miguel Panán, Suchitepéquez.....	1
1. Presentación.....	2
1.1 Marco referencial	3
1.1.1 Ubicación del área de estudio	3
1.1.2 Descripción del área experimental	4
1.1.3 Vegetación.....	5
1.1.4 Estudios realizados con los clones presentes en el CATBUL.....	5
1.1.5 Descripción de los clones de cacao evaluados	6
1.2 Objetivos.....	10
1.2.1 General	10
1.2.2 Específicos.....	10
1.3 Metodología.....	11
1.3.1 Obtención de la información.....	11
1.3.2 Sistematización de la información	11
1.4 Resultados.....	12
1.4.1 Estado actual del cultivo de cacao	12
1.4.2 Semilleros o almácigos	12
1.4.3 Parcela Jardín clonal.....	12
1.4.4 Plantaciones comerciales de cacao	13
a. Parcela Fruta de Pan	13
b. Parcela Bujillá	14
c. Parcela Jalpatagua.....	14
d. Parcela Amazonas	14
e. Parcela Distanciamiento.....	14
f. Parcela Fiha I y II	14
g. Parcela la Cuchilla	15
h. Parcela La Ceiba.....	15
1.4.5 Prácticas agronómicas del cultivo de cacao	15
a. Sombra	15
b. Fertilización.....	16
c. Limpias manuales de malezas	16
d. Poda de mantenimiento	17
e. Otras actividades	17
1.4.6 Beneficiado del cacao	17
a. Recolección	17
b. Partida y desgrane de los frutos de cacao.....	18
1.4.7 Rendimientos anuales de las parcelas de cacao.....	19
1.4.8 Comercialización del cultivo	21
1.5 Conclusiones	22
1.6 Recomendaciones	23
1.7 Bibliografía.....	24

CAPÍTULO II. INVESTIGACIÓN.....	25
Caracterización agronómica y evaluación de la incidencia de <i>Phytophthora palmivora</i> Butler, de 24 clones de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá-CATBUL-, San Miguel Panán Suchitepéquez.....	25
Resumen	26
1. Presentación.....	28
2. Planteamiento del problema	29
3. Marco teórico.....	30
3.1 Marco conceptual.....	30
3.1.1 Historia del cacao.....	30
3.1.2 Origen del cacao	30
3.1.3 Taxonomía del cacao	30
3.1.4 Biología y botánica del cultivo de cacao.....	31
3.1.5 Ciclo del cultivo	32
3.1.6 Requerimientos ambientales	32
3.1.7 Sombra	33
3.1.8 Suelos.....	34
3.1.9 Agua.....	34
3.1.10 Variedades de cacao.....	35
3.1.11 Prácticas agronómicas del manejo del cacao.....	35
3.1.11.1 Propagación vegetativa por injerto	35
3.1.11.2 Propagación por semilla.....	36
3.1.11.3 Clones.....	36
3.1.11.4 Híbridos.....	36
3.1.11.5 Poda del cacao	37
3.1.11.6 Control de malezas	38
3.1.11.7 Enfermedad de la mazorca negra causada por el agente <i>P. palmivora</i> Butler....	38
3.1.11.8 Taxonomía de <i>Phytophthora palmivora</i> Butler.....	39
3.1.12 Descriptores para la caracterización agronómica.....	41
3.1.12.1 Parámetros de rendimiento	42
3.1.12.2 Número de frutos por árbol.....	42
3.1.12.3 Peso del fruto	43
3.1.12.4 Índice de fruto	43
3.1.12.5 El número de semillas por fruto.....	43
3.1.12.6 El peso de las semillas.....	43
3.1.13 Producción	43
3.1.14 Beneficiado del cacao	44
4. Objetivos.....	45
4.1 General:.....	45
4.2 Específicos:.....	45
5. Hipótesis.....	46
6. Metodología.....	47
6.1 Sitios de la caracterización y descripción ambiental.....	47
6.2 Manejo del experimento	47
6.3 Variables de respuesta	47
6.4 Registro de la información.....	47
6.5 Descripción utilizada en la caracterización de cacao.....	47
6.5.1 Descriptores de producción.....	48
6.5.2 Descriptor de semilla.....	48
6.5.3 Descriptor del fruto	48

6.6 Fermentación.....	50
6.7 Secado de las muestras.....	51
6.8 Evaluación de la incidencia de la mazorca negra (<i>Phytophthora palmivora</i> Butler)	51
7. Resultados y discusión	53
7.1 Evaluación de variables cuantitativas y agronómicas del cacao.....	53
7.1.1 Peso promedio del fruto	54
7.1.2 Longitud promedio del fruto.....	54
7.1.3 Diámetro promedio del fruto	55
7.1.4 Grosor promedio de cáscara del fruto	56
7.1.5 Peso promedio de cáscara y ráquis del fruto.....	56
7.1.6 Número promedio de semillas por fruto.....	57
7.1.7 Peso promedio de semilla fresca y mucílago.....	58
7.1.8 Índice de fruto	58
7.1.9 Total de frutos cosechados	59
7.1.10 Descripción de los síntomas.....	60
7.1.11 Descripción de signos	60
7.1.12 Evaluación de la incidencia de la mazorca negra	61
7.1.13 Evaluación de variables cualitativas del fruto	62
7.1.14 Discusión general de los materiales sobresalientes.	64
8. Conclusiones	71
9. Recomendaciones	72
10. Bibliografía.....	73
11. Anexos.....	75
Anexo 1. Claves taxonómicas para la identificación de <i>Phytophthora</i> (Ainsworth, G. <i>et al</i> , 1973)	75
CAPÍTULO III. SERVICIOS	78
Servicios realizados en el Centro Experimental Tropical Bulbuxyá-CATBUL, San Miguel Panán, Suchitepéquez.	78
1. Presentación.....	79
2. Objetivos.....	80
2.1 Objetivo General	80
2.2 Objetivos Específicos	80
3. Servicios	81
3.1 Servicio I. Rotulación de los materiales de cacao	81
3.1.1 Objetivo.....	81
3.1.2 Metodología	81
3.2 Servicio II. Implementación de un semillero y/o almacigo de cacao híbrido.	83
3.2.1 Objetivos	83
3.2.2 Metodología	83
3.2.3 Resultados	85
3.2.4 Conclusiones.....	87
3.2.5 Recomendaciones.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del municipio de San Miguel Panán, Suchitepéquez.....	3
Figura 2. Ubicación del Jardín clonal de cacao.	4
Figura 3. Instalaciones del vivero de cacao.....	12
Figura 4. Jardín clonal de 25 clones de cacao.	13
Figura 5. Rotulación que identifica a los clones de cacao.	13
Figura 6. Presencia de musgo y epifitas en las ramas de los cacaotales.	16
Figura 7. Daños causados por aves y ardillas.....	16
Figura 8. Residuos de cosecha de cacao.....	17
Figura 9. Cajas de fermentación de cacao.	18
Figura 10. Patios de secado de cacao.	19
Figura 11. Identificación de los árboles por clon.....	48
Figura 12. Descriptores morfológicos del fruto evaluados.....	49
Figura 13. Descriptor morfológico de la forma de fruto.....	50
Figura 14. Etapas en el proceso de beneficiado.....	50
Figura 15. Selección de frutos infectados por <i>P. palmivora</i> Butler.....	51
Figura 16. Peso promedio de frutos de 24 clones de cacao.....	54
Figura 17. Longitud promedio de frutos de 24 clones de cacao.....	55
Figura 18. Diámetro promedio de frutos de 24 clones de cacao.....	55
Figura 19. Grosor de cáscara del fruto promedio de frutos de 24 clones de cacao.....	56
Figura 20. Peso de cáscara y ráquis promedio de frutos de 24 clones de cacao.....	57
Figura 21. Número promedio de semillas de 24 clones de cacao.....	57
Figura 22. Peso fresco promedio de semillas y mucílago de 24 clones de cacao.....	58
Figura 23. Índice de mazorca de 24 clones de cacao.....	59
Figura 24. Total de frutos cosechados.....	59
Figura 25. Infección del agente <i>P. palmivora</i> Butler en diferentes partes del árbol de cacao.....	60
Figura 26. <i>Phytophthora palmivora</i> Butler aislado en fruto de cacao.....	61
Figura 27. Incidencia de <i>P. palmivora</i> Butler de 24 clones de cacao.....	62
Figura 28. Arquitectura del árbol y fruto del material ecuatoriano EET-400.....	64
Figura 29. Arquitectura del árbol y fruto del material ecuatoriano EET-399.....	65
Figura 30. Arquitectura del árbol y fruto del material ecuatoriano EET-62.....	66
Figura 31. Arquitectura del árbol y fruto del materia ecuatoriano EET-48.....	66
Figura 32. Arquitectura del árbol y fruto del material ecuatoriano EET-96.....	67
Figura 33. Arquitectura del árbol y fruto del material ecuatoriano EET-95.....	67
Figura 34. Arquitectura del árbol y fruto del material costarricense UF-676.....	68
Figura 35. Arquitectura del árbol y fruto del material costarricense UF-677.....	68
Figura 36. Arquitectura del árbol y fruto del material colombiano SPA-9.....	69
Figura 37. Arquitectura del árbol y fruto del material trinitario ICS-6.....	70
Figura 38. Pintado de rotulo.....	82
Figura 39. Rotulación de plantas de cacao.....	82
Figura 40. Preparación de mezclas y llenado de bolsas.....	84
Figura 41. Eliminación de mucílago de la semilla del cacao.....	84
Figura 42. Proceso de germinación en canastos de plástico.....	85
Figura 43. Extracción de semillas de los frutos de cacao.....	86
Figura 44. Germinación de semillas de cacao.....	86
Figura 45. Siembra de cacao en bolsas de polietileno.....	86
Figura 46. Plántulas de cacao híbrido.....	87

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Listado de materiales presentes en el "Jardín clonal del CATBUL".	9
Cuadro 2. Áreas y rendimientos de cacao del CATBUL, en el año 2005.....	20
Cuadro 3. Rendimientos de materiales híbridos de cacao.	20
Cuadro 4. Caracterización de 24 clones de cacao: Variables cuantitativas de fruto y semilla.	53
Cuadro 5. Incidencia de la mazorca negra en cacao.....	61
Cuadro 6. Evaluación de 24 clones de cacao: variables cualitativas del fruto y semilla.....	63
Cuadro 7. Clones de cacao seleccionado según sus características agronómicas.	70

RESUMEN

El ejercicio profesional supervisado, realizado en el período de febrero-noviembre de 2006, fue ejecutado en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá-CATBUL-, San Miguel Panán, Suchitepéquez. El centro es una unidad de la Facultad de Agronomía que es utilizada para programas de investigación y docencia, dentro de las líneas de investigación están: colecciones de aguacate, ñame, cacao, hule, especies forestales, plantas medicinales, yuca y especies frutales (limón persa, carambola, guayaba, zapote, plátano, rambutan, nance, caimito y naranja). Para el desarrollo del ejercicio profesional supervisado se seleccionó la línea de investigación del cultivo de cacao.

Teniendo definido la línea de investigación, se procedió a realizar el diagnóstico de las condiciones generales del cultivo de cacao e instalaciones que se utiliza para el proceso del beneficiado y almacenaje del mismo, en donde se determinó que la mayoría de las plantaciones están en una edad cronológica de adulto a viejo lo cual ha provocado que los rendimientos hayan ido decreciendo considerablemente. Además en esta etapa se estableció que la agente causal de la mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler) causa serios daños a los frutos y carece de un plan de manejo agronómico donde se incluya regulación de sombra, manejo de los residuos de cosecha, extracción de los frutos momificados en las plantaciones de cacao.

En la segunda etapa siguiendo con la línea de investigación del cultivo de cacao se realizó el estudio titulado “Caracterización agronómica y evaluación de la incidencia de *Phytophthora palmivora* Butler, de 24 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá-CATBUL-, San Miguel Panán Suchitepéquez”. En cada uno de los cultivares se evaluaron caracteres agromorfológicos, parámetros cuantitativos y cualitativos, poniendo en particular énfasis en aquellos que tienen importancia agronómica. Para determinar la incidencia *in situ* de la mazorca negra causada por *P. palmivora* Butler, se tomaron las siguientes variables: número de frutos infectados, número de frutos sanos durante el estudio, además se realizaron análisis de laboratorio en frutos para determinar la especie del patógeno mediante la utilización de claves taxonómicas de Ainsworth, G, *et al*, 1973 los cuales se basan en características morfométricas y pictográficas de *Phytophthora palmivora* Butler.

En los resultados se observó, que con respecto a las características agronómicas se destacaron los siguientes materiales: los ecuatorianos; EET-48, EET-95, EET-399, EET-96, EET-400 y EET-62, los costarricenses; UF-676 y UF-677, el colombiano SPA-9 y un trinitario ICS-6. Estos materiales pueden utilizarse en programas de mejoramiento dado a las características sobresalientes de alta productividad, cierta tolerancia a *P. palmivora* entre otras características.

Se encontró que en los materiales de cacao que forman parte de la colección del "Jardín clonal" presentan variabilidad en cuanto a sus características agronómicas, ya que no existió características que se repitiesen en algún porcentaje, esto implica la existencia de una variabilidad genética que se expresa en las variables cuantitativas y cualitativas.

Los servicios realizados se enfatizaron según las necesidades requeridas en la institución. Se ejecutaron las siguientes actividades:

- Rotulación de los 25 materiales de cacao (clones) que forman parte de la colección del "Jardín clonal" ubicados en la estación del CATBUL.
- Elaboración de un semillero de cacao híbrido con materiales que presenten características agronómicas relevantes.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO

Diagnóstico sobre el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Centro Experimental Tropical Bulbuxyá-CATBUL-, San Miguel Panán, Suchitepéquez.

1. Presentación

El Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá CATBUL es una unidad de la Facultad de Agronomía que es utilizada para programas de investigación y docencia, dentro de una de las líneas de investigación está la colección del “Jardín clonal” compuesto de 25 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) de diferentes orígenes del ámbito latinoamericano que fueron traídos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba Costa Rica. El centro cuenta con una diversidad de cultivos, dentro de estas están: cacao, limón persa, carambola, piña, guayaba tailandesa, plátano, loroco, hule, que le dan soporte económico. Además cuenta con una serie de colecciones dentro de la cuales están: aguacate, cítricos, achiote, caimito, guanaba, nance, mango, zapote, cacao que en su momento fueron utilizados como investigaciones.

Las plantaciones comerciales de cacao fueron establecidas en el CATBUL con el objetivo de evaluar rendimientos, distancia de siembra entre otros, de materiales híbridos producto de las polinizaciones artificiales efectuadas con los genotipos de cacao que forman parte de la colección del “Jardín Clonal”.

Basándose en el reconocimiento realizado en el CATBUL, se determinó que existe muy poca información acerca del cultivo de cacao, ya que en algunas parcelas se desconoce que materiales que fueron establecidos, distancia de siembra y sombra, enfermedades, etc.

Por tal razón se pretende conocer, describir y sistematizar la información de cuáles son las condiciones en que se encuentra el cultivo de cacao e instalaciones donde se realiza el beneficiado. El presente diagnóstico puede ser utilizado como una herramienta para elaborar planes de manejo, renovaciones y proyectos acerca del cultivo, haciendo así cada vez más eficiente los procesos productivos.

1.1 Marco referencial

1.1.1 Ubicación del área de estudio

El estudio de la caracterización agronómica de 24 clones de cacao y su evaluación de la de incidencia *Phytophthora palmívora* Butler, se realizó en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá-CATBUL-, el centro cuenta con una extensión de 90 hectáreas, ubicado en el municipio de San Miguel Panán, departamento de Suchitepéquez. El centro se encuentra entre 240 a 325 msnm, localizado en las coordenadas 14° 39'39" latitud norte y 91° 22'00" longitud oeste. Se encuentra en la zona de vida Bosque Subtropical Húmedo, con una temperatura media anual de 24 grados centígrados, la máxima de 36 grados centígrados y la mínima de 18 grados centígrados. La precipitación promedio anual de 4,000 mm y la humedad relativa de 80% (Enríquez De Leon, M., 1999).

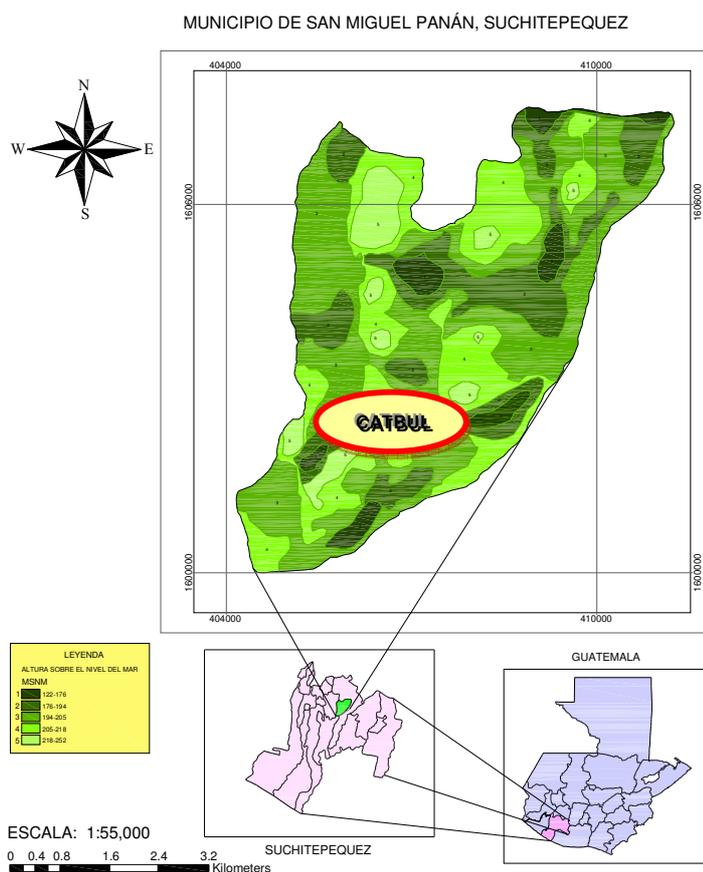


Figura 1. Localización del municipio de San Miguel Panán, Suchitepéquez.

Fuente: autor

1.1.3 Vegetación

Según (Cruz, J., 1982), cuenta con una gran parte de la cubierta vegetal perenne y también con vegetación periódica según la clasificación de las formas vegetales del mundo de Leslie R. Holdridge, las fincas en cuenta clasificada como bosque muy húmedo subtropical cálido. Debido a laboreo intenso de ésta finca la vegetación natural ha desaparecido en ciertas partes de la misma; las especies encuentran en actualidad y se han podido determinar son: Ceiba (*Ceiba pentandra*), mango (*Manguifera indica*), mandarina (*Citrus deliciosa*), cocotero (*Coccus nucifera*), guayaba (*Psidium guijaba*), conocaste (*Enterolobium cyclocarpum*), cushín (*Inga mechiliana*), higuierillo (*Ricinus comunis*), banano (*Musa sapientum*), madrecacao (*Gliricidia sepium*), zapote (*Pauteria sapota*), cacao (*Theobroma cacao* L.), fruta de pan (*Arthocarpus comunis*), zunza (*Lacania platipus*), hule (*Hevea brasilensis*), Bijaua (*Heliconia spp.*), bambú (*Bambusa spp.*), palo blanco (*Cibistax Donel simithii*), chichique (*Aspidosperma megalocarpa*), cedro (*Cedrela odorata*), matilisqueate (*Tabebuia rosea*), limón persa (*Citrus aurantifolia*), limón (*Citrus limón*), plátano (*Musa paradisiaca*), anona (*Annona spp.*), nance (*Byrsomina cressifolia*), caoba (*Swietwnia macrophylla*), puntero (*Sickingia salvadorensis*), volador (*Termialia oblonga*), ñame (*Discorea spp.*) Pino (*Pinus caribea*), orgullo de la india (*Lagoersroemia indica*), carambola (*Averrhoa carambola*), rambutan (*Nephelium lappaceum*), agucate (*Persea americana*), naranja (*Citrus sinensis*), café (*Coffe arabica*), loroco (*Fernaldia pandurata*), zarzaparrilla (*Smilax dominguensis*), orégano (*Lippia graveolens HBK*), piña (*Ananas comunus*).

1.1.4 Estudios realizados con los clones presentes en el CATBUL.

(Gatica, M., 1994), Estudió la caracterización agromorfológica de 13 híbridos y 7 clones de cacao *Tehobroma cacao* L. en el CATBUL, para la caracterización utilizó la propuesta por Engels, lo cual en general es la siguiente: a) Características generales, b) producción, c) semillas, d) frutos, e) flor, f) hoja. Se tomaron en cuenta datos de rendimiento de cada uno de los 20 materiales evaluados por 5 años.

Los resultados mostraron que con respecto a las características agro-morfológicas, existen algunos materiales que se presentaron como superiores a los a los demás y estos

son: Material (IMC-67 x UF-613), este presentó el mayor valor promedio en rendimiento durante 5 años y en cuanto a los descriptores de rendimientos fue superior a los demás. Material (EET-162 x SCA-12); Este presenta como el segundo lugar en cuanto al rendimiento, índice de semilla y de fruta.

Se concluyó que: Los 20 materiales de cacao estudiados, presentan variabilidad en cuanto a sus características agromorfológicas. El análisis de grupos mostró que todos los materiales son diferentes en sus características agromorfológicas ya que no existió ningún porcentaje de características invariables.

(Enríquez de León M., 1999), Estudió la determinación de la compatibilidad entre seis clones de cacao *Tehobroma cacao* L. en el CATBUL. Los seis clones que fueron objeto del estudio están: EET-48, EET-399, Pound-7, SCA-12, UF-668 y UF-677. Se llegó a concluir: que los seis clones son autoincompatibles y los clones EET-399 y Pound-7 son incompatibles, también los clones UF-677 y UF-668 son incompatible; haciendo un total de 9 cruces incompatibles.

Los 21 cruces restantes son compatibles aunque la compatibilidad se presenta diferente a la propuesta teórica esperada.

De todos los cruces realizados solamente ocho alcanzaron más del 50% de pegue en las 45 polinizaciones y los cuales son: UF-668 x Pound-7, EET-48 x EET-399, EET-399 x EET-48, UF-677 x EET-48, SCA-12 x UF-668, EET-399 x UF-668, SCA-12 x Pound-7 y Pound-7 x EET-48.

1.1.5 Descripción de los clones de cacao evaluados

El origen de los materiales de cacao evaluados en este trabajo, es diverso, y así mismo, el pedigree de los mismos, ya que en muchos de los casos, solamente se trata de selecciones realizadas por el CATIE y realmente no existen datos específicos de los progenitores de los materiales evaluados.

a. ICS-6: También se le conoce con el nombre de EET-275, su origen es River Estate, Trinidad, el tipo genético es un híbrido desconocido, la descripción lo realizó G. A. Enríquez C., en 1966. Fue seleccionado por J. F. Pound en el año 1931.

b. SCA-6: Es nombrado también como EET-11, su origen es la Hacienda Scavina o Sabina, en el Ecuador (No se conoce exactamente); fue seleccionado por J. F. Pound en

el año 1938; el tipo genético es Amazónico; fue descrito por primera vez por G. A. Enríquez C., en 1966.

c. IMC-67: También se le conoce con el nombre de EET-111, su origen esta en Iquitos, Perú; fue seleccionado por J. F. Pound en el año 1938; el tipo genético es Amazónico forastero; fue descrito por primera vez por G. A. Enríquez C., en 1966.

d. EET-400: No tiene ningún sinónimo, es originario de Pichilingue Ecuador; fue seleccionado por EET Departamento Patología en los años de 1952-57, fue seleccionado por J. F. Pound en el año 1938; el tipo genético es Híbrido (descendencia de Silecia-1 a libre polinización); fue descrito por G. A. Enríquez C., en 1965.

e. SPA-9: No tiene ningún sinónimo, es originario de Colombia; fue seleccionado por J. F. Pound (se desconoce el año); fue descrito por G. A. Enríquez C., en 1966; el tipo genético es Amazónico.

f. EET-48: En otros lugares se le conoce con el nombre de Santa Rosa-34, su origen es la Hacienda Santa Rosa, Los Ríos, Quevedo, Ecuador, es una colección privada fue seleccionado por Estación Experimental Tropical de Pichilingue en el año de 1944 al 45, de polinización libre, el tipo genético es un híbrido (nacional x desconocido), clon autoincompatible con una buena habilidad de combinación; primera descripción lo hizo G. A. Enríquez, en el mes de julio de 1980.

g. EET-399: También se le conoce con el nombre de Selección de patología su origen es Estación Experimental Tropical de Pichilingue, Los Ríos, Quevedo, Ecuador, colección no privada fue seleccionado por el departamento de patología de la Estación Experimental de Pichilingue en el año de 1952; polinización libre, el tipo genético es un híbrido (descendencia de polinización libre Silecia-1), es autoincompatible, habilidad combinatoria; la primera descripción la realizó G. A. Enríquez C., en el mes de agosto de 1965 y la segunda fue hecha en el mes de noviembre de 1979.

h. Pound-7: También se le conoce con el nombre de P-7, su origen es de Nanay, Iquitos, Perú; fue seleccionado por J. F. Pound en el año 1943; el tipo genético es Amazónico forastero, es autoincompatible; tiene una buena habilidad combinatoria; fue descrito por primera vez por G. A. Enríquez en el mes de abril de 1966 y por segunda vez en el año de 1978.

i. SCA-12: En otros países es conocido con el nombre de EET-110, su origen es la Hacienda Scavina o Sabina, en el Ecuador; colección privada, fue seleccionada por J. F. Pound en el año de 1938, tipo genético es Amazónico forastero, autoincompatible, fue descrito por G. A. Enríquez en el mes de abril 1966 y en abril de 1979.

j. UF-668: No tiene ningún sinónimo, es originario de la zona atlántica de Costa Rica fue seleccionado por la United Fruit Company, Colección privada y fue seleccionada en el mes de abril de 1980, tiene una buena habilidad combinatoria, se desconoce cuando y por quién fue descrito (Enríquez, G., 1967).

k. UF-677: También se le conoce con el nombre de EET-9 originario en la zona atlántica de Costa Rica, fue seleccionado por la United Fruit Company, colección privada y fue seleccionado en el mes de junio de 1978, no tiene buena habilidad combinatoria (Enríquez, G., 1967).

l. UF-29: No tiene ningún sinónimo, es originario de la zona atlántica de Costa Rica fue seleccionado por la United Fruit Company, Colección privada y fue seleccionada en año 1980; el tipo genético es un híbrido desconocido (Nacional, Ecuatoriano) (Enríquez, G., 1967).

m. UF-613: No tiene ningún sinónimo, es originario de la zona atlántica de Costa Rica fue seleccionado por la United Fruit Company, Colección privada; fue descrito por G. A. Enríquez C., en 1966; el tipo genético es un híbrido desconocido (Trinitario).

n. UF-667: No tiene ningún sinónimo, es originario de la zona atlántica de Costa Rica fue seleccionado por la United Fruit Company, Colección privada; fue descrito por G. A. Enríquez C., en 1966; el tipo genético es un híbrido desconocido (Trinitario).

ñ. CATONGO: No tiene ningún sinónimo, es originario de Brasil; tipo genético Catongo, se desconoce cuando y por quién fue descrito (Enríquez, G., 1967).

o. EET-95: No tiene ningún sinónimo, es originario de Ecuador; tipo genético es un híbrido (Nacional) se desconoce cuando y por quién fue descrito (Enríquez, G., 1967).

Cuadro 1. Listado de materiales presentes en el "Jardín clonal del CATBUL".

No.	Nombre del clon	Árbol correspondiente al clon	Árbol de genética Desconocida	Fallas	Significado	Origen
1	EET-399	17	4	3	Estación experimental tropical	Ecuador
2	EET-400	18	6	0	Estación experimental tropical	Ecuador
3	UF-12	18	0	5	United Fruit Company	Costa Rica
4	SPA-9	20	1	3	Selección Palmira	Colombia
5	UF-29	18	4	2	United Fruit Company	Costa Rica
6	UF-677	22	0	2	United Fruit Company	Costa Rica
7	UF-668	24	0	0	United Fruit Company	Costa Rica
8	POUND-7	21	1	2	Nombre del doctor Pound	Perú
9	UF-667	15	5	4	United Fruit Company	Costa Rica
10	IMC-67	13	5	6	Iquitos	Perú
11	UF-613	17	2	5	United Fruit Company	Costa Rica
12	POUND-12	16	3	5	Nombre del doctor Pound	Perú
13	CATONGO	16	6	2	Nombre de una finca en Brasil	Brasil
14	EET-48	20	3	1	Estación experimental tropical	Ecuador
15	UF-654	18	4	2	United Fruit Company	Costa Rica
16	UF-676	16	5	3	United Fruit Company	Costa Rica
17	ICS-6	15	5	4	Selección colegio imperial	Trinidad y Tobago
18	CC-18	14	9	1	Selección colegio imperial	Costa Rica
19	UF-296	16	6	2	United Fruit Company	Costa Rica
20	SCA-6	16	2	6	Scavina, nombre de la finca en el Ecuador	Ecuador
21	SCA-12	19	0	5	Scavina, nombre de la finca en el Ecuador	Ecuador
22	EET-95	15	3	6	Estación experimental tropical	Ecuador
23	EET-62	11	10	3	Estación experimental tropical	Ecuador
24	EET-96	13	7	4	Estación experimental tropical	Ecuador
	Total	408	91	76		

Árbol correspondiente al clon: número de árboles del clon en la parcela experimental.

Fallas: árboles que ya no existen en la parcela experimental.

Árboles de genética desconocida: se determinó así al cacaotal de genética desconocida.

Origen: lugar de procedencia de los diferentes clones de cacao.

Fuente: autor

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Determinar la situación actual en que se encuentra el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Centro Experimental de Agricultura Tropical Bulbuxyá-CATBUL.

1.2.2 Específicos

1. Recopilar fuentes de información primaria y secundaria acerca del cultivo de cacao del CATBUL.
2. Conocer las diferentes actividades agronómicas que se realizan en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.).
3. Describir los diferentes procesos del beneficiado del cacao.

1.3 Metodología

En la elaboración del presente diagnóstico se realizaron caminamientos con el personal administrativo del CATBUL, por todas las áreas que comprende el cultivo de cacao e instalaciones de forma periódica para conocer las principales características de los procesos de producción. Se tomaron notas de campo y fotografías que fueron de utilidad para recabar información. Las observaciones se enfocaron principalmente en las siguientes áreas:

1. Semilleros o almácigos.
2. Jardín clonal.
3. Plantación comercial de cacao.
4. Áreas nuevas de cacao.
5. Áreas de fermento y almacenaje.

1.3.1 Obtención de la información

Para la obtención de información se realizaron entrevistas a personas afines a las actividades del cacao, así mismo se realizaron observaciones directas con los cuales se pudo determinar la situación actual del cultivo. Además se realizó una recopilación de información bibliográfica en el centro del CATBUL.

1.3.2 Sistematización de la información

Luego de haber recolectado toda la información necesaria se procedió a ordenarla y clasificarla para su fácil entendimiento, esta información fue utilizada para el elaborar el diagnóstico.

1.4 Resultados

1.4.1 Estado actual del cultivo de cacao

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los cultivos importantes del Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá-CATBUL, posee un área sembrada de 21.37 hectáreas que representa el 41.86% del área total cultivada del CATBUL, además es uno de los cultivos que genera anualmente uno de los mayores ingresos económico.

1.4.2 Semilleros o almácigos

La instalación del semillero tiene un área aproximado de 1,500 metros cuadrados, elaborado con varas de bambú con un techo elaborado con hojas de palma de coco. Cuenta con 2,000 plántulas de cacao híbrido producto de las polinizaciones artificiales realizadas en el “Jardín clonal”, el 75% de ello es para su venta comercial y el resto es utilizada para la resiembra y para el establecimiento de nuevas áreas sin cultivo.



Figura 3. Instalaciones del vivero de cacao.

1.4.3 Parcela Jardín clonal

El “Jardín clonal” fue establecido en 1982, compuesto por 25 clones de cacao de diferentes orígenes del ámbito latinoamericano que fueron traídos del CATIE, inicialmente cada unidad clonal estaba compuesta de 24 plantas distribuidas en cuatro surcos y seis hileras, en la actualidad la mayoría de las unidades ya no cuenta con el número inicial debido que se han ido perdiendo en el transcurso del tiempo por diversas razones y algunas unidades por recuperar el número inicial de plantas se han cometido errores, se han introducido plantas atípicas al clon original. Cuenta con una extensión de 0.98 ha,

distancia de siembra entre árboles es de 4x4 metros, la sombra la proporciona Ingas y musáceas 80% y el 20% entre ceibas y cedros.



Figura 4. Jardín clonal de 25 clones de cacao.

La rotulación que identifica a los distintos materiales de cacao se encontró en un estado de deterioro avanzado, y en algunos de ellos se encontraron ausentes (ver figura 5).



Figura 5. Rotulación que identifica a los clones de cacao.

1.4.4 Plantaciones comerciales de cacao

Desde el año 1980 hasta 1994, se han hecho varias pruebas o cruces de los clones que se encuentran en el “Jardín clonal”, que en la actualidad se han perdido las ubicaciones de cada experimento.

a. Parcela Fruta de Pan

Se estableció el 31 de Julio de 1981, las variedades registradas son 21 líneas de las cuales no están identificadas, tiene un área aproximada de 3.38 ha. La distancia entre los árboles de cacao es de 4x4 metros. La sombra lo proporcionan árboles de Ingas aproximadamente un 80%.

b. Parcela Bujillá

Se estableció en agosto del año 1982, con materiales híbridos y clones. Dentro de los materiales híbridos están: EET-62 x SCA-12, EET-95 x SCA-12, EET-62 x SCA-12, EET-400 x SCA-12, IMC-67 x SCA-12, IMC-67 x UF-613, Pound-12 x Catongo, SCA-6 x EET-62, SCA-6 x EET-95, UF-613 x Pound-7, UF-613 x Pound-12, UF-667 x SCA-12, UF-668 x Pound-12. Los clones procedentes de la Finca "Brillantes" son los siguientes: SGU-50, SGU-54, SGU-69, SGU-71, SGU-72, SGU-88, tiene un extensión de 1.67 ha, la distancia de siembra entre árboles es de 3x3 metros, la sombra lo proporcionan Ingas y especies variadas el 20% musácea.

c. Parcela Jalpatagua

La parcela Jalpatagua se estableció en 1982, se desconoce las variedades presentes tiene una extensión de 1 ha, la distancia de siembra entre árboles de cacao es de 3.5x3.5 metros, la sombra lo proporciona en un 80% Ingas y el 20% restantes musáceas.

d. Parcela Amazonas

La parcela Amazonas se estableció en el año de 1987, no existe registros acerca de las variedades establecidas, tiene un área de siembra de 1.35 ha, la distancia entre árboles de cacao es de 4x4 metros la sombra lo proporciona Ingas en un 80% y el 20% restante musáceas.

e. Parcela Distanciamiento

Esta parcela fue establecida en 1988, no existe información acerca de las variedades presentes, tiene un área de siembra de 0.489 ha, la distancia de siembra entre árboles de cacao es de 2x2 y 3x3 metros. La sombra de proporciona un 80% de Ingas y el 20% restante otras especies de árboles.

f. Parcela Fiha I y II

La parcela Fiha se estableció en 1988, no existen registros acerca de las variedades establecidas, tiene un área de siembra de 0.627 ha, los árboles de cacao se encuentran a una distancia de siembra entre árboles de 2x1 metros, la sombra lo proporciona un 80% las Ingas y el 20% de otras variedades.

g. Parcela la Cuchilla

Esta parcela fue sembrada en 1990, carece de registros acerca de los materiales establecidos, cuenta con una extensión de siembra de 1.15 ha. La distancia entre árboles las plantaciones de cacao se encuentra en 3x4 metros. La sombra lo proporciona en un 90% ingas y el 10% restantes otras variedades de árboles.

h. Parcela La Ceiba

Es una de las plantaciones más jóvenes de cacao establecidos en el CATBUL, se estableció en el 2002. Los materiales establecidos en esta parcela son híbridos producto de las polinizaciones artificiales efectuados en el “Jardín clonal”. Cuenta con una extensión de siembra de 3.78 ha, la distancia entre árboles es de 3x3 metros, la sombra la proporciona un 90% Ingas y el resto de Musáceas y otras especies de árboles. Esta parcela esta en el proceso de iniciar a ensayar sus primeros frutos, esperando un aumento favorable en el rendimiento de la producción para los próximos años.

1.4.5 Prácticas agronómicas del cultivo de cacao

a. Sombra

En el manejo de la sombra es importante resaltar que un 75% lo proporcionan árboles de diferente especies nacidas de forma natural entre ellos cedros y caobas además éstos carecen de una distancia definida entre árboles provocando un exceso de sombran (70 y 80%) en algunos sectores. Para un óptimo desarrollo el cacao necesita entre un 30 y 50% de sombra. La función de esta es proporcionar una buena aeración, evitar el exceso de humedad y permitir la luz deseada. Un exceso provoca que en los troncos y ramas principales del los cacaotales se un desarrollo desmedido de musgos y epifitas cubriéndolos casi por completo actuando como una barrera física que interfiere con el desarrollo de los cojines florales. En época lluviosas se ve seriamente afectado por el ataque del agente infeccioso conocido como mancha negra de los frutos (*Phytophthora palmivora*, Butler) por el aumento de la humedad. Los daños causados por este oomiceto se a nivel de hojas, flores pero los ataques más severos se dan en los frutos. El daño causado por las ardillas (*Scinrus vulgaris*), y por pájaros “chejes” conocidos por los lugareños, provocan lesiones en el mesocarpio que llevan al necrosamiento de los frutos.



Figura 6. Presencia de musgo y epifitas en las ramas de los cacaotales.



Figura 7. Daños causados por aves y ardillas.

b. Fertilización

De acuerdo con el plan de manejo agronómico de las plantaciones de cacao en el año 2006 se efectuaron trabajos de aplicación de fertilizantes al “Jardín Clonal”, utilizando 15-15-15 en una dosis de 1lb por planta al inicio de la época lluviosa. La aplicación se efectuó directamente a la plantación al contorno de la base del tronco utilizando 1 libra/árbol. En el resto de la plantación no se aplicó ningún fertilizante.

c. Limpias manuales de malezas

Las limpiezas manuales de malezas es una de las actividades del cacaotal que se realizan con mayor frecuencia en época lluviosa debido a su crecimiento violento. Por ejemplo en las parcelas donde hay una plantación joven las enredaderas como el Quilamul (*Ipomea spp.*), provoca deformaciones a la plantas. Estas actividades son realizadas a cada 20 días.

En las diferentes parcelas del cultivo de cacao se encontraron en forma general la siguientes malezas (plantas nacidas en lugares indeseados): Flor amarilla (*Melampodium divaricatum*), Malanguilla (*Cocolocasia sculenta*), mozote (*Bidens pilosa*), hierba de pollo (*Commelina difusa*), Quilamul (*Ipomea spp.*).

d. Poda de mantenimiento

Esta actividad se realiza una vez al año en la época seca en las plantaciones adultas con el fin de mantener la arquitectura del árbol. Consiste en eliminar las partes enfermas, las ramas quebradas, los nidos de hormigas si los hay para mantener el equilibrio del cacaotal.

e. Otras actividades

Los deshijes consiste en eliminar los brotes laterales (chupones) para evitar una sobrepoblación de ramas y se dé un desequilibrio en el árbol y evitar que crezca demasiado alto y se dificulte la tarea de cosecha, se realiza a cada tres meses. Los residuos de cosechas son dejados dentro de las plantaciones de cacao lo que provoca una fuente de inóculo de (*P. palmivora*, Butler) permanente.



Figura 8. Residuos de cosecha de cacao.

1.4.6 Beneficiado del cacao

En el cultivo de cacao el beneficio constituye parte fundamental y decisiva para obtener buena calidad del grano, ya que en los mercados son cotizados a mejores precios. Con un beneficio adecuado se desarrollan en la almendra los principios fundamentales de sabor, aroma y calidad, lo que determina en gran medida su condición de finos y aromáticos, es decir la calidad del producto final.

Dentro de las actividades que se realizan en el proceso del beneficiado están:

a. Recolección

En esta fase se recolectan los frutos maduros del cacaotal. La madurez del fruto se aprecia por su cambio de pigmentación: de verde pasa al amarillo o la de rojo violeta pasa al amarillo rojizo o al amarillo anaranjado. Igualmente se reconoce la maduración por el olor agradable que despide el fruto y por el sonido hueco que producen al golpearlos con

los dedos. Los frutos se retiran del árbol con herramientas bien afiladas, cortando el pedúnculo por la mitad para evitar la destrucción del cojín floral, perjudicando así futuras cosechas. Los frutos no deben arrancarse con las manos para evitar desgarramientos. Si se espera mucho tiempo para recolectar un fruto maduro existen serios riesgos de podredumbre y germinación de las semillas.

b. Partida y desgrane de los frutos de cacao

Los frutos son partidos por la mitad con machetes teniendo el especial cuidado de no causar daños mecánicos a las almendras, pues quedarán predispuestas al ataque de hongos e insectos, y los granos que lleguen al final del proceso, presentarán un aspecto defectuoso que alterará la calidad del producto. Los granos de cacao se extraen con los dedos o con una espátula de madera.

c. Fermentación

Después de ser extraídas de los frutos las semillas son llevadas a las cajas rústicas de madera por 5 días con remociones a intervalos de 48, 72 y 96 horas. En el proceso de fermentación se da la eliminación del mucílago de las semillas, que son las sustancias precursoras del sabor y aroma del chocolate. Además se dan una serie de transformaciones físicas y químicas como los cambios de color, apariencia, temperatura, humedad y alcoholes que matan al embrión. Para una buena fermentación, debe nivelarse uniformemente la masa de cacao en los cajones y cubrirlos con hojas de plátano, costales de plástico, a fin de mantener la humedad y conservar el calor desprendido de la fermentación alcohólica. La temperatura de este proceso no debe sobrepasar los 50 °C.



Figura 9. Cajas de fermentación de cacao.

d. Secado

Proceso durante el cual las almendras de cacao son llevadas a los patios de secado por un período de cuatro a cinco días, según la intensidad solar con el objetivo de reducir

el contenido de humedad del grano a valores óptimos de 7 y 8% para su conservación y evitar que en el grano se desarrollen mohos que deterioran su calidad. Se sabrá que ha completado el secado del cacao cuando a la presión de los dedos índice y pulgar, se rompan los granos fácilmente.



Figura 10. Patios de secado de cacao.

Las instalaciones de fermento del cacao está compuesta por seis cajas de madera rústicas de las siguientes dimensiones tres metros de largo, un metro de ancho y ochenta centímetros de alto. La bodega de almacenamiento cuenta con cinco silos de aluminio con capacidad de doce quintales cada uno. El almacenado de almendras de cacao es una labor que debe de ejecutarse con mucho cuidado, es decir no almacenar cuando los granos tienen un grado de humedad de mayor de 7 y 8% para no crear condiciones para el enmohecimiento y no correr el riesgo de que se pierda sus características de calidad del cacao.

1.4.7 Rendimientos anuales de las parcelas de cacao

En el cuadro 2 se describen las áreas de siembra y los rendimientos anuales (kg/ha/año) que presentan las distintas parcelas de cacao. Los cálculos de rendimiento se realizaron con los datos que se contaban y los rendimientos de las parcelas que no aparecen en el cuadro es porque no se encontró registro alguno.

En las parcelas Fiha I y II, Fruta de pan, Jalpatagua, y Distanciamiento los rendimientos están en 600 a 900kg/ha/año. En estudios reportados por la FAO, en el año 2001, en los países de Indonesia y Malasia se encuentra en 940kg/ha/año y 790kg/ha/año respectivamente. Según Browlin 1988, los cacaotales híbridos alcanzan rendimientos

máximos más de 1,000 kg/ha/año, antes de empezar su decadencia. Investigaciones realizados por el CATIE, evidenció que en un estudio de 90 genotipos evaluados tan solo un 4,4% presentó una producción alta 1706,4 a 2696 kg/ha/año, un 25,6% entre 1151,7 y 1706,4 kg/ha/año, mientras que un 47,8% evidenció una producción media que oscila entre 596,9 y 1151,7 kg/ha/año y un 22,2% de la población mostró una producción baja que oscila entre los 42, 2 y 596,9 kg/ha/año (Arciniegas , A., 2005).

En las parcela Amazonas y Bujillá, los rendimientos se encuentran en 231 kg/ha/año y 281 kg/ha/año, muy por debajo de la media. La parcela La Ceiba no se incluye en el cuadro de rendimientos ya que esta en el proceso de inicio de ensayar sus primeros frutos.

Cuadro 2. Áreas y rendimientos de cacao del CATBUL, en el año 2005.

No.	Parcelas de cacao	Área sembrada (ha)	Rendimiento kg/ha/año
1	Fruta de Pan	3.378	638.27
2	Jardín Clonal	0.975	599.37
3	Amazonas	1.352	230.77
4	Jalpatagua	0.996	800.05
5	Bujillá	1.672	281.17
6	Fhia I	0.297	952.15
7	Fhia II	0.329	609.23
8	Distanciamiento	0.489	785.11
9	Plantilla la Ceiba	3.783	26.38

Fuete: Archivos del CATBUL.

Rendimientos de materiales híbridos de cacao que desde el año 1994 se registraron los últimos datos con rendimientos mayores 600 kg/ha/año de semilla seca.

Cuadro 3. Rendimientos de materiales híbridos de cacao.

No.	Materiales híbridos de cacao	Rendimiento kg/ha/año.
1	POUND-12 x CATONGO	909.14
2	UF-12 x POUND-7	896.02
3	SCA-6 x EET-62	828.14
4	IMC-67 x UF-613	818.54
5	CATONGO x POUND-7	801.16
6	SCA-6 x EET-95	780.67
7	EET-400 x SCA-12	746.46
8	EET-95 x SCA-12	729.00
9	UF-668 x IMC-67	708.00
10	UF-654 x POUND-7	629.85
11	UF-667 x IMC-67	618.17
12	IMC-67 x UF-654	614.50
13	UF-296 x CC-18	603.68
14	UF-12 x IMC-67	601.38

Fuete: Archivos del CATBUL.

1.4.8 Comercialización del cultivo

El promedio de cosecha anual de cacao seco se encuentra en 7259.53 kg/año con un precio de venta promedio de Q 700.00/qq. Alcanzando sus mayores precios en Semana Santa y en los meses de diciembre; los precios de venta son influenciados por el precio del mercado. El rendimiento promedio por hectárea se encuentra en 339.71kg/ha.

La comercialización de las plántulas de cacao se da a través de personas interesadas que visitan el centro que normalmente se les vende a un precio de Q10.00/plántula.

1.5 Conclusiones

En las plantaciones de cacao: Jardín clonal, Fruta de pan, Amazonas, Jalpatagua, Bujillá, Distanciamiento y Fiha I y II, son plantaciones adultas que están entre 21 a 28 años de edad alcanzando rendimientos de 230 a 900 kg/ha. Una plantación de cacao es considerada joven cuando tiene menos de 20 años de vida (FUNDACITE, 1998). En las plantaciones de cacao viejo (más de 30 años) declinan en su producción. Aunque el rendimiento de la plantación está influenciado por factores intrínsecos de la planta, estos pueden ser modificados por el ambiente (Vera y Cabanilla 1987).

El proceso del beneficiado del cacao es parte vital para la comercialización del cacao ya que en ello se da una serie de transformaciones físicas y químicas para la buena calidad del grano.

La regulación de la sombra y el manejo de los residuos de cosecha dentro de las plantaciones de cacao es importante para bajar la incidencia en campo de la mancha negra de los frutos causados por el agente infeccioso *Phytophthora palmivora*, Butler.

1.6 Recomendaciones

Elaborar un plan de manejo del cultivo de cacao donde incluya: regulación de sombra, poda del cacao, fertilización, manejo de los residuos de cosecha y extracción de frutos momificados para reducir las fuentes de inóculo del agente infeccioso de (*Phytophthora palmivora*, Butler).

Elaborar un plan de renovación del cultivo de cacao en las parcelas Amazonas y Bujillá donde el rendimiento se encuentra muy debajo de la media 230.77kg/ha y 281.17kg/ha.

Identificar plenamente en el “Jardín Clonal” los materiales (clones) con rótulos donde se incluya el nombre del material y lugar de procedencia.

1.7 Bibliografía

1. AGEXPRONT (Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales, GT). 2000. Manual del cultivo del cacao. Guatemala. 82 p.
2. Arciniegas Leal, AM. 2005. Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genético del CATIE (en línea). Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 4-99. Consultado 20 jun 2007. Disponible en http://www.google.com.gt/search?hl=es&q=cacao*arciniegas+leal&lr
3. Browlin, CN. 1988. Manual de productos básicos: cacao, guía del comerciante. España, Centro de Comercio Internacional. 190 p.
4. Chaicoj Sian, JS. 2004. Informe del diagnóstico de medios de producción en la finca Bulbuxyá para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) San Miguel Panán, Suchitepéquez. EPSA Diagnóstico. Guatemala, FAUSAC. 25 p.
5. Enríquez, GA. 1967. Catálogo de cultivares de cacao. Turrialba, Costa Rica, IICA. s.p.
6. Enríquez De León, M. 1999. Determinación de la compactibilidad entre seis clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá, San Miguel Panán Suchitepéquez, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, FAUSAC. 45 p.
7. FUNDACITE (Fundación para la Ciencia y la Tecnología, VE). 1998. Plan para el manejo del cacao. Maracay, Estado Aragua, Venezuela, FUNDACITE-ARAGUA. 9 p.
8. Vera, BJ; Cabanilla, H. 1987. Manual del cultivo de cacao: rehabilitación del cacao. Quevedo, Ecuador, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Programa nacional de cacao. p. 98-101.

CAPÍTULO II

INVESTIGACIÓN

Caracterización agronómica y evaluación de la incidencia de *Phytophthora palmivora* Butler, de 24 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá-CATBUL-, San Miguel Panán Suchitepéquez.

Agronomic characterization and evaluation the incidence of *Phytophthora palmivora* Butler, of 24 clones in cacao (*Theobroma cacao* L.) at the tropical agricultural center Bulbuxyá-CATBUL-, San Miguel Panán Suchitepéquez.

**CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA Y EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE
Phytophthora palmivora Butler, DE 24 CLONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)
EN EL CENTRO DE AGRICULTURA TROPICAL BULBUXYÁ. -CATBUL-, SAN MIGUEL
PANÁN, SUCHITEPÉQUEZ.**

Resumen

El presente estudio se realizó en el Centro Experimental Tropical Bulbuxyá, CATBUL, en la parcela "Jardín clonal", ubicado en el municipio de San Miguel Panán departamento de Suchitepéquez. Los problemas más frecuentes a los que se enfrentan los pequeños y medianos productores de cacao es el desconocimiento de las características agronómicas sobresalientes de los materiales que se cultivan y se establecen en las principales zonas cacaoteras del país. En el estudio de la caracterización agronómica y evaluación de la incidencia de *P. palmivora* se utilizaron frutos y semillas. En cada uno de los clones se evaluaron 15 caracteres agromorfológicas, parámetros cuantitativos y cualitativos, seleccionados a partir de la lista original de descriptores morfológicos propuestos por (Engels, S., 1989) poniendo en particular énfasis en aquellos que tienen importancia agronómica. Para determinar la incidencia *in situ* de la mazorca negra causada por *P. palmivora* Butler, se tomaron las siguientes variables: número de frutos infectados, número de frutos sanos durante el estudio.

El análisis de las variables cualitativas fue por medio de sus frecuencias, porcentajes y modas y las cuantitativas se analizaron por sus medias, rango de varianza y coeficiente de variación. En las variables de incidencia de *P. palmivora* Butler, se le analizó por medio de porcentajes.

En los resultados se observó que con respecto a las características agronómicas, existen algunos materiales que se presentaron como superiores a los demás y estos son: el grupo de los ecuatorianos; EET-48, EET-95, EET-399, EET-96, EET-400 y EET-62, el grupo de los costarricenses; UF-676 y UF-677, el colombiano SPA-9 y un trinitario ICS-6, son materiales que pueden utilizarse en programas de mejoramiento dado a las características que presentan entre las que destacan la alta productividad, tolerancia a *P. palmivora* Butler y otras características deseadas.

Se encontró que en los materiales establecidos en el "Jardín clonal" presentan variabilidad en cuanto a sus características agronómicas, ya que no existió características que se repitiesen en algún porcentaje, esto implica la existencia de una variabilidad genética que se expresa en las variables cuantitativas y cualitativas.

1. Presentación

En Guatemala el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) forma parte, entre otros, la actividad agrícola que promueve el desarrollo económico entre los medianos y pequeños agricultores y forma parte integral sobre una alternativa de la diversificación agrícola. Además este constituye un producto de exportación con grandes perspectivas para el futuro.

La recolección y conservación de germoplasma es importante para la conservación de las especies. Es también de suma importancia una adecuada caracterización agronómica y evaluar la incidencia de *Phytophthora palmivora* Butler en cada uno de los materiales para conocer sus características que los distinguen y cualidades que pueden ser utilizados como potenciales en programas de mejoramiento.

Esta investigación tuvo como objetivo caracterizar agronómicamente y evaluar la incidencia de la mancha negra de cacao, provocado por el Oomiceto *P. palmivora* Butler en cada uno de los clones en estudio. Para ello se utilizaron: a) parámetros morfológicos en semilla: peso fresco, peso seco, color del cotiledón fresco. En fruto: peso, longitud, diámetro, peso de ráquis y cáscara, grosor de las paredes del fruto, rugosidad del mesocarpio. b) estimadores cualitativos como color y forma. c) parámetros agronómicos: % de incidencia de *P. palmivora* Butler, número de mazorcas/clon e índice de fruto. Estos elementos permitieron acumular información valiosa, que permitió distinguir los materiales agronómicamente superiores y que presentaron menor incidencia de mazorca negra en el campo, contando así con mayores elementos de juicio para seleccionar los genotipos sobresalientes para mejorar la producción.

De los resultados obtenidos se tiene que los materiales ecuatorianos: EET-48, EET-95, EET-399, EET-96, EET-400 y EET-62, los materiales costarricenses: UF-676 y UF-677, el colombiano SPA-9 y un trinitario ICS-6, son clones que pueden utilizarse en programas de mejoramiento dado a las características que presentan entre las que destacan la alta productividad, tolerancia a *P. palmivora* Butler y otras características deseadas

2. Planteamiento del problema

Mesoamérica está considerada como uno de los lugares donde se originó y domesticó el cultivo de cacao, y es uno de los cultivos no tradicionales tropicales importantes para la región.

Según Contreras (1989), los productores de cacao del país se enfrentan a una serie de dificultades en este cultivo. Uno de los principales obstáculos con que se tropieza es desconocer de las características agronómicas de los materiales que están siendo cultivados y establecidos en las principales zonas cacaoteras. Se estima que el 31% de siembra en el país proviene de materiales criollos propagados de árboles muy antiguos sin ningún registro o control sobre sus cualidades agronómicas.

Otros productores emplean materiales híbridos provenientes del extranjero y desconocen el comportamiento productivo para esta zona. El uso indiscriminado de estas semillas ha traído como consecuencia un alto porcentaje de árboles improductivos y con un alto porcentaje de susceptibilidad a *Phytophthora palmivora* Butler, lo cual se traduce en bajos rendimientos y baja productividad.

En nuestro país, parte de la región mesoamericana se siembra el cacao, desde tiempo de los mayas; a pesar de esto, es importante resaltar que no se ha generado información que involucre una adecuada caracterización agronómica y una evaluación de la incidencia de *P. palmivora* Butler de muchos de los materiales que están siendo establecidos por los cacaoteros, por lo tanto es importante brindarle al productor información acerca de materiales con buenas características agronómicas que se adapte mejor a sus necesidades para elevar sus beneficios y así contribuir de esta manera al desarrollo de la agricultura y en el cultivo en particular.

3. Marco teórico

3.1 Marco conceptual

3.1.1 Historia del cacao

El origen de la palabra cacao proviene de voces mayas "Kaj" que quiere decir amargo y "kab" que quiere decir jugo. Estas dos palabras, al pasar fonéticamente al castellano, sufrieron una serie de transformaciones que terminaron en "cacaotal" que luego pasó a cacao (Enríquez, G., 1985).

La palabra chocolate también proviene del maya de las palabras "chacau" que quiere decir alguna cosa caliente y de la palabra "kaa", bebida. También estas palabras se unieron y sufrieron una serie de transformaciones en castellano, hasta llegar "chocolate" (Enríquez, G., 1985).

3.1.2 Origen del cacao

El cacao *Theobroma cacao* L. es una palabra de origen americano. Debido al sistema de vida nómada que siempre llevaron los primeros habitantes de este continente es prácticamente imposible decir a ciencia cierta cuál fue el lugar de origen (Enríquez, G., 1985).

El cacao es originario de América del Sur, en el área de alto Amazonas, que comprende países como Colombia, Ecuador, Perú, y Brasil. Es en este último lugar donde se han encontrado la mayor variabilidad de la especie pero principalmente se dispersó en dos direcciones:

a) Parte al este, a lo largo del Río Amazonas hasta la cuenca del Orinoco en Venezuela, dando origen al tipo denominado "Forastero" o Amelonado Amazónico.

b) Para el Noreste, cruzando los Andes y avanzando para la América Central hasta el Sur de México, dando origen al tipo "criollo" (Browlin, C., 1988).

3.1.3 Taxonomía del cacao

El cacao ha sido bautizado por los botánicos, con el sugestivo nombre de "manjar de los Dioses" o *Theobroma cacao*. Pertenece a la familia *Esterculeaceae* (Browlin, C., 1988).

Según Crop Protection 2007 (CPC, por sus siglas en ingles)

Dominio: Eucariota
 Reino: Viridiplantae
 Phylum: Spermatophyta
 Subphylum: Angiospermae
 Clase: Dicotyledonae
 Orden: Malvales
 Familia: Esterculiaceae
 Género: Theobroma
 Especie: *Theobroma cacao* L.

Según el Sistema de Clasificación APG II¹. (NCBI, 2008.)

Superreino: Eucariota
 Reino: Viridiplantae
 Phylum: Streptophyta
 División: Magnoliophyta
 Subdivisión: Streptophytina
 Clase: Rósidas
 Subclase: Eurósidas II
 Orden: Malvales
 Familia: Malvaceae
 Subfamilia: Byttnerioideae
 Género: Theobroma
 Especie: *Theobroma cacao* L.

3.1.4 Biología y botánica del cultivo de cacao

El cacao es una planta alógama, de ciclo vegetativo perenne y diploide ($2n=20$). El árbol de cacao alcanza alturas de 2 metros hasta de 20 metros cuando tiene condiciones óptimas de crecimiento (sombra intensa, temperatura, viento, agua y suelos apropiados). La planta proveniente de semilla presenta un tronco vertical que puede desarrollarse en forma muy variada dependiendo de las condiciones ambientales, el cual empieza su etapa de producción a los dos años después de establecido en el campo. Las plantas de origen

¹ El Sistema de clasificación APG II es el más moderno sistema para la clasificación de [angiospermas](#) “según criterios filogenéticos” (del inglés *Angiosperm Phylogeny Group*, Grupo para la Filogenia de las Angiospermas).

clonal obtenidas mediante injerto o estacas presentan una conformación diferente sin el predominio de un eje principal (Enríquez, G., 1966).

3.1.5 Ciclo del cultivo

1 a 3 años	Crecimiento y desarrollo
4 a 5 años	Primeras cosechas
7 a 10 años	Estabilización de la cosecha
10 a 30 años	Adulto productivo
Período de la floración a cosecha	5 a 6 meses
Período de cosecha	Todo el año produce mazorcas, pero la cosecha es en dos temporadas noviembre a marzo, y mayo a octubre (AGEXPRONT, 2000).

3.1.6 Requerimientos ambientales

Dentro de los requerimientos ambientales existen tanto las condiciones climáticas como las condiciones de suelo. Los factores climáticos críticos para el desarrollo del cacao son la temperatura y la lluvia, y le siguen en importancia el viento, la luz, la radiación solar y la humedad relativa (Enríquez, G., 1966).

a. Humedad relativa

El ambiente preferido para el cacao es aquel donde la humedad atmosférica es más bien alta y constante (70 a 80%). El exceso de humedad dentro de la plantación se puede controlar haciendo oportunamente las labores de poda del cacao, regulación del sombrío, limpieza de canales de drenaje y de control de malezas. Asimismo, para mantener un estado óptimo de humedad dentro del cultivo, este se debe de proteger de los efectos del viento y de la excesiva penetración del sol (INTECAP, 1981).

b. Altitud

Comprendida entre los 200 a 600 msnm. Si las condiciones del lugar son muy especiales puede recomendarse el cultivo hasta los 760 msnm en la zona del pacífico y de 0 a 600 msnm en el atlántico (AGEXPRONT, 2000).

3.1.7 Sombra

La sombra funciona como elemento regulador fisiológica de la planta a través de la mayor o menor cantidad de luz; si hay exceso de sombra propicia mayor humedad en el ambiente, disminución de la actividad fotosintética y por lo tanto menor formación de carbohidratos, igualmente favorece la proliferación de enfermedades; la escasez permite, la incidencia directa de los rayos solares como la copa del árbol, obliga a las plantas a un intenso metabolismo y exige con esto mayor suministro de agua y nutrientes; por otro lado se incrementa la presencia de plagas que afectan el follaje (AGEXPRONT, 2000).

Debido a que el cacao se le ha encontrado creciendo bajo otros árboles más grandes ya que su cultivo ha sido tradicionalmente bajo sombra, se ha dicho que es típicamente humbrófilo, o muy amigo de la sombra. La evidencia experimental ha demostrado que se puede tener cacao sin sombra (Enríquez, G., 1985).

Una buena sombra es indispensable; por regla general un 50% de sombra garantiza un óptimo desarrollo de las plantas (Enríquez, G., 1985).

Existen varios tipos de sombra:

a. Temporal

El cacao requiere sombra desde el momento de la siembra en el campo. Esto se logra utilizando alguna especie que sirva de transición entre la sombra provisional y la sombra permanente. Pueden utilizarse plantas tales como bananos, plátanos, madre cacao. Las musáceas deben sembrarse preferiblemente entre los 6 a 12 meses antes que el cacao en las calles. La duración de la sombra temporal puede variar de 2 a 5 años (Browlin, C., 1988).

b. Permanente

La sombra permanente se establece al mismo tiempo que la temporal. La planta de cacao recién transplantada requiere hasta un 70% de sombra o más (según la zona), que deberá reducirse al 30% cuando la plantación alcance el quinto año de edad. El hecho de que el cacao joven precise mayor cantidad de sombra está relacionado con el menor desarrollo de su follaje, lo que hace que el auto sombreado resulte insuficiente en esta etapa. Preferiblemente se deben utilizar barreras de especies con utilidad económica como Conacaste *Enterolobium cyclocarpum*, Caoba *Swietenia sp.*, Nogal *Junnglans sp.*, Cedro *Cedrela sp.*, Además se pueden utilizar la (Ingas), entre ellas la Paterna *Inga*

paterna, el *Chalum Inga edulis*, el *Cushin Inga sp.*, y el *Caspirol Ingana Laurina*. Otras como *Madre Cacao Glicirida sepium*; *Cenícero Samanea* saman, la *Gravilea Grevilea robusta* A. Cunn; y otros que se desarrollan rápidamente y que más tarde sustituyan a las plantas de sombra temporal (Browlin, C., 1988).

Función de la sombra:

a) Regula la radiación solar sobre el cacao interceptando parte de los rayos de luz.

Regula la humedad ambiental al evitar un movimiento rápido del aire dentro del cultivo.

b) Evita los cambios bruscos de temperatura que son indeseables, en especial en los primeros meses de formación de la cosecha.

c) Retiene o desvía los vientos, evitando así el daño que éstos puedan ocasionarle al follaje del cultivo, especialmente en estado de planta.

3.1.8 Suelos

Según FUNDACITE citado por (Arciniegas, A., 2005), el cacao requiere que los suelos sean muy ricos en materia orgánica, profundos, franco arcillosos, con buen drenaje y topografía regular. Se puede decir que el cacao es una planta que prospera en una amplia diversidad de tipos de suelo Usualmente, las plantaciones están localizadas en suelos que varían desde arcillas pesadas muy erosionadas hasta arenas volcánicas recién formadas y limos, con pH que oscilan entre 4 y 7.

La capacidad del área radicular puede diferenciar un suelo bueno y uno malo, el cacao necesita suelos por lo menos con 1.5 m de profundidad (INTECAP, 1981).

El cacao es una planta sensible a la escasez de agua pero también al encharcamiento por lo que se precisa de suelos provistos de un buen drenaje.

3.1.9 Agua

Los rangos óptimos de agua que satisface el cultivo oscilan entre 1500 y 2500 mm en zonas bajas más cálidas y en 1000 y 1500 mm en zonas más frescas o los valles altos. En aquellas zonas donde la lluvia es mayor a los 4000 mm por año, el cacao solamente podría ser económico en un suelo muy bien drenado o en suelos accidentados donde no hay acumulaciones de agua (Enríquez, G., 1985).

3.1.10 Variedades de cacao

a. Criollos

El cacao cultivado originalmente por los Mayas y Aztecas es probablemente el criollo actual con las siguientes características, mazorcas cilíndricas con 10 surcos profundos simples en pares de 5, cáscara verrugosa, delgada o gruesa con una capa pequeña lignificada en el centro del pericarpio con o sin depresión del cuello, puntas agudas en 5 ángulos rectas o recurvadas. El color de la mazorca puede variar de verde a rojo. Semillas blancas o generalmente pigmentadas, cilíndricas u ovals (AGEXPRONT, 2000).

b. Forastero

Se ha caracterizado a los forasteros por tener mazorcas ovoides, amelonadas, con 10 surcos superficiales o profundos, cáscaras lisas o ligeramente verrugosas, delgadas o gruesas con una capa lignificada en el centro del pericarpio y los dos extremos redondos y a veces con un pequeño cuello de botella en la base. Las mazorcas son en general verdes, en tonos blanquecinos o rosados, en algunas poblaciones. Semillas de color morado, triangulares en un corte transversal, aplanadas y pequeñas. Los árboles son vigorosos, follaje grande y intenso y tolerante a enfermedades que los criollos. Es cultivada en la región baja del Amazona en Brasil, Venezuela y Guayanas (AGEXPRONT, 2000).

c. Trinitario

Consiste en poblaciones híbridas de cruzamiento espontáneo de criollos y forasteros y tienen características de mazorcas y semillas casi similares en la mayor parte intermedias a los dos grupos que le dieron origen. Es posible que se trate de una población segregante que se origino de una cruce casual entre el amelonado de Guayana y la población criollo de Venezuela (Enríquez, G., 1985).

3.1.11 Prácticas agronómicas del manejo del cacao

3.1.11.1 Propagación vegetativa por injerto

Injertar es el arte de juntar partes de plantas de manera que se unan y continúen su crecimiento como una sola planta. Al componente de la combinación que va a constituirse

en la parte superior de la nueva planta se le llama púa, aguja, espiga o injerto, y a la parte que se va a constituir en la porción baja, la que forma el sistema radical, se le conoce como patrón, pie, masto o porta injerto. El injerto es uno de los principales métodos de propagación vegetativa, indispensable cuando se persigue la transmisión de todas las características acumuladas de una planta, o en un clon proveniente de ella, por medio de selección (INTECAP, 1981).

3.1.11.2 Propagación por semilla

La forma sexual (o polinizada) más comúnmente usada y fácil para producir el cacao es por medio de semillas frescas. Gran parte del cacao cultivado en la actualidad proviene de semilla sin seleccionar (Browlin, C., 1988).

Existe siempre la dificultad de que no puede predecirse la capacidad productiva de las plantas resultantes, ya que varía considerablemente, aún entre las descendencias de un mismo fruto (Browlin, C., 1988).

3.1.11.3 Clones

Se ha denominado clon a la obtención de plantas propagadas en forma vegetativa, con el propósito de no perder las características agronómicas y/o cualidades ya establecidas en el vegetal; estos clones como tales conservarán íntegramente las características o cualidades de la planta madre de donde proceden; características que cambiarán a su vez al cruzarse entre sí. Existe la gran posibilidad de que los hijos resultantes de estos cruces, superen a los padres, no siempre suceden así por el hecho de que no todos los clones poseen una buena habilidad para combinarse (INTECAP, 1981).

3.1.11.4 Híbridos

Un híbrido en cacao es el resultado de cruzamientos entre clones o padres seleccionados, por cualidades. Actualmente este material se conoce como Híbridos Internacionales y su uso se ha popularizado en toda el área cacaoteras. Para la

producción masiva de semillas, se han aprovechado las características de la incompatibilidad, creando jardines de producción de semilla con los clones seleccionados (INTECAP, 1981).

3.1.11.5 Poda del cacao

El objetivo de la poda en cacao es eliminar las partes poco productivas o innecesarias de los árboles para estimular el desarrollo de nuevos crecimientos vegetativos y equilibrarlos con los puntos productivos. La poda también tiende a eliminar los chupones y las ramas mal dirigidas, controlar la altura del árbol, regular la entrada de luz a los estratos inferiores, eliminar ramas que dificultan las labores agrícolas y facilitar la visibilidad de las mazorcas, ya sea para cosechar o para practicar las labores (Enríquez, G., 1985).

Existen cuatro tipos de podas:

a. Poda de formación

La poda de formación como su nombre lo indica sirve para darle forma al árbol de cacao. El fin que se persigue con este sistema de poda es: el equilibrio de la planta, mayor aireación dentro de la planta, controlar las plagas y enfermedades, facilitar las cosechas, las aspersiones y finalmente economizar tiempo y dinero ya que al tener menos follaje las plantas, menos será el liquido que se use y más rápido se harán las operaciones, cubriendo mayor área (AGEXPRONT, 2000).

b. Poda de mantenimiento

Desde 2 a 3 años de edad los árboles deben ser sometidos a una poda ligera, por la cual se mantiene una buena forma del árbol y se elimina las ramas muertas o mal colocadas. Esa poda, por lo regular, se pueden hacer una o dos veces por año y se aconseja que en época seca, para que cuando vengan las lluvias se estimulen el crecimiento de las ramas mejor dirigidas (INTECAP, 1981).

c. Poda de rehabilitación

Con el tiempo y según el plan de manejo, un cacaotal se hace improductivo, ya sea porque se descuido la poda y creció libremente o porque fue abandonado. En esos casos puede rehabilitarse. La rehabilitación es la regeneración del árbol por medio de podas adecuadas. Estas deben ser parciales, en cuyo caso se conservan las mejores ramas o el

tronco, para estimular el frotamiento de chupones basales, los mejores chupones son seleccionados para reemplazar el árbol viejo o son injertos con yemas de clones o de híbridos sobresalientes (INTECAP, 1981).

d. Poda de sanidad

Esta poda se inicia en el vivero y consiste en eliminar, con ayuda de tijeras o cuchilla, toda rama u hoja enferma. Cuando las plantas son adultas, con la frecuencia de esta poda se elimina todo el material atacado por plagas y enfermedades, sean hojas, brotes, ramas o frutos. Dependiendo de la virulencia de la plaga o la enfermedad, todo el material de poda debe ser destruido por el fuego enterrado, después de que se haya aplicado algún agroquímico que ayude a la destrucción (INTECAP, 1981).

3.1.11.6 Control de malezas

Los efectos de las malezas sobre el cacao son varios: a) Las malezas trepadoras se enredan entre los árboles jóvenes de cacao e impiden el desarrollo de las hojas, b) Las malezas compiten con el cacao por la luz, el anhídrido carbónico, el agua y nutrimentos, puesto que los absorben con mayor rapidez que el cacao (Browlin, C., 1988).

Cuando se realicen aplicaciones de herbicidas es importante que no entren en contacto con la planta de cacao. Por ello es común el empleo de protectores cilíndricos de plástico que protejan a las plantas (Enríquez, G., 1985).

3.1.11.7 Enfermedad de la mazorca negra causada por el agente *P. palmivora* Butler

Esta enfermedad es causada por el Oomiceto del género *Phytophthora*. Hasta la fecha se han identificado las siguientes especies: *P. palmivora* Butler, *P. parasitica*, *P. megasperma*, *P. siringae*, *P. citri*. Debido a que su distribución en todos los países cacaoteros, ya que ataca más de 40 familias botánicas, es difícil saber exactamente dónde y cuando se les observó por primera vez en el cacao (Enríquez, G., 1985). En Centroamérica las pérdidas pueden alcanzar hasta un 80% (Sánchez, J., 1988).

Según Gregory citado por Arciniegas (2), En esta región se ha informado de dos especies asociadas con esta enfermedad: *P. palmivora* Butler que es la más generalizada y *P. capsici* distribuida en países como El Salvador y Guatemala.

La mazorca negra del cacao es causada por el hongo *Phytophthora* spp. esta enfermedad es endémica de las áreas cacaoteras y a nivel mundial limita seriamente la producción, ocasionando pérdidas hasta de un 50-60% (ICCO, 1991).

3.1.11.8 Taxonomía de *Phytophthora palmivora* Butler (Según la Clasificación de la NCBI, 2008).

Dominio: Eucariota
 Reino: Chromista
 Phylum: Oomycota
 Clase: Oomycetes
 Orden: Pythiales
 Familia: Pythiaceae
 Género: *Phytophthora*
 Especie: *Phytophthora palmivora* Butler.

Según Agrios, 2005.

Reino: Chromista
 Phylum: Oomycota
 Clase: Oomycetes
 Orden: Peronosporales
 Familia: Pythiaceae
 Género: *Phytophthora*
 Especie: *Phytophthora palmivora* (E. J. Butler) E. J. Butler

a. Sintomatología

Aunque el oomicete puede atacar plántulas y diferentes partes del árbol de cacao, como cojines florales, chupones, brotes, hojas, ramas, tronco y raíces, el principal daño lo sufren los frutos. En el fruto la infección aparece bajo la forma de manchas pardas, oscuras aproximadamente circulares, que rápidamente se agrandan y extienden por toda la superficie a través del fruto. Las almendras que se infectan resultan inservibles y en un plazo de 10 a 15 días la mazorca está totalmente podrida. Otros datos reportados son el cáncer de tronco, la necrosis de la hoja y el pecíolo y la podredumbre de los botones florales. El oomicete ataca en cualquier etapa de desarrollo del cultivo (Enríquez, G., 1985).

Según Gregory citado por Arciniegas (2), la lesión al nivel de los frutos empieza con una mancha circular de color café en la superficie del fruto, la cual crece rápidamente y

puede cubrir la mazorca totalmente en 7 ó 10 días. Es posible apreciar los signos del oomicete los cuales son evidentes porque se ve un micelio blanco poco compacto y superficial, que aparece a las 2 o 3 semanas después de la primera mancha.

Las enfermedades de las plantas causadas por los oomicetos básicamente son de dos tipos aquellos que afectan los órganos de la planta que se localizan en el suelo o que se encuentran en contacto con él, como es el caso de las raíces, tallos cortos, tubérculos, semillas y frutos carnosos depositados sobre el suelo. Dicha enfermedad es producida por especies de *Phytophthora*, aquellas que afectan principalmente a los órganos aéreos de la planta, en particular las hojas, frutos y tallos jóvenes (Agrios, 2005).

b. Ciclo de vida del patógeno

Después de cuatro a seis días de aparecido los primeros síntomas, en la mazorcas se forma una trama de micelio blanquecino y esporas del oomicete. Esta constituye la principal fuente de infección. Los frutos momificados pueden permanecer en el árbol hasta que caen por causas externas. Los esporangios se diseminan por el viento, la lluvia, insectos y otros animales, llevando la infección a otras partes (Enríquez, G., 1985).

c. Epidemiología

Las principales fuentes de inóculo identificadas han sido: el suelo, los cascarones de cacao apilados, las mazorcas momificadas, los cojinetes florales, la corteza de cacao, los brotes de cacao que crecen cerca del suelo. Una mazorca continúa produciendo esporangios durante unos diez años antes de la destrucción total del fruto y el ataque de otros parásitos o descomponedores lo destruyan.

Los factores que favorecen el desarrollo de la mazorca negra, en que intervienen más de una especie del género y diferentes líneas o razas de cada especie necesariamente va ha variar de un lugar a otro, de acuerdo con sus propias circunstancias.

La enfermedad se ve favorecida por una humedad relativa alta, que se mantenga por varias horas y por temperaturas más bien bajas entre 15 y 27 C. El hongo se produce mejor entre 18 y 20 C. La descomposición de un fruto, en cambio, se acelera con las temperaturas altas. El factor más importante en la epidemia de esta enfermedad parece ser la lluvia, produciendo brotes de *Phytophthora* tres a cuatro días después (Enríquez, G., 1985).

d. Control de la enfermedad

Los mecanismos de control contemplados para el manejo de la enfermedad son los de naturaleza sintética (fungicidas) pero aunado a su alto costo de adquisición está muy activa la tendencia a producir cacao con sello verde (orgánico) por lo que en la actualidad se hace empleo de prácticas de manejo cultural tales como: un programa de podas tanto de formación así como de saneamiento, eliminación de mazorcas enfermas, reducción de la cantidad de sombra y la adopción de una filosofía de cambiar los materiales sembrados por materiales resistentes (Enríquez, G., 2004).

Estos tres enfoques tanto el cultural, como el sintético y el uso de materiales resistentes, deben combinarse con adopciones culturales tales como: la reducción de cantidad de sombra, recolección de mazorcas maduras cada 8 a 15 días, tumba de mazorcas negras durante la cosecha, tratamiento de los montones de cáscaras con caldo bordelés, aspersión de fungicidas cúpricos orgánicos y uso de híbridos resistentes (Enríquez, G., 2004).

e. Resistencia genética

Se han identificado como clones resistentes al SCA-6, SCA-12, CATONGO, Pound-7, CC-42, EET-59 y UF-613 entre otros, sin embargo, la existencia de la mutación en el patógeno, la zona donde estén los cultivares establecidos y el método con el cual se evaluaron los materiales han hecho que se encuentren diferencias entre autores en relación con el nivel de resistencia de los materiales (Arciniegas, A., 2005).

Estudios realizados comparando cuatro métodos de inoculación a *P. palmivora* determinaron que de acuerdo con la severidad, 19 cultivares fueron resistentes, 61 moderadamente susceptibles y 31 susceptibles. Los cultivares resistentes fueron: Pound-7, Catie-1000, CC-256, EET-59, EET-64, TSHN-812, SPA-5, SPA-11, SPA-17, UF-703, CC-124, EET-48, ICS-44, EET-250, CC-42, CC-38, CC-71, CC-232 y UF-602. (Phillips y Galindo, J., 1989)

3.1.12 Descriptores para la caracterización agronómica

Según Abadie y Berretta citado por Arciniegas (2), La caracterización se define como la descripción de la variación que existe en una colección de germoplasma y que permite diferenciar a las accesiones de una especie, sea en términos de características

morfológicas y fenológicas de alta heredabilidad ó características cuya expresión es poco influenciada por el ambiente.

Para la descripción morfológica de las plantas cultivadas generalmente se emplean órganos que están menos influenciados por el ambiente como son las flores y los frutos; le siguen en importancia otros como las hojas, troncos, ramas, raíces y los tejidos celulares que muchas veces son muy difíciles de caracteriza (Enríquez, G., 1966).

La caracterización sirve para múltiples usos tales como: proporcionar un mejor conocimiento del germoplasma, permitir identificar duplicados, permitir identificar genotipos faltantes en las colecciones que facilitan la planificación de nuevas colectas e introducciones; permitir el establecimiento de colecciones núcleos (Enríquez, G., 1966).

Según Pound citado por Arciniegas (2), aduce que los tamaños en las semillas varían mucho y se requiere de muestras muy grandes para la estimación pero aportó que el peso seco de las almendras es de los parámetros más confiables para la descripción morfológica de las poblaciones.

3.1.12.1 Parámetros de rendimiento

Los programas de mejoramiento genético usualmente enfocan su investigación hacía la selección de los materiales en cuanto a su rendimiento, número de frutos producidos por árbol, número de semillas y peso seco de las mismas por mazorca (Arciniegas, A., 2005).

3.1.12.2 Número de frutos por árbol

El parámetro del número de frutos es una medida relativamente confiable para estimar la capacidad de producción de un material, porque existe una pequeña correlación entre el peso seco de la semilla y el número de mazorcas presentes en el árbol (Soria, V., 1966).

3.1.12.3 Peso del fruto

Según Ruinard citado por Arciniegas (2), Muchos estudios han determinado que el peso promedio de frutos depende del tamaño y forma de las mismas. Usualmente, el peso del fruto tiene una correlación directa con el peso y número de semillas presentes en el fruto.

3.1.12.4 Índice de fruto

Se define como el número de frutos necesarios para obtener un kilogramo de cacao seco y fermentado. Este índice es una medida indirecta del tamaño de los frutos en función de su peso seco y es una variable de tipo cuantitativo (Leon, J., 1988).

El índice de fruto puede estimarse con confianza en una muestra de 30 mazorcas tomadas en la época de mayor producción del año (Arciniegas, A., 2005).

3.1.12.5 El número de semillas por fruto

Este carácter casi parece no ser afectado por el medio ambiente, y es considerada como una característica confiable, mencionando un rango de 15 a 45 semillas por mazorca (IICA, 1982).

3.1.12.6 El peso de las semillas

En base a una muestra de 30 frutos puede obtener una cifra que está dentro del 10% de la media verdadera, parece, sin embargo que ésta variabilidad es de naturaleza genética principalmente, ya que se ha demostrado que solo la época seca tiene efecto sobre el peso húmedo y seco de las semillas, y únicamente se ha encontrado pequeñas diferencias entre los mismos periodos de diferentes años (IICA, 1982).

3.1.13 Producción

Los árboles de cacao o cacaoteros pueden producir rendimientos aceptables durante varias décadas. Pueden tardar de 8 a 10 años en alcanzar el rendimiento máximo,

según la variedad: los nuevos híbridos alcanzan ese máximo más rápidamente (Arciniegas, A., 2005).

En términos de rendimiento, existen efectivamente dos tipos de cacaoteros: los arbustos tradicionales que producen entre 300 y 500 Kg. de cacao en grano por año en las circunstancias más normales, y los híbridos cuyos rendimientos alcanzan un máximo de más de 1,000 Kg. por hectárea antes de empezar su decadencia. Las principales pérdidas de producción se deben a factores tales como las malas condiciones climatológicas, cuidados deficientes y enfermedades, que alcanzan entre el 20 y el 30% de la producción mundial. Las enfermedades pueden provocar la pérdida directa de la cosecha o el debilitamiento o inclusive la muerte del árbol (Arciniegas, A., 2005).

3.1.14 Beneficiado del cacao

El beneficiado es la cura del cacao el proceso por el cual las semillas, después de ser extraídas del fruto, son colocadas en depósitos especiales y en condiciones apropiadas para que las transformaciones físicas y químicas, mejoren su calidad, se facilite el secado y su conversión y se logre una mejor presentación del producto comercial.

Objetivos del beneficiado del cacao

1. Descomposición y remoción del mucílago azucarado que cubre el grano fresco, para facilitar el secado y la conservación o almacenamiento.
2. Elevar la temperatura que mata el embrión, para facilitar el desarrollo del sabor a chocolate.
3. Mejorar el sabor y aroma de las almendras.
4. Facilitar la separación final del cotiledón final y la cutícula que lo cubren.
5. Dar una buena apariencia para el mercado (Enríquez, G., 1985).

4. Objetivos

4.1 General:

1. Caracterizar por medio de descriptores agromorfológicos, los materiales presentes en el “Jardín Clonal” del Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá, CATBUL, y determinar la incidencia a la mazorca negra causada por *Phytophthora palmivora* Butler.

4.2 Específicos:

1. Caracterizar los 24 clones de cacao presentes en el CATBUL, usando caracteres de fruto y semilla.
2. Evaluar la incidencia de la mazorca negra del cacao (*P. palmivora* Butler), en cada uno de los clones presentes en el CATBUL.

5. Hipótesis

1. Se espera que los clones presenten características diferenciadas de producción y productividad.
2. Existen materiales con resistencia a la enfermedad a mazorca negra causada *Phytophthora palmivora* Butler.

6. Metodología

6.1 Sitios de la caracterización y descripción ambiental

El lote de árboles de donde se tomaron los materiales a evaluar (clones) es la sumatoria de árboles compuesto por 408 correspondientes al clon, 91 árboles de genética desconocida y 76 por fallas (no hay árboles en el punto). Los árboles están sembrados a una distancia de 4 x 4 metros. Los árboles de sombra están a una distancia de siembra aproximado de 8 x 8 metros proporcionando así un 50% de sombra para el cacaotal. La topografía del terreno es irregular con un 45% aproximado de desnivel.

6.2 Manejo del experimento

En el manejo agronómico de la plantación se hizo énfasis en la poda de formación, poda de mantenimiento, y mantenimiento del sombrío permanente según el plan de manejo agronómico del cultivo de cacao del CATBUL.

6.3 Variables de respuesta

En cada uno de los clones estudiados se evaluaron 15 caracteres agromorfológicas parámetros cuantitativos y cualitativos relacionados con el fruto y la semilla, seleccionados a partir de la lista original de descriptores morfológicos propuestos por Engels, poniendo en particular énfasis en aquellos que tienen importancia agronómica.

Para determina la incidencia en campo de la mazorca negra causada por *P. palmivora* Butler, se tomaron las siguientes variables: número de mazorcas enfermas, número de mazorcas sanas durante el estudio.

6.4 Registro de la información

Para poder registrar las diferentes variables agromorfológicas se hizo uso de boletas conteniendo el total de variables a evaluar.

6.5 Descripción utilizada en la caracterización de cacao

b) Número de árboles: se utilizaron 5 plantas de cacao/clon de 25 años de edad identificadas con una etiqueta de aluminio estampadas con números correlativos que van desde 1 al 120 (Ver figura 11).

c) Fecha de descripción morfológica: la descripción se realizó del 5 junio al 15 diciembre del 2006.



Figura 11. Identificación de los árboles por clon.

6.5.1 Descriptores de producción

a) Índice de fruta: este parámetro se define como la cantidad de frutos que se necesita para obtener un kilogramo de cacao seco y fermentado.

b) Número total de semillas/fruto: número de semillas íntegras presentes en cada fruto.

c) Número de fruto/árbol: total de frutos cosechadas cuando alcanzan su madurez fisiológica.

6.5.2 Descriptor de semilla

Los datos se tomaron de semillas sin lavarlas.

a) Peso fresco de las semillas/fruto: (g) Las semillas se pesaron con mucílago pero sin placentación.

b) Peso seco de las semillas/fruto: (g) Se registró el peso seco luego de haber realizado el proceso de fermentación y secado.

c) Color del cotiledón fresco: se tomo la semilla fresca sin lavarlas y se seccionó transversalmente con una navaja y se determinó de la siguiente manera 1: blanco 2: púrpura.

6.5.3 Descriptor del fruto

Los frutos tomados de 4 a 5 meses de edad son tomados como inmaduras, los frutos utilizados los que tienen aproximadamente seis meses de edad y son aquellos que

están fisiológicamente maduras como lo muestran los cambios de color y algunas pruebas de campo.

a) Longitud del fruto: (cm) es la distancia lineal entre los extremos del fruto para determinar esta variable se hizo uso del instrumento de medida Forcycula graduada (Figura 12).

b) Diámetro del fruto: (cm) se midió en la parte intermedia del fruto. Se utilizó el mismo instrumento de medición del inciso anterior.

c) Peso del fruto: (g) se registró el peso individual de cada fruto.

d) Peso de cáscara y ráquis del fruto: (g) se registró el peso de cáscara y ráquis de cada fruto.

e) Grosor de las paredes del fruto: (mm) medido en la parte más sobresaliente de uno de sus lóbulos. Es medido con un calibrador micrométrico (Vernier). Las frutas fueron seccionadas transversalmente (Figura 12).

f) Rugosidad del mesocarpo: se determinó al tacto y se refiere a la aparición de protuberancia en la superficie del fruto se clasificó de la siguiente manera.

1: lisa 2: ligeramente rugo 3: rugoso 4: muy rugoso.

g) Color del fruto: se determinó visualmente de la siguiente manera:

1: amarillo 2: rojo amarillo.

h) Forma del fruto: 1: angoleta; 2: amelonado; 3: cundeamor; 4: calabacillo (Figura 13).

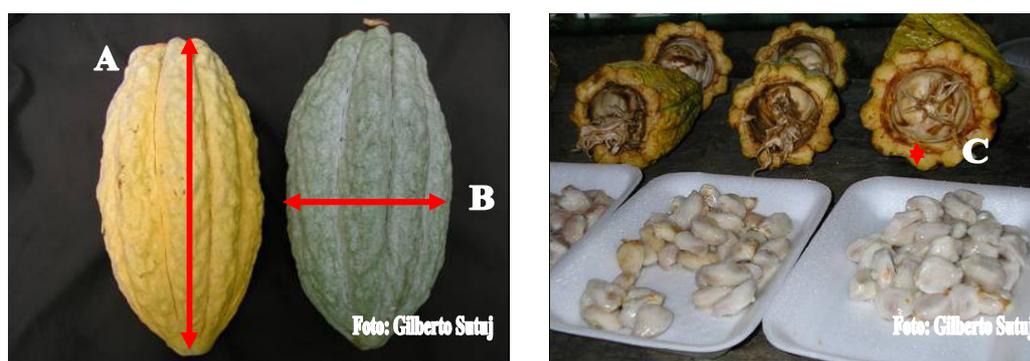


Figura 12. Descriptores morfológicos del fruto evaluados.

A. Longitud del fruto (cm) **B.** Diámetro del fruto (cm) **C.** Grosor de las paredes del fruto (cm).

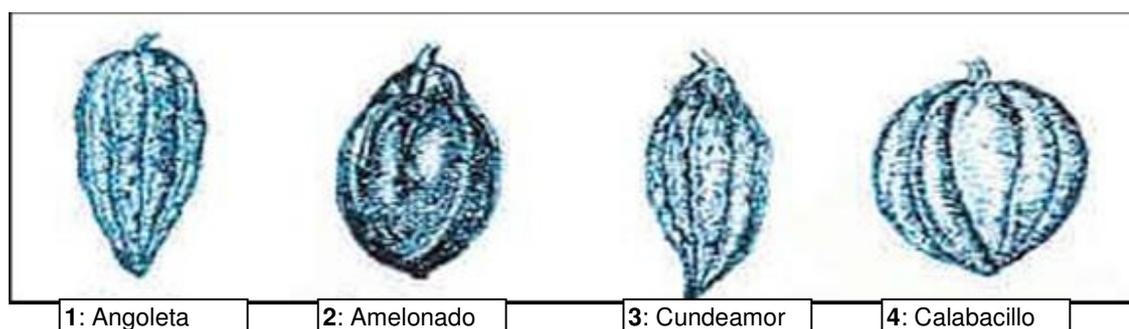


Figura 13. Descriptor morfológico de la forma de fruto.

6.6 Fermentación

El proceso de fermentación se llevó a cabo en las instalaciones del CATBUL. Los frutos cosechados en cada fecha se agruparon por clones, a los que se les extrajo en forma separada las semillas con su respectivo mucílago, evitando incluir la placenta y cualquier otra materia extraña. Se usó el método de caja, que consiste en fermentar la masa dentro de una caja de madera de 20 x 20 x 15 cm de largo, ancho y alto respectivamente, con tres ranuras de 0,5 cm en el fondo del cajón para que escurrieran los líquidos liberados en el proceso. Finalmente, la caja se cubrió con hojas de plátano y sacos de yute para mantener la temperatura dentro del fermentador. La masa de fermentación se removió a intervalos de dos días.



Figura 14. Etapas en el proceso de beneficiado.

A. Cosecha e identificación del material. B. Desgrane. C. Fermentación en cajones. D. Secado al sol.

6.7 Secado de las muestras

Concluida la fermentación las muestras fueron llevadas al patio de secado con una superficie de cemento del CATBUL. En cada sección se colocó una muestra adecuadamente extendida e identificada.

6.8 Evaluación de la incidencia de la mazorca negra (*Phytophthora palmivora* Butler)

a) Descripción en campo

Se realizaron recorridos en las plantaciones de cacao del “Jardín clonal” ubicadas en el centro del CATBUL, para observar la presencia de la mancha negra *P. palmivora* Butler en las hojas, flores y frutos del cultivo de los 24 materiales de cacao bajo estudio. En cada uno de los materiales de cacao se descubrieron síntomas *in situ* en diferentes órganos de las plantas, las descripciones fueron registradas por fotografías y notas de campo de esta manera se pudo llevar un control en cuanto a la presencia del hongo y árboles muestreados.

Para el estudio *in situ* de la incidencia de mazorca negra, se evaluaron cinco árboles/clon.

b) Número de frutos removidos con mazorca negra/árbol: se llevó registros quincenalmente desde que dio inicio la investigación. Se contabilizaron todos aquellos frutos que presentaron signos de la mancha negra no importando la edad cronológica de los frutos. (Figura 15).



Figura 15. Selección de frutos infectados por *P. palmivora* Butler.

- A. fruto infectado con *P. palmivora* Butler edad aproximado del fruto dos meses.
- B. edad aproximado del fruto cuatro meses infectado con *P. palmivora* Butler.
- C. edad aproximado del fruto seis meses infectado con *P. palmivora* Butler.

c) Toma, traslado y manejo del material infectado por *Phytophthora*

Se tomaron muestras de frutos de los distintos materiales bajo estudio que presentaran síntomas de la mancha negra, los cuales se trasladaron al laboratorio en bolsas plásticas, identificadas con datos como procedencia de la muestra, fecha, etc.

Los materiales enfermos que provenían del campo se observó bajo el estereoscopio y microscopio describiendo los síntomas como los son: los cambios de coloración, manchas, presencia de estructuras reproductivas, etc. Las muestras que aún no presentaban estructuras desarrolladas del hongo se colocaron en cámara húmeda para facilitar el desarrollo de las mismas.

d) Determinación de la especie

La determinación del género del agente causal de la mancha negra de los frutos de cacao, se realizó mediante la utilización de claves taxonómicas de Ainsworth, GC., *et al*, 1973, los cuales se basan en características morfométricas y pictográficas de *Phytophthora palmivora* Butler (Ver anexo 1).

7. Resultados y discusión

7.1 Evaluación de variables cuantitativas y agronómicas del cacao

A continuación se presenta en el cuadro 4, los resultados de los promedios generales de las distintas variables cuantitativas y agronómicas utilizadas en la caracterización de los distintos materiales que se estudiaron. Además se incluye la media, desviación estándar, coeficiente de variación, valores mínimos y máximos

Cuadro 4. Caracterización de 24 clones de cacao: Variables cuantitativas de fruto y semilla.

	Clones	Total de frutos cosechados	Peso fruto (g)	Longitud fruto (cm)	Diámetro fruto (cm)	Grosor cáscara fruto (mm)	Peso de cáscara y ráquis fruto (g)	Número semillas	Peso fresco semillas+mucilago (g)	IM
1	UF-613	85	793.3	20.5	9.8	20.68	654.5	33.5	138.8	12.55
2	UF-296	165	611.4	18.6	9.2	14.02	454.5	41.3	157.0	17.87
3	UF-29	201	500.9	17.4	8.6	15.05	362.8	37.4	138.0	21.67
4	UF-12	122	501.7	19.6	8.2	12.90	360.0	30.7	141.7	19.12
5	UF- 676	187	531.2	19.9	8.8	12.45	378.3	35.7	152.8	13.79
6	UF-654	187	584.8	18.0	9.0	14.58	420.8	33.6	164.0	21.05
7	UF 668	158	608.3	20.2	8.8	13.47	432.0	38.9	176.3	17.16
8	UF-667	134	624.7	19.6	9.0	15.03	449.2	35.2	175.5	17.07
9	UF-677	164	597.3	19.8	9.0	14.43	426.5	32.6	170.9	17.42
10	EET-48	151	753.4	20.0	9.6	19.22	596.7	40.9	156.7	12.99
11	EET-96	233	612.2	19.3	9.3	16.09	499.3	33.7	112.9	22.77
12	EET-399	316	446.8	20.2	8.1	13.09	323.5	29.0	123.3	21.54
13	EET-95	174	626.6	19.4	9.3	16.34	480.6	41.3	146.0	17.19
14	EET-400	347	367.4	18.1	7.7	11.67	253.9	27.7	113.4	21.31
15	EET-62	281	332.8	17.6	7.6	11.14	257.6	31.2	75.2	23.92
16	SCA-6	84	388.1	17.2	7.2	13.21	293.8	43.6	94.3	32.98
17	SCA-12	313	449.0	18.6	8.2	15.51	355.1	33.3	93.9	43.02
18	POUND-7	199	549.8	17.7	8.3	14.29	402.5	40.2	147.3	22.32
19	POUND-12	197	427.1	16.6	7.7	13.14	297.5	33.1	129.7	27.95
20	IMC-67	153	657.5	19.7	8.9	14.10	507.5	45.6	150.0	18.06
21	ICS-6	141	656.7	19.5	9.3	13.50	454.8	39.3	202.0	13.19
22	CATONGO	124	497.3	15.9	9.1	16.02	373.1	42.3	124.1	22.11
23	SPA-9	272	463.7	19.9	7.4	13.13	331.8	31.4	131.9	19.96
24	CC-18	128	519.7	16.8	8.9	13.28	357.1	36.6	162.6	17.25
	Media	188.17	545.9	18.8	8.6	14.4	405.1	36.2	140.8	20.6
	Máximo	347	793.3	20.5	9.8	20.7	654.5	45.6	202.0	43.0
	Mínimo	84	332.8	15.9	7.2	11.1	253.9	27.7	75.2	12.5
	Desviación estándar	70.35	115.7	1.3	0.7	2.2	98.5	4.9	29.4	6.7
	Coeficiente de variación	37.38	21.19	6.9	8.13	15.27	24.31	15.53	20.88	32.52

NOTA:

IM: Índice de mazorca (número de frutos necesarios para complementar un kilogramo de cacao seco y fermentado)

Fuente: autor

Al observar el cuadro 4, que presentan los resultados de la caracterización de los 24 clones de cacao se observa una alta variabilidad, ya que no existió ningún porcentaje de características que se presentaran invariables, esto es explicable, debido que el cacao es una planta alógama y en la flor presenta estructuras especiales que le hacen difícil la autopolinización o sea que es de polinización entomófila.

Para poder visualizar de una mejor manera los movimientos de las diferentes variables en estudio de los 24 clones de cacao se observa en las figuras siguientes los cuales muestran de forma gráfica las diferentes variaciones.

7.1.1 Peso promedio del fruto

El 50% de los materiales se encuentran en un rango de peso de 550 g a 800 g. En estos materiales destacan los materiales ecuatorianos: EET-48 y EET-95, costarricense: UF-613, peruano: IMC-67 y el trinitario: ICS-6. Entre los 24 materiales se registró una media de 545,9 g, desviación estándar de 115.7 y un coeficiente de variación de 21.19. Con el análisis de este carácter indica que los frutos que se perfilan como los más grandes y por consiguiente los superiores en cuanto a tamaño (Figura 16).

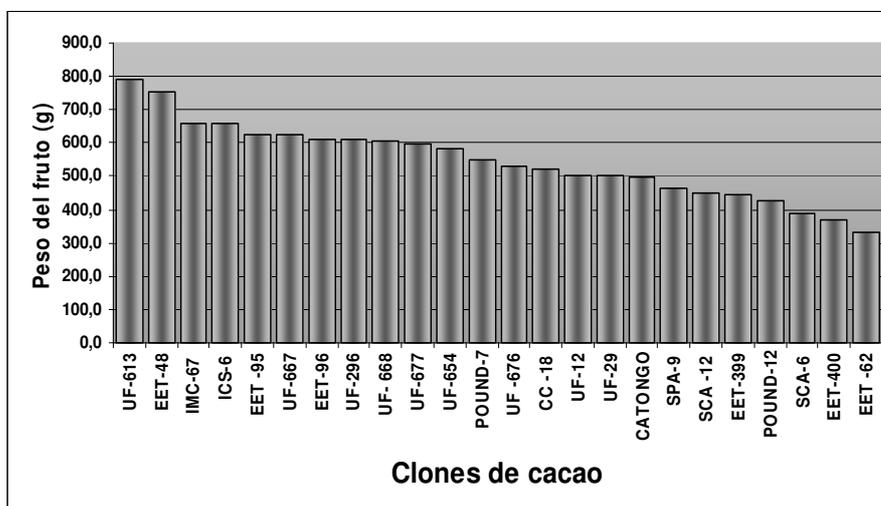


Figura 16. Peso promedio de frutos de 24 clones de cacao.
Fuente: autor

7.1.2 Longitud promedio del fruto

Al analizar la variable de la longitud promedio del fruto mostró una poca variación ya que más del 50% de los clones en estudio se encuentra en un rango de variación de 18 a 20 cm de longitud. Dentro de los cinco materiales que destacan en esta variable están:

UF-613, UF-668, EET-399, EET-48 y UF-676. La media general está en 18.8, desviación estándar de 1.3 y un coeficiente de variación de 6.9 (Figura 17).

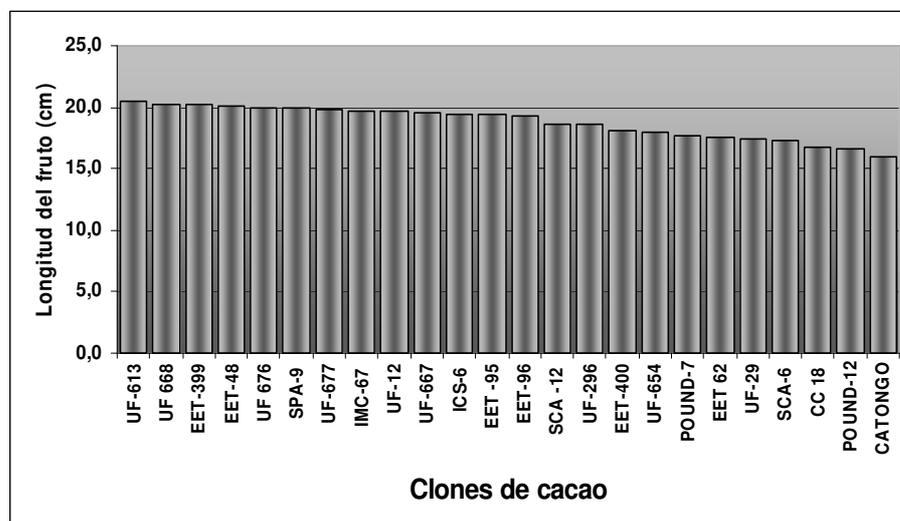


Figura 17. Longitud promedio de frutos de 24 clones de cacao.
Fuente: autor

7.1.3 Diámetro promedio del fruto

Dentro de los cinco frutos más anchos están: UF-613, EET-48, EET-95, EET-96 y ICS-6, que se encuentran dentro de un rango de variación de 8.5 a 10cm de diámetro. La media general en 8,6cm, desviación de 0.7 y un coeficiente de variación de 8.13 (Figura 18).

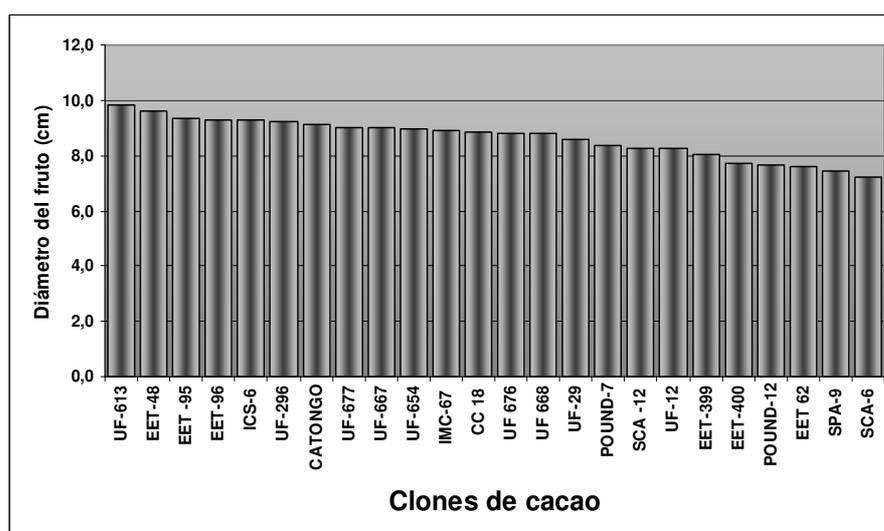


Figura 18. Diámetro promedio de frutos de 24 clones de cacao.
Fuente: autor

7.1.4 Grosor promedio de cáscara del fruto

Dentro de los frutos que tienen la cáscara más gruesa están: UF-613, EET-48, EET-95, EET-96, CATONGO y SCA-12. El rango de variación para estos materiales esta en 16 y 21mm aproximadamente. Con una media general de 14.4mm, desviación de 2.2 y un coeficiente de variación de 15.27 (Figura 19).

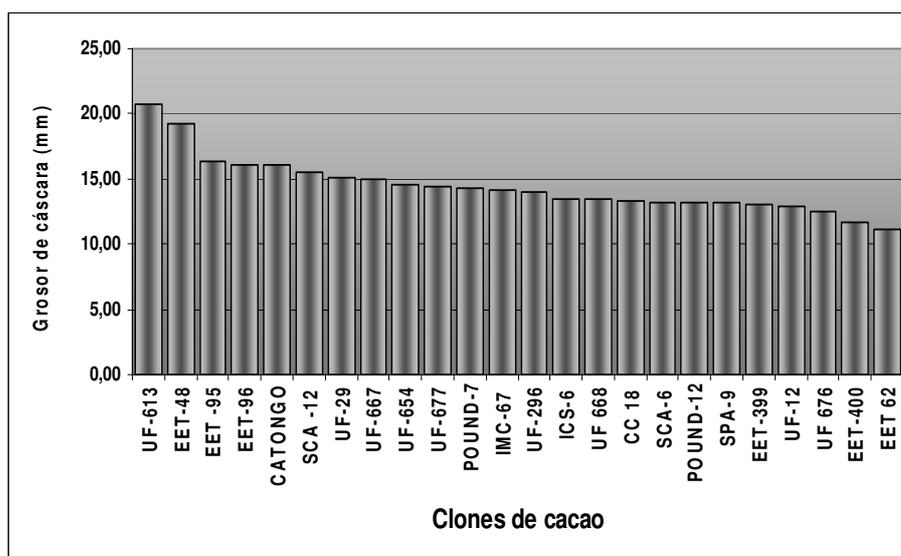


Figura 19. Grosor de cáscara del fruto promedio de frutos de 24 clones de cacao.
Fuente: autor

7.1.5 Peso promedio de cáscara y ráquis del fruto.

En la grafica de la figura 10, muestra los datos sobre el peso promedio de cáscara y ráquis de cada uno de los materiales. Los materiales UF-613, EET-48, IMC-67, EET-96 y EET-95, son los materiales que tienen un mayor peso en relación al grupo. Esto es importante ya que podemos deducir que los frutos con mayor grosor de cáscara tendrán un mayor peso de cáscara y ráquis. La media general está en 405,1g, con una desviación de 98.5 y un coeficiente de variación de 24.31.

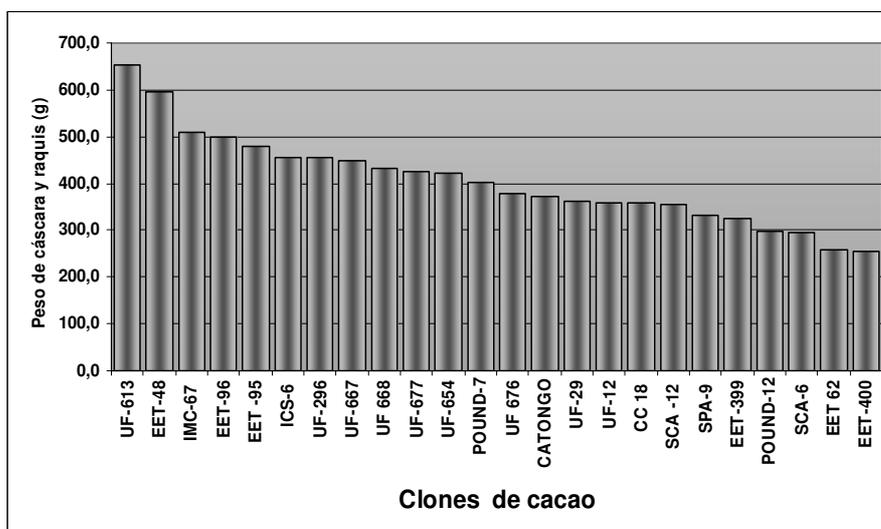


Figura 20. Peso de cáscara y ráquis promedio de frutos de 24 clones de cacao.
Fuente: autor

7.1.6 Número promedio de semillas por fruto

Se realizó el conteo de semillas de cada uno de los frutos de los diferentes clones en estudio, esta variable es una de las más importantes ya que lo que se aprovecha del cacao es la semilla. Dentro de los materiales que destacan tenemos los siguientes: IMC-67, SCA-12, CATONGO, EET-95 y UF-296. El rango de variación para estos materiales está entre 40 y 45 semillas/fruto. La media general está en 36, desviación de 4.9 y c.v. de 15.53 (Figura 21).

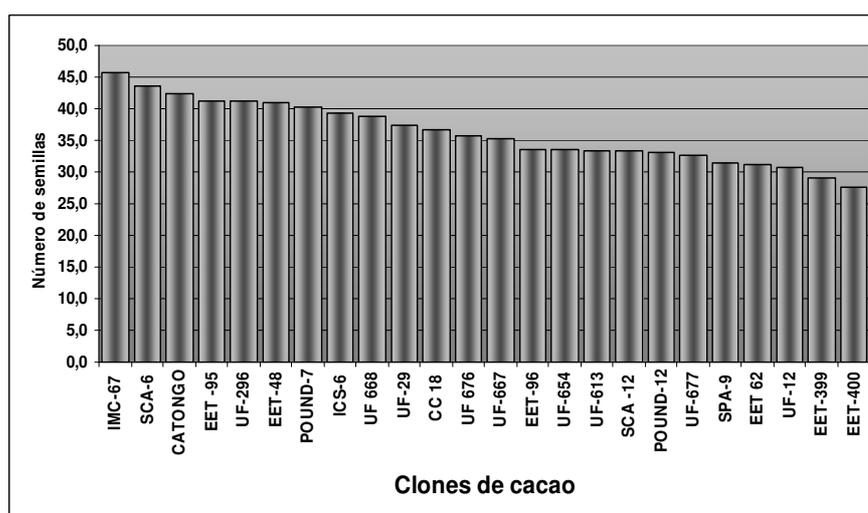


Figura 21. Número promedio de semillas de 24 clones de cacao.
Fuente: autor

7.1.7 Peso promedio de semilla fresca y mucílago.

El peso promedio de semilla fresca y mucílago no está relacionado precisamente con el número de semillas/fruto. El ejemplo está en que los materiales SCA-6 y CATONGO tienen un alto número de semillas/fruto, su peso es bajo, esto es debido a que en algunos materiales el número de semillas es alto pero el tamaño es muy pequeño. Dentro de los materiales que destacan están: ICS-6, UF-668, UF-667, UF-654 y el CC-18. La media está en 140,8g, con una desviación de 29.4 y un c.v. de 20.88 (Figura 22).

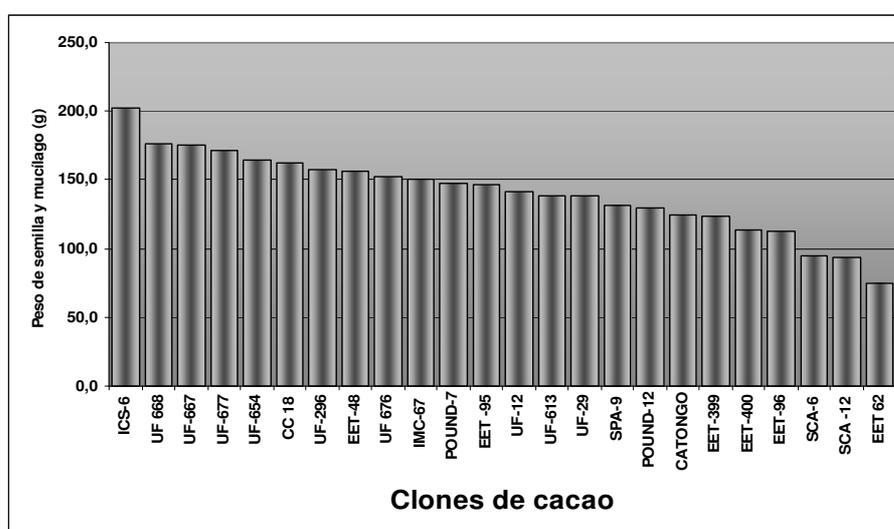


Figura 22. Peso fresco promedio de semillas y mucílago de 24 clones de cacao.
Fuente: autor

7.1.8 Índice de fruto

Este parámetro define la cantidad de frutos que se necesita para obtener un kilogramo de semilla seca y fermentada de cacao el cual puede ser utilizado para estimar la producción. Un índice adecuado de fruto no debería superar las 25 mazorcas. Los grupos formados por los trinitarios ICS; ecuatorianos EET-400, CCN-51 y los costarricenses UF-613 reportan un índice de fruta de 18 (Arciniegas, A., 2005).

A menor índice de fruta que presentan los distintos materiales en estudio mayor será su producción y productividad. El 50% de los materiales tienen un índice de fruto que va de 13 a 20 frutos. Con este parámetro confirmar en que en algunos frutos tiene muy buen número de semillas (SCA-6), pero son muy pequeñas y al revisar su índice de fruto es uno de los más altos 34. La media está en 20.6, desviación de 6.7 y un c. v. de 32.62 (Figura 23).

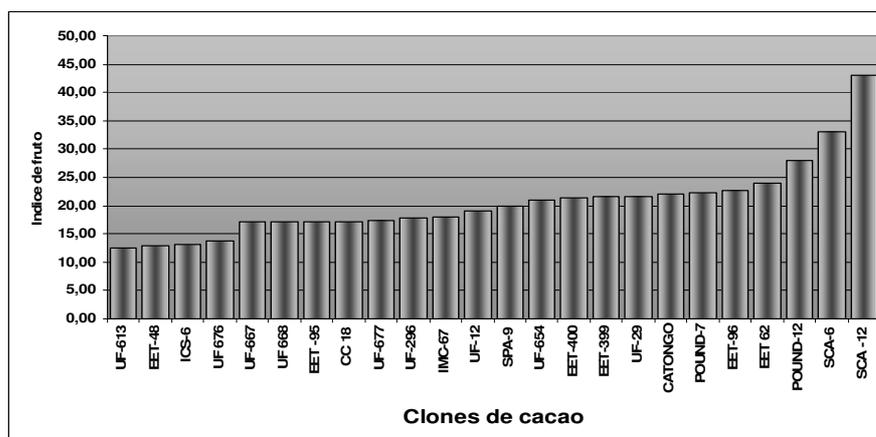


Figura 23. Índice de mazorca de 24 clones de cacao.

Fuente: autor

7.1.9 Total de frutos cosechados

En este parámetro se contabilizaron los frutos sanos y enfermos. Es uno de las variables de mayor importancia ya que en algunos materiales presentan muy buenas características agronómicas pero producen muy pocos frutos. Dentro de estos podemos citar al material UF-613, que tiene uno de los mejores índices de fruto, en cuanto a longitud, diámetro, y peso es uno de los que más se destaca pero la producción de frutos es muy baja 85. La media general está en 188, desviación estándar 70.35, c. v. 37 (Figura 24).

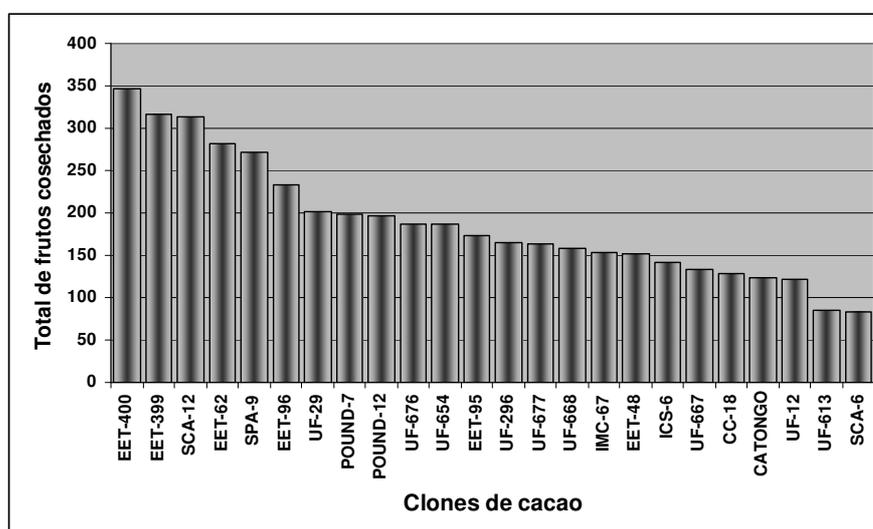


Figura 24. Total de frutos cosechados.

Fuente: autor

7.1.10 Descripción de los síntomas

Se observaron manchas de forma irregular en frutos, hojas y flores del cultivo de cacao. Al avanzar la enfermedad se pudo observar la presencia de una zona perimetral blanquecina que es el desarrollo de los micelios del oomiceto. Estando ya el hongo en un estado avanzado se observó cómo llega a necrosar la lámina foliar de las hojas y momificar los frutos (Ver figura 25).

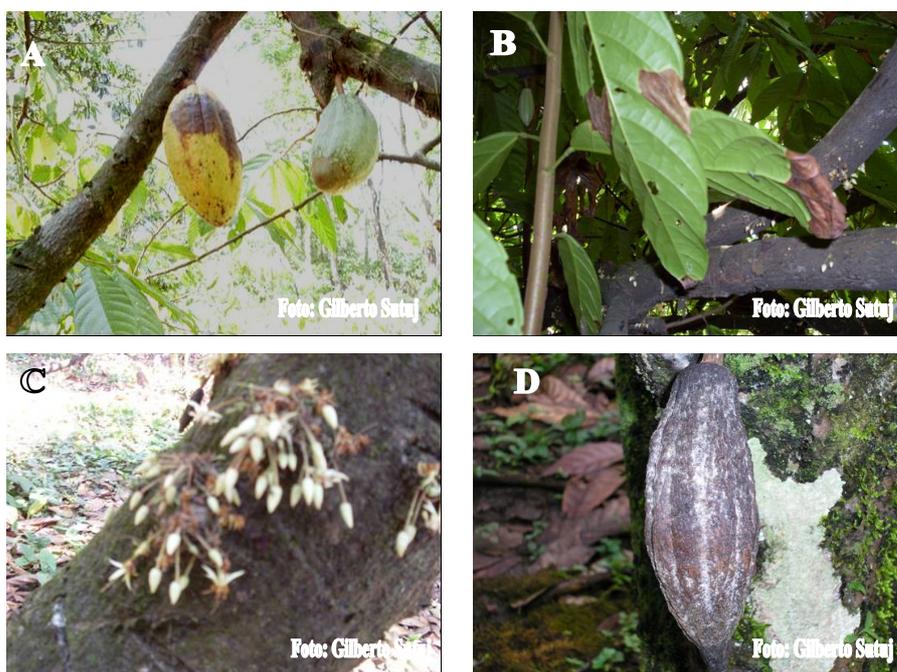


Figura 25. Infección del agente *P. palmivora* Butler en diferentes partes del árbol de cacao. **A.** Fruto infectado por *P. palmivora* Butler. **B.** Hojas infectadas por *P. palmivora* Butler. **C.** Flores infectadas por *P. palmivora* Butler. **D.** Frutos momificados por *P. palmivora* Butler.

7. 1.11 Descripción de signos

De acuerdo con las observaciones de las manchas negras y presencia de una zona perimetral blanquecina que es el desarrollo de los micelios del oomiceto sobre la superficie del fruto de cacao se realizaron montajes en el laboratorio de Fitopatología de de Facultad de Agronomía (FAUSAC) y según el análisis bajo el microscopio permitió apreciar los esporangios tipo ovoide, papilado y con pedicelo corto típico de *P. palmivora* Butler, coincide con los signos que presentan en las hojas y flores afectada por este agente.

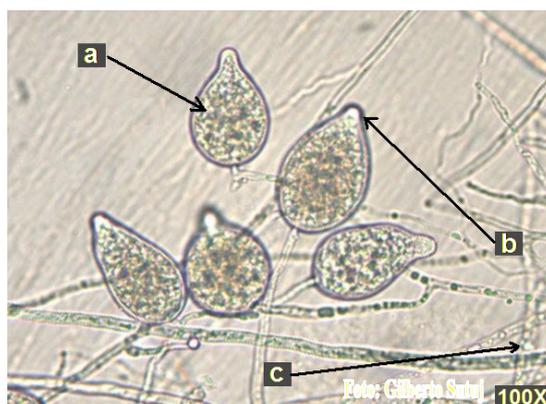


Figura 26. *Phytophthora palmivora* Butler² aislado en fruto de cacao.

A. Esporangio tipo ovoide con pedicelo corto, **B.** Esporangio papilado y **C.** Abundante micelio cenocítico.

7.1.12 Evaluación de la incidencia de la mazorca negra

Los parámetros que fueron evaluados para determinar la incidencia de la mazorca negra fueron: frutos sanos/árbol, frutos enfermos/árbol causados por el Oomiceto *P. palmivora* Butler. Estas variables se describen en el Cuadro 4, donde también se incluye los valores máximos y mínimos.

Cuadro 5. Incidencia de la mazorca negra en cacao.

	Nombre de clones	Número de frutos Sanos	Número de frutos enfermos	Total de frutos cosechados	Incidencia %
1	CC-18	65	63	128	49.2
2	ICS-6	73	68	141	48.2
3	UF-676	109	78	187	41.7
4	EET-62	173	108	281	38.4
5	UF-677	104	60	164	36.6
6	POUND-7	129	70	199	35.2
7	UF-654	126	61	187	32.6
8	UF-12	83	39	122	32.0
9	CATONGO	85	39	124	31.5
10	EET-399	220	96	316	30.4
11	EET-96	172	61	233	26.2
12	POUND-12	146	51	197	25.9
13	IMC-67	114	39	153	25.5
14	EET-48	113	38	151	25.2
15	UF-296	124	41	165	24.8
16	EET-95	131	43	174	24.7
17	UF-667	102	32	134	23.9
18	UF-668	122	36	158	22.8
19	EET-400	271	76	347	21.9
20	SCA-12	247	66	313	21.1
21	UF-29	160	41	201	20.4
22	UF-613	69	16	85	18.8
23	SCA-6	72	12	84	14.3
24	SPA-9	246	26	272	9.60
	Máximo	271.0	108.0	347	49.2
	Mínimo	65.0	12.0	84	9.60

Fuente: autor

² Confirmación personal realizada por Dr. Luis Alvarez Bernaola, de la Universidad Politécnica de Valencia durante el desarrollo del curso taller "Muestreo, aislamiento y caracterización de Oomicetos" impartido del 18 al 23 de Marzo del 2007, en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En los diferentes materiales evaluados el porcentaje de incidencia se encuentra entre un rango de variación de 10 y 49%.

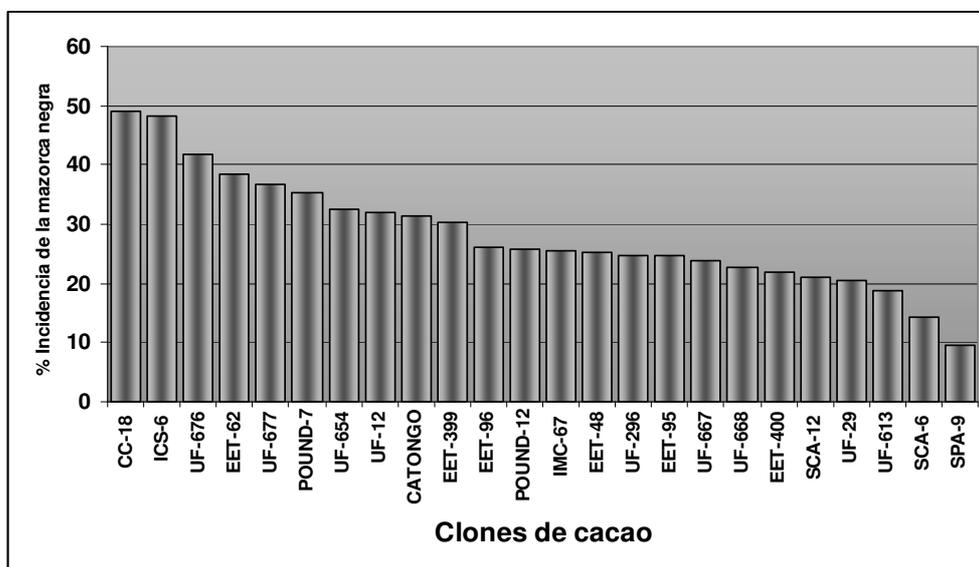


Figura 27. Incidencia de *P. palmivora* Butler de 24 clones de cacao.
Fuente: autor

En la incidencia de *Phytophthora palmivora* Butler no existe ningún material que sea inmune si bien es cierto que en algunos materiales incide más que otros, el clon SPA-9 sobresale mostrando algún tipo de resistencia. Dentro de los cinco materiales que la enfermedad incide menos están: SPA-9, SCA-6, UF-613, UF-29 y el SCA-12 (Figura 13).

Se han identificado como clones resistentes al SCA-6, SCA-12, CATONGO, Pound-7, CC- 42, EET-59, UF-667 y UF-613 entre otros, sin embargo, la existencia de la mutación en el patógeno, la zona donde estén los cultivares establecidos y el método con el cual se evaluaron los materiales han hecho que se encuentren diferencias entre autores en relación con el nivel de resistencia de los materiales (Enrriquez, G., 1985).

7.1.13 Evaluación de variables cualitativas del fruto

El Cuadro 3, muestra los resultados obtenidos de la evaluación de cuatro variables cualitativas del fruto y de la semilla fresca: forma de la mazorca, rugosidad del mesocarpio, color del fruto maduro.

Cuadro 6. Evaluación de 24 clones de cacao: variables cualitativas del fruto y semilla.

	Clones	Color del fruto maduro	Rugosidad fruto	Forma fruto	Color semilla fresca
1	UF-613	Rojo amarillo	Ligeramente rugoso	Angoleta	Púrpura
2	UF-296	Rojo amarillo	Ligeramente rugoso	Amelonado	Púrpura
3	UF-29	Amarillo	Rugoso	Amelonado	Púrpura
4	UF-12	Amarillo	Rugoso	Cundeamor	Púrpura
5	UF 676	Amarillo	Rugoso	Amelonado	Púrpura
6	UF-654	Rojo amarillo	Rugoso	Angoleta	Púrpura
7	UF 668	Amarillo	Rugoso	Cundeamor	Púrpura
8	UF-667	Rojo amarillo	Rugoso	Angoleta	Púrpura
9	UF-677	Amarillo	Rugoso	Cundeamor	Púrpura
10	EET-48	Amarillo	Rugoso	Amelonado	Púrpura
11	EET-96	Amarillo	Rugoso	Amelonado	Púrpura
12	EET-399	Amarillo	Muy rugoso	Cundeamor	Púrpura
13	EET -95	Amarillo	Rugoso	Amelonado	Púrpura
14	EET-400	Amarillo	Rugoso	Angoleta	Púrpura
15	EET 62	Amarillo	Ligeramente rugoso	Angoleta	Púrpura
16	SCA-6	Amarillo	Rugoso	Angoleta	Púrpura
17	SCA -12	Amarillo	Rugoso	Angoleta	Púrpura
18	POUND-7	Amarillo	Rugoso	Angoleta	Púrpura
19	POUND-12	Amarillo	Ligeramente rugoso	Angoleta	Púrpura
20	IMC-67	Amarillo	Ligeramente rugoso	Angoleta	Púrpura
21	ICS-6	Amarillo	Rugoso	Angoleta	Púrpura
22	CATONGO	Amarillo	Liso	Calabacillo	Púrpura
23	SPA-9	Amarillo	Muy rugoso	Angoleta	Púrpura
24	CC 18	Amarillo	Rugoso	Angoleta	Púrpura
		83% amarillo	67% rugoso	54% angoleta	100% púrpura
		17% rojo amarillo	21% ligeramente rugoso	25% amelonado	
			8% muy rugoso	17% cundeamor	
			4% liso	4% calabacillo	

Fuente: autor

En las variables cualitativas la coloración del fruto va de amarillo a rojo amarillo, es importante mencionar que el color de la fruta varía en distintas tonalidades en el mismo fruto pero se tomó en cuenta el color predominante. En la mayoría de los genotipos evaluados poseen en promedio frutos de una coloración amarilla cuando alcanzan su madurez fisiológica (83%), con una superficie rugosa (67%), con forma angoleta (54%), en el color de la semilla fresca todos fueron púrpura (100%).

7.1.14 Discusión general de los materiales sobresalientes.

Dentro de las variables más relevantes del estudio que aportaron los criterios para la selección de los clones que se perfilan como sobresalientes están en orden de importancia: a) parámetros agronómicos: número de frutos cosechados, índice de fruto y el % de incidencia a la mazorca negra *Phytophthora palmivora* Butler. b) parámetros morfológicos en fruto: peso, longitud y diámetro. En semilla: número de semillas/fruto y peso fresco. Estos criterios de selección se establecieron en base a aquellas variables que tienen una relación lógica con el rendimiento.

Los clones que se perfilan como los mejores se agrupan en: ecuatorianos (EET-48, EET-95, EET-399, EET-96, EET-400 y EET-62), costarricenses (UF-676 y UF-677), colombiano (SPA-9) y trinitario (ICS-6).

a) EET-400: es originario de Pichilingue Ecuador; fue seleccionado por EET Departamento Patología en los años de 1952-57, fue seleccionado por J. F. Pound en el año 1938; el tipo genético es Híbrido (descendencia de Silecia-1 a libre polinización); fue descrito por G. A. Enríquez C., en 1965.

Dentro de las características que lo distinguen están: es un fruto de color amarillo cuando alcanza su madurez fisiológica, de forma angoleta, con una superficie rugosa, el número de semillas es de 28, de porte mediano ya que en los parámetros morfológicos en fruto: peso 367g, largo 18cm y diámetro 7.7cm no superan a las medias generales de todos los materiales en estudio. Dentro de los parámetros agronómicos están: % de incidencia de *P. palmivora* Butler 22%, índice de fruto 21, número de frutos cosechados 347 (ver cuadro 7).



Figura 28. Arquitectura del árbol y fruto del material ecuatoriano EET-400.

b) EET-399: También se le conoce con el nombre de Selección de patología su origen es Estación Experimental Tropical de Pichilingue, Los Ríos, Quevedo, Ecuador, colección no privada fue seleccionado por el departamento de patología de la Estación Experimental de Pichilingue en el año de 1952; polinización libre, el tipo genético es un híbrido (descendencia de polinización libre Silecia-1), es autoincompatible, habilidad combinatoria; la primera descripción la realizó G. A. Enríquez C., en el mes de agosto de 1965 y la segunda fue hecha en el mes de noviembre de 1979.

Es uno de los materiales que tiene un fruto amarillo, de superficie muy rugoso, de forma angoleta, color de la semilla húmeda púrpura, con un número de semilla 29, de porte mediano ya que en los parámetros morfológicos en fruto: peso 447g, largo 20cm, 9cm de diámetro, grosor de cáscara 13mm no supera las medias generales de los materiales en estudio. Dentro de los parámetros agronómicos están: incidencia de *P. palmivora* Butler 30%, índice de fruto de 23, número de frutos cosechados 316. Al observar el cuadro 7, este material sobresale como uno de los materiales que produjo más con 2.9 kg cacao seco/árbol.



Figura 29. Arquitectura del árbol y fruto del material ecuatoriano EET-399.

c) EET-62: este material se caracteriza por tener un fruto de color amarillo, con una superficie ligeramente rugosa, de forma angoleta, con un número de semilla de 31, de porte mediano ya al observar los parámetros morfológicos en fruto: peso 333g, largo 18cm, diámetro 8cm, grosor de cáscara de 11mm que están por debajo de las medias generales. En los parámetros agronómicos registra lo siguiente: incidencia *P. palmivora* Butler 42%, índice de fruto 24, número de frutos cosechados 281, kg cacao seco/árbol 2.3.



Figura 30. Arquitectura del árbol y fruto del material ecuatoriano EET-62.

d) EET-48: En otros lugares se le conoce con el nombre de Santa Rosa-34, su origen es la Hacienda Santa Rosa, Los Ríos, Quevedo, Ecuador, es una colección privada fue seleccionado por Estación Experimental Tropical de Pichilingue en el año de 1944 al 45, de polinización libre, el tipo genético es un híbrido (nacional x desconocido), clon autoincompatible con una buena habilidad de combinación; primera descripción lo hizo G. A. Enríquez, en el mes de julio de 1980.

Este material se caracteriza por tener un fruto con una superficie rugosa, de forma amelonada, de color amarillo, púrpura el color de la semilla húmeda, con un muy buen número de semillas 41 que supera a la media general que es de 36. Es un fruto grande 753g de peso, 20cm de largo, 10cm de diámetro, 19mm grueso de cáscara, que supera a las medias generales del estudio. En los parámetros agronómicos registra lo siguiente: 25% de incidencia de *P. Palmivora* Butler, 13 índice de fruto, 151 frutos cosechados y 2.3 kg de cacao seco/árbol.



Figura 31. Arquitectura del árbol y fruto del materia ecuatoriano EET-48.

e) **EET-96:** este es un material ecuatoriano que tiene en el fruto las características siguientes: superficie rugosa, color amarillo, forma amelonada. Es un fruto grande con un peso de 612g, longitud de 19cm, diámetro de 9.3cm, grosor de cáscara 16mm, número de semillas 34 que supera a las medias generales del estudio. En los parámetros agronómicos registra lo siguiente: 26% de incidencia de *P. Palmivora* Butler, 23 índice de fruto, 233 frutos cosechados, y 2 kg de cacao seco/árbol.



Foto: Gilberto Sotuj



Foto: Gilberto Sotuj

Figura 32. Arquitectura del árbol y fruto del material ecuatoriano EET-96.

f) **EET-95:** es originario de Ecuador; tipo genético es un híbrido (Nacional) se desconoce cuándo y por quién fue descrito (Enríquez, G., 1967).

En el fruto tiene las siguientes características: superficie rugosa, color amarillo, forma amelonada. Es un fruto relativamente grande en relación a los demás materiales en estudio, con un peso de 627g, largo 19cm, diámetro 9.3cm, grosor de cáscara 16mm, número de semillas 41; estos caracteres superan a las medias generales. En los parámetros agronómicos se tiene lo siguiente: 25% de incidencia de *P. palmivora* Butler, 17 índice de fruto, 174 frutos cosechados, 2 kg de cacao seco/árbol.



Foto: Gilberto Sotuj



Foto: Gilberto Sotuj

Figura 33. Arquitectura del árbol y fruto del material ecuatoriano EET-95.

g) UF-676: Es un material costarricense con las siguientes características en fruto: color amarillo, superficie rugosa, forma amelonada. Es un fruto mediano con 531g de peso, 20cm de largo, 9cm de largo, 12mm de grosor de cáscara, número de semillas 36. En relación a las variables agronómicas registra lo siguiente: 42% de incidencia de *P. palmivora* Butler, 14 índice de fruto, 187 frutos cosechados, 2.7 kg de cacao seco/árbol.



Figura 34. Arquitectura del árbol y fruto del material costarricense UF-676.

h) UF-677: También se le conoce con el nombre de EET-9 originario en la zona atlántica de Costa Rica, fue seleccionado por la United Fruit Company, colección privada y fue seleccionado en el mes de junio de 1978, no tiene buena habilidad combinatoria (Enríquez, G., 1967).

Este material se caracteriza por tener una superficie rugosa, color amarillo, forma angoleta. Es un fruto grande en relación al grupo de estudio con peso de 597g, largo de 20cm, diámetro 9cm, grosor de cáscara de 14mm, número de semillas 33. En las variables agronómicas registra: 37% de incidencia de *P. palmivora* Butler, 17 índice de fruto, 164 frutos cosechados, 1.9 kg cacao seco/árbol.



Figura 35. Arquitectura del árbol y fruto del material costarricense UF-677.

i) SPA-9: es originario de Colombia; fue seleccionado por J. F. Pound (se desconoce el año); fue descrito por G. A. Enríquez C., en 1966; el tipo genético es Amazónico.

Este material tiene un fruto de color amarillo, con una superficie muy rugosa, forma angoleta. Es un fruto pequeño con 464g de peso, largo de 20cm, diámetro 7cm, grosor de cáscara de 13mm, número de semillas 31. Se escogió como uno de los diez materiales sobresalientes del estudio ya que tiene una muy buena producción de frutos 272, un índice de fruto de 20, y la producción de cacao seco/árbol es de 2.7kg, pero sobre todo es uno de los materiales que mostró una menor incidencia al ataque de la mazorca negra con un 10% de incidencia.



Figura 36. Arquitectura del árbol y fruto del material colombiano SPA-9.

j) ICS-6: También se le conoce con el nombre de EET-275, su origen es River Estate, Trinidad, el tipo genético es un híbrido desconocido, la descripción lo realizó G. A. Enríquez C., en 1966. Fue seleccionado por J. F. Pound en el año 1931.

El material trinitario es uno de los frutos más grandes y pesados del estudio ya que el peso está en 650 g arriba de la media 545g, con longitud de 18cm y diámetro 9cm. Al analizar las variables de rendimiento presentan características sobresalientes de producción. El índice de fruta está en 14, el peso de semilla húmeda 200g, número de semillas de 39, número de frutos cosechados 140 y una incidencia a *P. palmivora* Butler 47%. Este material se incluye en la lista de los materiales sobresalientes a pesar que presentan un alto % de incidencia a la mazorca negra. Al analizar las variables de rendimiento (kg de cacao/árbol, índice de fruta, total de frutos cosechados), sobresale como uno de los materiales con más rendimiento y mayor productividad. Con un adecuado manejo agronómico se puede bajar el % de la incidencia de la mazorca negra.



Figura 37. Arquitectura del árbol y fruto del material trinitario ICS-6.

De este grupo se destacó el material SCA-12 no se incluye pues presenta alto rendimiento (alto número de frutos, alto número de semillas, baja incidencia de *P. palmivora*) pero presenta semilla pequeña. Al igual que el material costarricense UF-613, posee muy características agronómicas pero produce muy pocos frutos.

La compatibilidad que existe entre los clones es otro de los factores a tomar en consideración para la selección de los materiales. Estudios realizados por (Enríquez de Leon, M. 1999), demuestran que los clones:

EET-48, es autoincompatible y de cruce compatible con los clones SCA-12, UF-668 y UF-677, SCA-12, es autoincompatible y de cruce compatible con los clones EET-399, UF-668 y UF-677. EET-668, es autoincompatible y de cruce compatible con los clones EET-48 y SCA-12. UF-667, es autoincompatible y de cruce compatible con los clones EET-48 y SCA-12. De cruce incompatible con el clon UF-668.

Cuadro 7. Clones de cacao seleccionado según sus características agronómicas.

	Clones	Kg cacao seco/árbol	Total frutos cosechados	Índice fruto	% Incidencia
1	EET-400	3,3	347	21,3	21,9
2	EET-399	2,9	316	21,5	30,4
3	SPA-9	2,7	272	20,0	9,6
4	UF-676	2,7	187	13,8	41,7
5	EET-62	2,3	281	23,9	38,4
6	EET-48	2,3	151	13,0	25,2
7	ICS-6	2,1	141	13,2	48,2
8	EET-96	2,0	233	22,8	26,2
9	EET-95	2,0	174	17,2	24,7
10	UF-677	1,9	164	17,4	36,6

Fuente: autor

8. Conclusiones

Los 24 materiales de cacao *Theobroma cacao* L. estudiados que se encuentran en el "Jardín clonal del CATBUL", presentan variabilidad en cuanto a sus características agronómicas, ya que no existió características que se repitiesen en algún porcentaje esto implica la existencia una variabilidad genética que se expresa en las variables mencionadas.

Los materiales que presentan características agronómicas sobresalientes son los siguientes: el grupo formado por los ecuatorianos: EET-48, EET-95, EET-400, EET-399, EET-96 y EET-62 el grupo de los costarricenses: UF-676 y UF-677; el colombiano: SPA-9 y el trinitario ICS-6. Estos materiales presentan las mejores características, es decir presentan un alto número de semillas/fruto, alto índice de mazorca, un número de frutos/clon aceptable, una mediana a baja incidencia de la mazorca negra.

El rango de variación de de la incidencia de *Phytophthora palmivora* Butler esta en entre un 10 y un 50%. Entre los materiales que presentaron menor incidencia están: SPA-9, SCA-6, SCA-12, UF-613 y UF-29 con un 10 a 20%.

9. Recomendaciones

Se recomienda continuar efectuando estudios en cacao en el tema de polinización y *Phytophthora palmivora* Butler en el CATBUL.

Se recomienda multiplicar los materiales que presentaron buenas características agronómicas los ecuatorianos: EET-48, EET-95, EET-400, EET-399, EET-96 y EET-62; los costarricenses: UF-676 y UF-677; el colombiano SPA-9; y el trinitario ICS-6 por medio de propagación vegetativa, con el fin de asegurar la conservación genética que muestran estos materiales.

Evaluar la reacción a la mazorca negra *P. palmivora* Butler, mediante métodos de inoculación artificial, para corroborar la pre-selección de genotipos que se ha realizado por incidencia natural.

10. Bibliografía

1. AGEXPRONT (Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales, GT). 2000. Manual del cultivo del cacao. Guatemala. 82 p.
2. Agrios, GN. 2005. Plant pathology. 5 ed. New York, US, Academic Press. 922 p.
3. Ainsworth, GC; Sparrow, FK; Sussman, AS. 1973. The fungi volume IVB: a taxonomic review with keys: Basidiomycetes and lower fungi. New York, US, Academic Press. p. 165-167.
4. Arciniegas Leal, AM. 2005. Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genético del CATIE (en line). Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 4-99. Consultado 20 jun 2007. Disponible en:
http://www.google.com.gt/search?hl=es&q=cacao*arciniegas+leal&lr
5. Browlin, CN. 1988. Manual de productos básicos: cacao, guía del comerciante. España, Centro de Comercio Internacional. 190 p.
6. CAB International, UK. 2007. Crop protection compendium. Wallingford, UK. 3 CD.
7. Contreras, JR. 1989. Trabajos de investigación de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá, San Miguel Panán, Suchitepéquez. *In* Informes de investigaciones 1988-1989. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas. p. 24-37.
8. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
9. Engels, SM. 1981. Descriptores de cacao (*Theobroma cacao* L.). Turrialba, Costa Rica, IICA. 23 p.
10. Enríquez, GA. 1966. Selección y estudio de las características de la flor, la hoja y mazorca, útiles para la identificación y descripción de cultivares de cacao. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 97 p.
11. _____. 1967. Catálogo de cultivares de cacao. Turrialba, Costa Rica, IICA. s.p.
12. _____. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 233 p.
13. _____. 2004. Cacao Orgánico: Guía para productores ecuatorianos. Quito, EC. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. 360 p. (Manual 54).

14. Enríquez De León, M. 1999. Determinación de la compactibilidad entre seis clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá, San Miguel Panán Suchitepéquez, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, FAUSAC. 45 p.
15. Gatica, M. 1994. Caracterización agromorfológica de 13 híbridos y 7 clones de cacao (*Theobroma cacao* L) en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá, San Miguel Panán Suchitepéquez, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, FAUSAC. 77 p.
16. IICA, NI. 1982. El cacao. Managua, Nicaragua, Ministerio de Desarrollo Agrario. 61 p.
17. INTECAP (Instituto Nacional de Tecnología y Productividad, GT). 1981. Manual del cultivo racional y beneficiado del cacao. Guatemala, INTECAP, División Agropecuaria. 8 p.
18. León, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Costa Rica, LIL. 445 p.
19. NCBI (National Center for Biotechnology Information, US). 2007. Taxonomy of cacao (en línea). US. Consultado 6 feb 2009. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy>
20. Phillips-Galindo, JJ. 1989. Métodos de inoculación y evaluación de la resistencia a *Phytophthora palmivora* Butler, en frutos de cacao (*Theobroma cacao* L.). Turrialba 39(4):488-496.
21. Sánchez, J. 1988. Curso de cacao. San Pedro Sula, Honduras, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. 159 p.
22. Soria, VJ. 1966. Obtención de clones de cacao por el método de índices de selección. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 124 p.

11. Anexos

Anexo 1. Claves taxonómicas para la identificación de *Phytophthora* (Ainsworth, G. et al, 1973)³

KEY TO THE FAMILIES OF PERONOSPORALES

Obligate parasites of plants with unbranched, clavate sporangiophores, each bearing a basipetal chain of deciduous sporangia in dense subepidermal clusters, forming on the host white or creamish sori, eventually erupting with the shedding of the sporangia; oogonial periplasm persistent and conspicuous; haustoria knoblike

..... **Albuginaceae (Albugo)**

White blister: *A. candida*, worldwide on Cruciferae; *A. tragopogonis*. common on Compositae; *A. bliti* on Amaranthaceae and *A. ipornoepanduratae* on Convolvulaceae, more common in the tropics.

Obligate parasites of plants with branched treelike sporangiophores or conidiophores of determinate growth (no subsporangial regrowth), differentiated from the mycelium, emerging singly or in tufts from the epidermis usually via the stomata, producing sporangia or conidia singly at the branch tips: periplasm persistent and conspicuous: haustoria varied, usually branched

..... **Peronosporaceae**

Nonobligate parasites or saprobes: sporangiophores or conidiophores usually undifferentiated from the mycelium, branched, indeterminate, resuming growth after the production of a sporangium or conidium either from below or within the previous empty sporangium; periplasm a thin layer or absent; haustoria absent or branched.....

..... **Pythiaceae**

³ Actualmente pertenece al Reino: Chromista, esta clave utiliza el sistema de clasificación de Ainsworth, de 1973.

KEY TO THE PYTHIACEAE

1. Asexual spores spiny, spherical (av. 35 mm diam.), apical on ordinary hyphae, germinating by tubes; antheridia amphigynous, oogonial wall bullate.....**Trachysphaera**
Trachysphaerafructigena, pod rot of cacao and other tropical fruits.
- 1'. Asexual spores smooth, elongated transversely to the growing axis, on verticillate sporophores, germinating by zoospores or hyphae**Diasporangium**
- 1". Neither of these combinations of characters.....**2**
- 2(1") Sporangia usually ovoid or obpyriform with a distinct apical emission zone (thickening or papilla); protoplasm fashioned into zoospores before emission or nearly so; zoospores dispersing quickly, vesicle, if formed, quickly evanescent**3**
- 2'(1") Sporangia filamentous, inflated hyphal. spherical, ovoid or occasionally obpyriform; protoplasm emerging almost or completely undifferentiated into a spherical vesicle usually at the tip of a short discharge tube and remaining at the orifice for some minutes; zoospores formed in the vesicle; antheridia always paragynous; oogonia smooth or spiny; oospore plerotic or aplerotic.....**Pythium**
Pythium ultimum and *P. irregulare* (common causes of damping-off and root rots), *P. aphanidermatum*, *P. graminicola* and *P. arrhenomanes* (commoner in warmer areas as root rot organisms); true *P. debaryanum* is rare. Most species are soil inhabiting, e.g., *P. intermedium*, *P. oligandrum*, or aquatic, e.g., *P. middletonii*, *P. undulatum*.
- 2"(1") Sporangia usually elongated transversely; protoplasm emerging via a long discharge tube into an elongated vesicle or naked; zoospores fashioned in the external medium; proliferating through the empty sporangium; antheridia paragynous; oogonia smooth: aquatic.....**Pythiogeton**
- 3(2) Antheridia amphigynous or paragynous; oogonia smooth or occasionally ornamented (never spiny); oospore aplerotic.....**Phytophthora**
Phytophthora infestans (late blight of potato and tomato and other Solananceae); *P. palmivora* (cacao black pod and diseases of rubber and other tropical crops); *P. cactorum*, *P. cinnamomi*, *P. megasperma*, and *P. nicotianae* and its var. *parasitica* (all widespread on many hosts). All species are parasitic, attacking most world crop plants, often with more than one species on a crop.
- 3'(2) Antheridia always paragynous; oogonial wall fused with the oospore and ornamented; oospore plerotic.....**Sclerophthora**
 All on Gramineae. *S. macrospora* widespread on cereals.

KEY TO THE PERONOSPORACEAE (DOWNY MILDEWS)

1. Primary aerial sporophore emerging from host surface a stout trunk 10 μm or more broad, usually 15-25 μm ; oogonial wall thick and rough or ornamented**2**
- 1'. Primary emergent sporophore narrow, not more than 15 μm . usually 8-10 μm broad; oogonial wall, except in *Bremiella*, unornamented.....**3**
- 2(1) Sporophore unbranched, apex with short sterigmata bearing papillate sporangia germinating by zoospores; oospore aplerotic.....**Basidiophora**
- 2'(1) Sporophore repeatedly (2-3) times dichotomously branched in the upper part, spores usually nonpapillate germinating by zoospores or germ tube; oospore plerotic **Sclerospora**
All on Gramineae: *S. graminicola* on sorghums, millets, maize, and grasses; *S. sacchari* and *S. spontanea* on sugar cane; *S. maydis*, *S. philippinensis*, and *S. sorghi* on maize and sorghum.
- 3(1') Spore wall uniformly thick (nonporoid), germination only by a germ tube emerging at any point on the surface.....**Peronospora**
P. parasitica (on crucifers); *P. tabacina* (or *P. hyoscyami*) on tobacco (blue mold); *P. viciae* on peas, beans, lucerne, and vetches; *P. farinosa* on spinach and beet; *P. destructor* on leeks and other alliums.
- 3'(1') Spore wall poroid, germination by zoospores or plasma emerging through an apical pore with or without a papilla..... **4**
- 4(3') Secondary and later branches of the sporophore at right angles to the axis or nearly so, tips blunt.....**Plasmopara**
Plasmopara viticola widespread on grape vine, *P. nivea* widespread on Umbelliferae, *P. australis* on cucurbits in warm areas. *P. halstedii* on Compositae (sunflower).
- 4'(3') Branches arising at acute angles**5**
- 5(4') Tips of branches acute.....**Pseudoperonospora**
Pseudoperonospora cubensis on cucurbits, *P. humuli* on hops.
- 5'(4') Tips of branches much enlarged and bearing 3 or 4 peripheral sterigmata; oogonial wall and oospore wall rather thin and unornamented..... **Bremia**
Bremia lactucae on lettuce.
- 5''(4') Tips of branches blunt and slightly enlarged; oogonial wall thick and ornamented... .
..... **Bremiella**
Bremiella megasperma on *Viola*.

CAPÍTULO III

SERVICIOS

Servicios realizados en el Centro Experimental Tropical Bulbuxyá-CATBUL-, San Miguel Panán, Suchitepéquez.

1. Presentación

El Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá-CATBUL propiedad del Lic. Flavio Herrera que donó a la Universidad de San Carlos de Guatemala en el año de 1969, administrada por la Facultad de Agronomía, para el manejo y desarrollo de programas de investigación y docencia, cuenta con diferentes actividades agrícolas y por diversas razones cuenta con problemas que pueden resolverse a corto y mediano plazo.

La presentación de servicios es parte coyuntural del ejercicio profesional supervisado EPSA, donde se preparan los proyectos a ejecutar, después de la detección de los problemas en el diagnóstico ha permitido solucionar algunos problemas enfocándolos y priorizando las causas y los efectos que tendrán en la institución.

En el área del “Jardín clonal” donde se encuentran los 25 materiales de cacao (clones) los rótulos que los identifican se encuentra en un estado de deterioro avanzado. Siendo esto uno de los más importantes en el área de investigación, en donde se tomó como una oportunidad de servicio de rotulación para la identificación con el nombre y lugar de procedencia de cada uno de los materiales que forman parte de la colección de cacao.

El segundo servicio consistió en la elaboración de un semillero de cacao híbrido, con la finalidad de aprovechar los recursos que brinda la colección de cacao del “Jardín clonal”, además para la venta comercial, renovación y/o implementación de nuevas áreas de cacao.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Contribuir a la solución de la problemática que afecten al Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá-CATBUL, a través de la ejecución de servicios.

2.2 Objetivos Específicos

1. Rotular los distintos materiales de cacao (clones) ubicados en el “Jardín clonal” de la estación del CATBUL.
2. Elaborar un semillero de cacao híbrido con materiales que presenten características agronómicas relevantes.

3. Servicios

3.1 Servicio I. Rotulación de los materiales de cacao

3.1.1 Objetivo

Rotular los 25 materiales de cacao que forman parte del “Jardín clonal”, con el propósito de identificarlos y facilitar su estudio.

3.1.2 Metodología

Para este servicio se realizó un recorrido en el área de cacao que corresponde al “Jardín clonal” con la ayuda del Ing. Eladio Siquinajay y el Ing. Julio Pérez para la identificación y ubicación de los distintos materiales de cacao que forman parte de la colección.

a. Adquisición de los materiales

En talleres de estructuras metálicas se fabricaron las bases de metal que sirvieron para la elaboración de los rótulos. El diseño de estos es la siguiente: una lámina rectangular de 45 centímetros de largo y 30 centímetros de ancho unidos a un soporte de del mismo material de 1.20 metros de alto. Además se compraron brochas, pintura de color blanco, negro, y moldes de letras.

b. Pintado de rótulos

Los rótulos fueron pintados de color blanco de fondo con letras de color negro.

c. Elaboración de rótulos

Los rótulos fueron elaborados con las letras mayúsculas y números en la primera fila que identifican a los distintos materiales de cacao y la segunda fila con el nombre del país de procedencia o donde fueron colectados.



Figura 38. Pintado de rotulo.

d. Colocación de los rótulos

Los rótulos fueron colocados en el campo al principio de cada hilera de los distintos materiales de cacao presentes en el “Jardín clonal” sobre una base de concreto para un mejor soporte.



Figura 39. Rotulación de plantas de cacao.

3.1.3 Resultados

Los rótulos tienen la siguiente información: códigos en letras y en números que identifican a los materiales de cacao y en la segunda fila el país donde fueron colectados estos materiales. Con esto se lograron identificar a los 25 materiales que esta compuesta el “Jardín clonal”

3.1.4 Conclusiones

Se rotularon las 25 materiales de cacao (clones) que forman parte de la colección del “Jardín clonal” en el centro del CATBUL, contribuyendo de esta manera al fácil reconocimiento de los distintos materiales.

3.2 Servicio II. Implementación de un semillero y/o almácigo de cacao híbrido.

3.2.1 Objetivos

Ejecutar acciones como la implementación de un semillero y/almácigo de cacao híbrido que permita efficientizar al máximo los recursos del centro del CATBUL.

3.2.2 Metodología

Se seleccionaron los materiales de cacao (clones) de la colección del “Jardín clonal” que servirán como padres para la obtención de semilla híbrida que tengan buenas características agronómicas. Esta selección se realizó de manera empírica basándose en la experiencia de los trabajadores que están involucradas con el trabajo del cacao y administración.

a. Adquisición de las semillas híbridas de cacao

Las semillas de cacao híbrido serán brindadas por parte de la administración del CATBUL, ya que ellos cuentan con mano de obra calificada para realizar las polinizaciones artificiales.

b. Método de propagación por semilla

La forma sexual (o polinizada) más comúnmente usada y fácil para producir el cacao es por medio de semillas frescas. Gran parte del cacao cultivado en la actualidad proviene de semilla sin seleccionar.

Los materiales de cacao (clones) seleccionados para realizar las cruza de polinización son los siguientes:

UF-677 x ICS-6

UF-676 x EET-48

UF-163 x SPA-9

UF-654 x CC-18

c. Desinfección de suelo y llenado de bolsas de polietileno

El sustrato que servirá para el llenado de bolsas fue preparada con una proporción de 2:1 dos de materia orgánica y una de arena blanca. Se desinfectó con un fungicida (Miragefe 75 WP), con el fin de proteger a la plántula de las enfermedades fungosas al inicio de su crecimiento en las bolsas de polietileno.



Figura 40. Preparación de mezclas y llenado de bolsas.

d. Eliminación de mucílago.

La eliminación del mucílago de la semilla fresca se realizó a través de un lavado con aserrín de madera. Esto es necesario ya que es imposible saber con exactitud en donde brotará la raicilla para la colocación correcta de la semilla en las bolsas. Además si no se le quita el mucílago de la semilla fresca puede retrasar los días de germinación y pueden sufrir pudrición.



Figura 41. Eliminación de mucílago de la semilla del cacao.

e. Cajas germinativas

En esta parte del proceso la germinación se realizará en canastos de plástico, cubiertas de una capa de aserrín con espesor aproximado de 10 centímetros, provistas de un buen drenaje. Las semillas serán colocadas en el centro de la capa de aserrín y a una distancia entre ellos de aproximadamente 3 centímetros, para que las raíces primarias se desarrollara con facilidad. El aserrín será desinfectado con el químico (Antracol 70 WP).



Figura 42. Proceso de germinación en canastos de plástico.

f. Establecimiento del semillero o almácigo

El almácigo fue construido teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

1. El tamaño estuvo de acuerdo con el número de bolsas a plantar.
2. Las fuentes de agua estuvieron cercanas al almácigo para que no se dificulte las tareas de riego.
3. Se seleccionó un área plana, para que no presenten peligros de inundación.
4. Las paredes del almácigo fueron protegidos con saran para evitar daños por vientos fuertes y animales domésticos.
5. El techo fue elaborado con hojas de palma de coco con el fin de que los rayos solares no penetren directamente sobre las plántulas de cacao.

g. Cuidados del almácigo

Se realizarán riegos por las mañanas en época seca. Las malezas (plantas nacidas en lugares no deseados) serán eliminadas en forma manual a cada quince días. Se realizaran aplicaciones con fertilizante químico (15-15-15) a razón de cinco gramos/planta, equivalente a una tapa corona de botella. Se realizarán aspersiones preventivas con fungicidas a base de cobre y zinc.

3.2.3 Resultados

Se cosecharon seis frutos de cacao de cada hibrido, haciendo un total de 24. Cada fruto contiene aproximadamente 30 semillas, para un total de 720.



Figura 43. Extracción de semillas de los frutos de cacao.

La construcción del vivero rústico se realizó con materiales de bambú, para el uso exclusivo del almacigo de cacao y para el establecimiento del vivero se procedió al llenado de 700 bolsas de polietileno de 6x10x3.



Figura 44. Germinación de semillas de cacao.



Figura 45. Siembra de cacao en bolsas de polietileno.

Se obtuvieron 700 plántulas de cacao disponibles para la administración bulbuxyá-CATBUL, para las diferentes actividades y proyectos de la institución.



Figura 46. Plántulas de cacao híbrido.

3.2.4 Conclusiones

Se realizó un semillero de cacao híbrido, de la cual se obtuvo un total de 700 plántulas. La selección del área para el establecimiento del mismo es importante para facilitar las labores de mantenimiento y monitoreo.

3.2.5 Recomendaciones

Implementar y tecnificar semilleros de cacao híbrido, con materiales de cacao (clones del “Jardín clonal”) que tengan características agronómicas sobresalientes, dentro de las cuales se pueden mencionar: resistentes a la mancha negra de los frutos (*Phytophthora palmivora*, Butler), alta producción y productividad.

Eliminar el mucílago de la semilla de cacao en fresco, debido a que se dificulta la germinación.

La siembra de la semilla de cacao en la bolsa de polietileno es de vital importancia, ya que una forma inadecuada, puede provocar el ahogamiento y la muerte de la misma.