

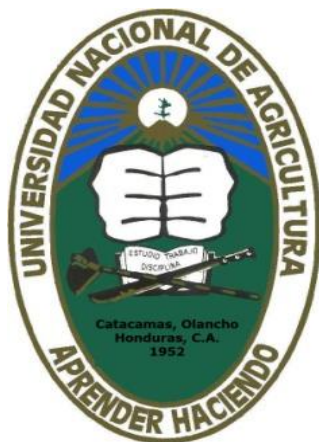
UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACIÓN DE LA REACCIÓN DE MATERIALES GENÉTICOS DE CACAO
(*Theobroma cacao*) A MAZORCA NEGRA (*Phytophthora palmivora*).**

POR:

ONASIS JOSUÉ GEORGE URBINA

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

JUNIO, 2016

EVALUACIÓN DE LA REACCIÓN DE MATERIALES GENÉTICOS DE CACAO
(*Theobroma cacao*) A MAZORCA NEGRA (*Phytophthora palmivora*).

POR:

ONASIS JOSUÉ GEORGE URBINA

MARIO EDGARDO TALAVERA, M.Sc

Asesor principal

TESIS PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS

OLANCHO

JUNIO, 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

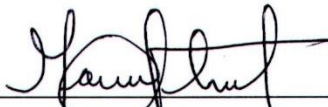
Reunidos en el Departamento Académico de Producción Vegetal de la Universidad Nacional de Agricultura: **M. Sc. MARIO EDGARDO TALAVERA**, **M. Sc. ESMELYM OBED PADILLA**, **M. Sc. ADAN ALVARADO RAMÍREZ**. Miembros del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

El estudiante **ONASIS JOSUÉ GEORGE URBINA** del IV Año de la Carrera de Ingeniería Agronómica presentó su informe.

“EVALUACIÓN DE LA REACCION DE MATERIALES GENÉTICOS DE CACAO (*Theobroma cacao*) A MAZORCA NEGRA (*Phytophthora palmivora*)”

El cual a criterio de los examinadores, Aprobó este requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los veinte días del mes de junio del año dos mil dieciséis.



M. Sc. MARIO EDGARDO TALAVERA
Consejero Principal



M. Sc. ESMELYM OBED PADILLA
Examinador



M. Sc. ADAN ALVARADO RAMÍREZ
Examinador

DEDICATORIA

A Dios por darme salud, fé y fortaleza para seguir adelante ante las dificultades y lograr culminar con éxito esta fase tan importante en mi vida.

A mis padres Petronila Urbina Velásquez y Onasis Enoc George son parte fundamental de mi vida, quienes han sido mi ejemplo de su fortaleza y trabajo constante; por brindarme su cariño, comprensión, consejos y guía en todo para alcanzar este valioso triunfo.

A mí querida abuela María Velásquez muy especialmente por ayudarme a comprender, que el conocimiento es una herencia invaluable que nadie te puede arrebatar.

A mis hermanas Dora y Karla George y a mi difunto hermano Eduardo George por ser mis segundos padres que me apoyaron de una u otra manera infinitamente cuando más los necesité a lo largo de mi vida.

A mi novia Katerin Martínez Lobo por su amor, comprensión, fortaleza, estímulo para lograr mis objetivos y metas.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme su bendición y fortaleza en cada situación de mi vida.

A mis padres Petronila Urbina y Onasis Enoc George por su cariño, apoyo y consejos para realizar con éxito mi sueño. Este triunfo es de ustedes. Los amo.

A mis hermanos por su aprecio, comprensión y apoyo que me han brinda todo este tiempo.

A mi familia que me han apoyado de una forma u otra a culminar mi carrera.

A mi asesores M.Sc Mario E. Talavera, M.Sc Esmelym O. Padilla, M.Sc Adán A. Ramírez por orientarme y apoyarme para hacer posible la realización de este trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional de Agricultura por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios y formar parte de esta familia, de igual forma agradezco y de forma muy especial al Instituto Nacional Agrario (INA) por su apoyo económico para la realización de mi carrera universitaria.

A la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola en especial al M.Sc Marlon López, Ing. Aroldo Dubón, Ing. Zayda Reyes y Agr. Erik Duran por haberme brindado la oportunidad de realizar mi trabajo de investigación y por compartir sus conocimientos.

A mis compañeros de TESIS Alex Delgado, Isrrael Contreras y Cintia Cruz por su amistad y compañerismo.

A mis compañeros y amigos de la clase JETZODIAM, especialmente a Pablo Guevara, Reynerio Gabarrete, Denis Godoy y Olman Gómez con los cuales luchamos día a día para cumplir nuestro sueño.

A mis compañeros de cuarto y amigos Edin Del Cid, Argenis Dávila, Aldair Castellanos, Selvin Bueso, Manuel Gómez, Víctor Fernández y Deyvin Suazo por su amistad, apoyo y todos los momentos buenos y difíciles que vivimos durante nuestra estadía en la universidad.

Al proyecto PROCACAO y a la cooperación Suiza por el apoyo económico brindado durante el tiempo de desarrollo del estudio.

CONTENIDO

	pág.
ACTA DE SUSTENTACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO	v
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 General.....	2
2.2 Específicos	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1 Generalidades del cultivo de cacao.....	3
3.1.1. Taxonomía y descripción.	4
3.1.2. Propiedades del cacao.	6
3.2. Producción de cacao	6
3.3 Importancia del cacao en Honduras.....	7
3.4 Tipos genéticos de cacao.	8
3.4.1 El criollo antiguo.....	9
3.4.2 El indio amelonado rojo.	9
3.4.3. Híbrido trinitario superior.	9
3.5. Híbridos de cacao en Honduras.	10
3.6. Problemática del cacao en Honduras.	11
3.7. Requerimientos edafoclimaticos.....	12
3.8. Manejo agronómico.	13
3.9. Manejo de árboles de sombra.	15

3.10. Propagación del cacao.	16
3.11. Cosecha.	16
3.12. Resistencia de la planta a patógenos.....	17
3.13. Enfermedades de cacao.....	18
3.13.1. Moniliasis (<i>Moniliophthora roreri</i>).	18
3.13.2. Escoba de bruja (<i>Moniliophthora perniciosa</i>).	20
3.13.3. Mal del machete (<i>Ceratocystis fimbriata</i>).....	21
3.13.4. Mazorca Negra (<i>Phytophthora palmivora</i>).	22
IV. MATERIALES Y MÉTODO.....	30
4.1. Ubicación del sitio experimental.	30
4.2. Materiales y equipo.....	30
4.3. Obtención y producción del inóculo.....	30
4.3.1 Preparación del medio de cultivo.	31
4.3.2 Producción del hongo.....	31
4.4. Material experimental.	31
4.5 Arreglo espacial.	32
4.6 Inoculación de plantas de cacao en el campo	32
4.6.1 Preparación de la suspensión de zoosporas.....	32
4.6.2 Aplicación del inóculo en la mazorca de cacao.	33
4.7. Evaluación de la infección.....	34
4.7.1 Recolección de frutos.	34
4.7.2 Reislamiento.....	34
4.7.3 Variables evaluadas.....	34
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
5.1 Incidencia y severidad de materiales genéticos de cacao.	36
5.2 Correlaciones.	41
5.3 Relación de incidencia natural con inoculación artificial mediante registros históricos de los clones.....	42
VI. CONCLUSIONES.....	45
VII. RECOMENDACIONES	46
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXOS	58

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Escala para definir la severidad de la enfermedad.	35
Cuadro 2. Incidencia y severidad de clones con resistencia a mazorca negra con promedios de temperaturas y precipitaciones por periodo de inoculación.....	37
Cuadro 3. Incidencia y severidad de clones moderadamente resistentes a mazorca negra con promedios de temperaturas y precipitaciones por periodo de inoculación.	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida de <i>P. palmivora</i>	26
---	----

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Desinfección y lavado de segmentos de frutos con <i>P. palmivora</i>	59
Anexo 2. Aislamiento y producción de <i>P. palmivora</i>	59
Anexo 3. Crecimiento del micelio de <i>P. palmivora</i> en platos petri con medio artificial de Agar, V8 y CaCO ₃	59
Anexo 4. Lectura de la cantidad de zoosporas por medio del hemacitómetro y un microscopio.	60
Anexo 5. Inoculación en campo de los frutos de cacao.	60
Anexo 6. Incidencia y severidad de clones moderadamente susceptibles a mazorca negra.	60
Anexo 7. Incidencia y severidad de clones susceptibles a mazorca negra.	61
Anexo 8. Comportamiento productivo de varios materiales genéticos de cacao, CEDEC- JAS, La Música, Atlántida. 2015.	61
Anexo 9. Precipitaciones y temperaturas diarias de los meses de Noviembre 2015 a Enero 2016 del CEDEC-JAS, la Música, Atlántida.	62

George Urbina, OJ. 2016. Evaluación de la reacción de materiales genéticos de cacao (*Theobroma cacao*) a mazorca negra (*Phytophthora palmivora*). Tesis Ing. Agrónomo. Catacamas, Olancho. Universidad Nacional de Agricultura. 62 pág.

RESUMEN

Se evaluó la reacción de 28 clones de cacao al ataque de *Phytophthora palmivora*. La producción de *P. palmivora* se realizó en el laboratorio de Fitopatología de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). El inóculo se produjo en platos petri con Agar, CaCO_3 y jugo de ocho vegetales (V8). El desarrollo del hongo se dio en un periodo de 10 días y se procedió a la aplicación del inóculo en el campo a los frutos de cacao. La inoculación en campo se realizó en el Centro Experimental y Demostrativo de Cacao “Jesús Alfonso Sánchez” (CEDEC-JAS) localizada en La Música, Atlántida. Se evaluó la incidencia y severidad de los materiales genéticos. Los clones Caucasia-43, Caucasia-37 e ICS-1 fueron los más resistentes con severidad de 1.4, 1.51 y 1.94 cm respectivamente. Los rangos de incidencia que presentaron estos clones variaron entre 15% a 50%. Los clones que presentaron resistencia moderada fueron el Caucasia-47, CAP-34, UF-29, SPA-9, UF-221, UF-296, UF-613, Caucasia-34, EET-96 y UF-667 con un rango de severidad de 2.27 cm a 3.96 cm y una incidencia de 20.83% a 100%. Nueve clones presentaron moderada susceptibilidad con severidad entre 4.31 cm a 5.88 cm y seis clones resultaron susceptibles con severidad de 6.07 cm a 10.2 cm, con incidencias incluso hasta de 100%. Los clones que lograron evaluarse con al menos 40 frutos inoculados fueron UF-613 en los moderadamente resistentes, el IMC-67 y CCN-51 en los moderadamente susceptibles y el ICS-6 en los susceptibles, obteniendo resultados concluyentes para estos clones. Se realizó un análisis de correlación con los datos de severidad y las condiciones climáticas (precipitación y temperatura) en diferentes fechas de inoculación del clon UF-613. Como resultado se obtuvo una relación entre la temperatura y la severidad, lo que indico que cuando aumentó la temperatura también aumentó la severidad en los frutos, aunque fue significativamente bajo, con una correlación apenas de $r = 0.49$. En la precipitación no se encontró una relación lineal con la severidad.

Palabras clave: Clones, *Phytophthora palmivora*, Resistente, Moderadamente resistente, Correlación, Covarianza.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao es de gran importancia económica para más de 15.000 familias que viven en zonas remotas y de difícil acceso, además es valorado internacionalmente como un cultivo ecológico y de buena calidad por su aroma y sabor (CATIE 2009). Mazorca negra (*Phytophthora palmivora*) es la enfermedad del cacao de mayor importancia en el mundo llegando a causar pérdidas de rendimiento de hasta 30% (GUEST 2007). De acuerdo con Ploestz (2007) las pérdidas a nivel mundial serian de unas 450,000 TM de cacao a causa de esta enfermedad.

Los cultivares resistentes a la enfermedad es la forma más eficaz y económicamente para controlarla (Sánchez y Dubon 2011). Se conoce un buen número de cultivares con buenos niveles de resistencia de campo a Mazorca negra (Enríquez y Soria 1984). Según FHIA, (2008), esta enfermedad ha pasado a ser secundaria debido a los problemas ocasionados por la moniliasis en Honduras, que también se pueden utilizar las mismas prácticas culturales para manejarlo. La resistencia genética parece ser la mejor solución, sin embargo es a largo plazo y los mejoradores de cacao se han concentrado en hacer mejoramiento solo para aspectos de rendimiento y resistencia a monilia (FHIA 2007).

Este trabajo de investigación consistió en evaluar la resistencia contra mazorca negra de cultivares comerciales de cacao que han sido reportados con cierta tolerancia en los países en donde fueron seleccionados o desarrollados, aunque muchos de ellos ya fueron liberados en Honduras, se espera que mediante estas evaluaciones se pueda abrir campo a nuevos programas de mejoramiento y así ofrecer a los productores de cacao de bajas condiciones económicas en Honduras, materiales de alto rendimiento con resistencia a enfermedades.

II. OBJETIVOS

2.1 General:

Evaluar la reacción de materiales genéticos de cacao (*Theobroma cacao*) al ataque de la mazorca negra (*P. palmivora*) mediante inoculación artificial.

2.2 Específicos:

Identificar los materiales genéticos de cacao que presentan menor incidencia y severidad a la mazorca negra (*P. palmivora*).

Relacionar los datos de incidencia natural a mazorca negra con la inoculación artificial mediante registros históricos de los clones.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Generalidades del cultivo de cacao.

El cacao es un árbol nativo de América Tropical. Se estima que una población de *Theobroma cacao* se extiende naturalmente a lo largo de la parte central, el oeste y el norte de las Guayanas en el Amazonas y el sur de México. De estos lugares, se dispersaron los dos tipos principales de cacao: el criollo y el forastero. Los españoles lo encontraron creciendo en forma silvestre en muchos lugares, especialmente en regiones húmedas, junto a los ríos Amazonas y Orinoco. Estos hallazgos sugieren que el centro de origen del cacao es la parte alta de la cuenca del Amazonas (García *et al.* 2014).

La historia del cacao empieza en América Central con los Mayas, que fue el primer pueblo conocido que se dio cuenta de las valiosas cualidades de la almendra (Urquhart 1963). Los aborígenes lo domesticaron y usaban desde tiempos remotos para hacer bebidas y como alimento mezclado con maíz y algunas especies, era utilizado como moneda en las transacciones comerciales (Enríquez 2004).

Existen además evidencias científicas que demuestran que hace unos 1100 años A.C, ya se consumía una bebida a base de granos de cacao en el valle de Sula. En 1999 arqueólogos de la universidad de Cornell y la universidad de California, realizaron excavaciones en Puerto Escondido, en el valle de Sula al noroeste de Honduras encontraron un tipo de cerámica ceremonial que data entre los años 1100 y 900 A.C, presumiblemente usado para beber chocolate. Este hallazgo hace suponer que el sitio es una posible “cuna del chocolate” (Dubón y Sánchez 2011).

Las palabras europeas para cacao y chocolate derivan del idioma azteca, cacao de “cacahualtl” y chocolate de “Xocoatl” (Enríquez 1985). Existía la creencia general de que el cacao como bebida, confería discreción y sabiduría. Por eso Linneaus dio a la especie el nombre de *Theobroma*, que significa “alimento de los dioses” (Lica y Bid 1987).

Los europeos vieron el cacao por primera vez en 1502. Este formaba parte de un cargamento a bordo de una canoa indígena que Colon encontró por casualidad en la Isla de Guanaja, cerca de la costa de Honduras (Enríquez 1985). Los españoles solamente lo estimaron y lo consideraron como alimento cuando el rey azteca Moctezuma enseñó a los españoles como se preparaba o al menos como lo consumía, puesto que los aztecas lo habían copiado de los pueblos Mayas quienes fueron los que verdaderamente domesticaron y utilizaron ancestralmente el cacao (Enríquez 2004).

Colon llevó el cacao a Europa, lo hizo con almendras de cacao como una curiosidad, pero fue Cortez quien primeramente se dio cuenta de su posible valor comercial. España fue el primer país europeo que usó el cacao, habiendo monopolizado por muchos años la bebida del cacao, se popularizó en Italia y Francia a principios del siglo XVII, y poco después en Holanda, Alemania e Inglaterra (Hardy 1961).

3.1.1. Taxonomía y descripción.

En el reino vegetal, el cacao se clasifica dentro de la clase Dicotiledónea, Orden Malvales, Familia Malváceae, genero *Theobroma* y especie cacao (Sánchez y Dubon 2011). El cacao es una especie alogama, pues se estima que su polinización cruzada está por encima del 95%. La mayoría de esta polinización la realiza una población entomológica bastante especializada, de tamaño muy pequeño. El cacao tiene 20 cromosomas (Enríquez 1985).

Es un árbol de tamaño mediano (5-8 m) aunque puede alcanzar alturas de hasta 20 m cuando crece libremente bajo sombra intensa. Su corona es densa, redondeada y con un diámetro de

7 a 9 m. Tronco recto que se puede desarrollar en formas muy variadas, según las condiciones ambientales (OCDIH 2009). Las hojas son simples, enteras y pigmentadas variando mucho el color de esta pigmentación, la mayoría es de color verde bastante variable (Enríquez 2004). Tiene raíz principal pivotante y tiene muchas secundarias, la mayoría de las cuales se encuentran en los primeros 30 cm de suelo (InfoAgro 2012).

El cacao es cauliflor, es decir que florece en los troncos más duros o partes más viejas. (Enríquez 2004). Las partes florales están distribuidas siguiendo una estructura pentámera, que consta de un pequeño tubo que une la flor al cojinete llamado pedicelo, cinco sépalos, cinco pétalos y cinco estaminodios morados que protegen y rodea el pistilo (Sánchez y Dubon 2011). La flor de cacao que no es polinizada se cae a las 48 horas, lo que disminuye la capacidad productiva de la planta. Esta situación se debe a problemas de compatibilidad, deficiencia nutricional y mal manejo del cacaotal (INTA 2009).

El fruto es conocido botánicamente como una drupa; pero generalmente se le conoce como mazorca. El tamaño y la forma dependen en gran medida de las características genéticas de la planta, el medio ambiente así como el manejo de la plantación (Estrada *et al.* 2011). Consiste en una cáscara relativamente gruesa que encierra un número muy diverso de semillas, dispuestas normalmente en cinco hileras y sumergidas en una pulpa mucilaginosa de color blanco y sabor azucarado (Braudeau 1970). Una mazorca contiene de 25 a 45 semillas, según el número de óvulos fecundados (Sánchez y Dubon 2011).

El tamaño de la mazorca depende del largo, que oscila de 10 a 30 cm y del ancho que puede ser de 7 a 9 cm. El color es también muy diverso, presentando los frutos inmaduros color verde, rojo violeta o parcialmente pigmentados de rojo violeta y al madurar el color verde pasa a amarillo y el rojo violeta a anaranjado, persistiendo la pigmentación en algunos casos (Braudeau 1970).

3.1.2. Propiedades del cacao.

Se han registrado más de 100 usos medicinales del cacao y el chocolate, entre los que se encuentran tratamientos para el cansancio, la delgadez extrema, la fiebre, la angina y los problemas cardíacos, la anemia, la falta de aliento y los problemas renales e intestinales (EUFIC 2006). Al cacao también se le atribuyen propiedades favorables para las personas que sufren problemas de hipertensión arterial por lo que es recomendado a estas personas por médicos para la prevención de paros cardiacos (OCDIH 2009).

Gran parte de sus propiedades terapéuticas pueden atribuirse a unos compuestos denominados flavonoides, presentes en grandes cantidades en los granos de cacao. Aparentemente, tienen un papel funcional, ya que ayudan a la planta a reparar daños y la protegen de plagas y enfermedades. Recientemente, los científicos han comprobado que el consumo regular de frutas y verduras ricas en flavonoides reduce el riesgo de padecer muchas enfermedades crónicas como el cáncer, la apoplejía y las enfermedades cardíacas coronarias. Los flavonoides como antioxidantes (EUFIC 2006).

3.2. Producción de cacao.

Cerca del 70% de la cosecha mundial se concentra en África, destacándose Costa de Marfil como el mayor productor del mundo, seguido por Asia con el 17% y América con el 13%. La producción total supera las 3,6 millones de toneladas métricas y crece a una tasa del 2-2,5% anual, mientras el consumo que está concentrado en los países desarrollados crece a una tasa cercana al 3,0% anual presentándose déficit en algunos años (Valenzuela 2012).

Es indispensable elevar la producción actual de cacao en Honduras que actualmente se estima, que es de tan solo 1,500 toneladas métricas por año (FHIA 2015). En la actualidad el área de producción del cacao en el país, es de 4,463 hectáreas distribuidas en regiones

productoras en los departamentos de Cortés, Atlántida, Colón, Yoro, Gracias a Dios, Olancho, Santa Bárbara y Copán (SAG 2015).

Con relación a Centroamérica, Nicaragua continúa siendo el mayor productor en la región con 2,500 TM en el 2011/12 y 3,600 TM de consumo, seguido por Guatemala con 1,000 TM de producción que van en su totalidad al consumo interno que supera las 3,000 TM. México presenta el mayor desbalance en producción versus consumo con 20,000 y 60,000 TM de producción y consumo, respectivamente, viéndose obligado a importar grano para satisfacer su alto consumo. República Dominicana mantuvo una producción de 60,000 TM que va dirigida casi en su totalidad al mercado mundial (FHIA 2013). La producción actual de cacao de América Central representa menos del 0.1% de la producción mundial (CATIE 2009).

Según la FAO a nivel mundial en el 2007 el promedio de rendimiento era de 611 kg/ha, 18% más alto respecto al 2000 (Agrocalidad 2014). En Honduras el departamento de Yoro reporta los más altos, promediando 5.9 qq/mz (381 Kg/Ha), le sigue Atlántida con 4.3 qq/mz (282.4 Kg/ Ha). Los rendimientos más bajos se reportan en el departamento de Cortés con 2.5 qq/mz (164.5 Kg/ Ha) (Mejía y Canales 2009). Bajo un manejo técnico apropiado el cacao produce al menos 1,500 kg de grano seco por hectárea al año, iniciando producción al tercer año con 300 kg, un incremento gradual hasta llegar al pico de producción (1,500 kg) al sexto año y una producción constante por 25 años aproximadamente (Valenzuela 2012).

3.3 Importancia del cacao en Honduras

El cultivo de cacao es de gran importancia económica para más de 15.000 familias que viven en zonas remotas y de difícil acceso, además es valorado internacionalmente como un cultivo ecológico y de buena calidad por su aroma y sabor (CATIE 2009). La inserción de este rubro en el occidente de Honduras favorecerá en varios aspectos, como al incremento en la demanda de mano de obra femenina, ya que es un cultivo que sus labores de cosecha y post-cosecha es manejado tradicionalmente por mujeres, no requieren de mucho esfuerzo físico y sí de delicadez y fineza para concluir con un proceso (OCDIH 2009).

En la actualidad el cacao de Honduras es considerado como un producto de clase fina por los especialistas degustadores de este alimento y a nivel económico se está cotizando a más de 3,500 dólares la tonelada (IICA 2015). En el mercado internacional el precio de cacao reportó un alza de 10% a septiembre de este año, alcanzando los \$3,39 por tonelada del grano en la bolsa de valores de Nueva York. Se espera que esta tendencia se mantenga para el 2015 debido a alta demanda del producto (CentralAmerica Data 2014).

Honduras exportó 40 Tm de cacao al fabricante de chocolate suizo Halba, estas exportaciones generaron \$1,5 millones en divisas. Los hondureños que cultivaron el grano obtuvieron una ganancia de 1,16 dólares por kilo, ya que lo vendieron a 2.94 dólares, en tanto que su costo de producción fue de 1.78 dólares. Otros destinos del cacao hondureño son los Estados Unidos y España y en Centroamérica, Costa Rica, Nicaragua, El Salvador y Guatemala (CentralAmerica Data 2011).

3.4 Tipos genéticos de cacao.

Los tipos genéticos definen en gran medida la calidad del grano, aspecto de sumo interés relacionado a la producción moderna de los cacaos diferenciados con características organolépticas de sabor y aroma especiales (Dubón y Sánchez 2011).

- Los tipos criollos
- Los tipos forasteros
- Los tipos criollos trinitarios

Se considera que los cacaos criollos y forasteros son la base genética de los híbridos o clones modernos (Sánchez y Dubón 2011). En Honduras se cuenta con los siguientes genotipos de cacao fino:

3.4.1 El criollo antiguo.

Se ha logrado encontrar en ciertos sitios especialmente del occidente de Honduras. En base a muestras realizadas se estima que existen alrededor de 300 árboles criollos en áreas actualmente no cacaoteras del país, no habiéndose encontrado un solo árbol de cacao criollo en fincas muestreadas en la zona norte del país (Sánchez y Dubón 2011).

Se puede distinguir por la arquitectura de un árbol débil, hojas grandes y oscuras, los rebrotes nuevos son verde pálido, estaminodios de color rojo intenso, el tipo de mazorca es rústica de cáscara delgada y de forma cundeamor. La almendra es de color blanco, con sabor y aroma de chocolate, superior a cualquier tipo de cacao en el mundo. Tiene gran demanda en el mercado internacional (INTA 2009).

3.4.2 El indio amelonado rojo.

Es originario de la Baja Amazonia y según análisis genéticos posee genes de trinitario que le confiere un sabor especial. Se trata de un cacao con características de forastero, similar en su forma al indio amelonado verde pálido o amarillo cuando maduro, que predominó en el norte de Honduras antes de la introducción de los híbridos trinitarios. El indio amelonado es único en Honduras (Sánchez y Dubón 2011).

3.4.3. Híbrido trinitario superior.

Esta variedad es el producto de un cruce entre el forastero y el criollo, aunque su calidad (intermedia entre ambos tipos) es más próxima al tipo criollo. Al cruzarse espontáneamente estos dos tipos genéticos, el material resultante heredó el vigor o la robustez del cacao forastero y el delicado sabor del cacao criollo (Sánchez y Dubón 2011).

Se le considera como un híbrido natural proveniente de los dos primeros tipos de cacao. Por esta razón presentan una gran variabilidad y es donde han surgido excelentes genotipos de gran robustecida, resistencias a plagas y mayor rendimiento. Trinitarios viene de Trinidad, Isla de las Antillas Menores en donde los ingleses fundaron un famoso instituto de investigación del cacao, el Imperial College Station (INTA 2009).

3.5. Híbridos de cacao en Honduras.

En 1977 el INA realiza un proyecto de establecimiento de 1000 hectáreas de cacao con semillas provenientes del CATIE, en La Masica, Atlántida, estableciendo un jardín clonal en la aldea de San Juan Pueblo. En 1980 el IHCAFE desarrolla un programa de diversificación con cacao en Cuyamel, Cortés y establece un pequeño jardín clonal con cultivares del CATIE (Dubón y Sánchez 2011).

En 1984 a través de la Federación de Productores y Exportadores de Honduras (FEPROEXAH) nace la Asociación de Productores de cacao en Honduras (APROCACAHO) e incentiva la siembra de nuevas áreas en los sectores de Cuyamel, Guaymas, La Masica y Jutiapa con semilla híbrida producida en los jardines clonales del INA e IHCAFE (Dubón y Sánchez 2011).

A fines de 1998 se recibieron del CATIE materiales híbridos provenientes del cruce entre materiales que habían mostrado resistencia al hongo *Moniliophthora roreri*, agente causal de la moniliasis y materiales con alto rendimiento. Un total de 766 árboles procedentes de 29 cruces fueron establecidos en el CEDEC, La Másica en marzo de 1999, un segundo grupo de 285 árboles fue establecido en Guaymas, Yoro, en mayo de 1999 y un tercer grupo de 385 árboles fue establecido también en el CEDEC en agosto de 2001 (FHIA 2013).

Dentro de este campo de acción se continúan evaluando y caracterizando materiales genéticos colectados y establecidos en el CEDEC (Centro Experimental y Demostrativo de

Cacao), donde además se da mantenimiento a los jardines clonales que suplen material madre para nuevas plantaciones tanto a nivel nacional como regional. Se continuaron registros de producción de una prueba regional conformada por 20 materiales procedentes del CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) y 20 selecciones locales o materiales introducidos por FHIA a la colección de germoplasma que se tiene en el CEDEC (FHIA 2013).

3.6. Problemática del cacao en Honduras.

El paso del Huracán Mitch (1998), el cual afectó severamente muchas áreas productivas, lo anterior sumado al brote de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) entre los años 2001-2002 y a la baja en los precios internacionales, provocaron el abandono del cultivo y las prácticas de mantenimiento. Lo anterior aunado al cierre de la planta procesadora de cacao, ocasionó la baja de rendimientos en las fincas y por ende la producción nacional y las exportaciones en el país cayeron. Además, por la incertidumbre y los bajos precios hubo un gran reemplazo del cultivo de cacao por otros más rentables en ese momento como lo fue la palma africana, café y frutales (Mejía y Canales 2009).

Muchos agricultores no pueden maximizar su producción de cacao debido a que carecen del conocimiento básico en BPA (Buenas Prácticas Agrícolas). La prevalencia de plagas y enfermedades es el factor que más impide a los agricultores alcanzar cosechas óptimas. Las prácticas de poscosecha inadecuadas conducen a una calidad de granos de cacao por debajo de los estándares, que se compran a precios bajos a los agricultores. Tradicionalmente, los granos de cacao son secados al sol afuera de las casas, frecuentemente en el suelo. En la mayoría de los casos, esa práctica genera subhúmeda y contaminación de los granos de cacao (Swisscontact 2012). El cacao de Honduras se sigue comercializando en su mayoría como cacao convencional por falta de un manejo adecuado de poscosecha, donde es necesario mejorar mucho la fermentación y el secado del grano (FHIA 2013).

A menudo los pequeños agricultores no tienen información relevante sobre precios del mercado, estándares de calidad y prácticas de comercio justo. Los intermediarios y comercializadores juegan un rol importante en la cadena de valor como contactos directos de los agricultores con el mercado. No obstante, los pequeños agricultores quedan en desventaja competitiva cuando los comerciantes no comparten con ellos información sobre mejores prácticas, precios y otras tendencias relevantes del mercado (Swisscontact 2012). La mayoría de plantaciones se ubican en zonas de difícil acceso durante la época lluviosa. Un 25% de las plantaciones están ubicadas en zonas inundables y 33% en zonas propensas a deslizamientos (Mejía y Canales 2009).

3.7. Requerimientos edafoclimaticos.

Las condiciones ideales para este cultivo son aquellas comprendidas entre los 0 y 800 msnm, aunque en alturas superiores a 600 msnm su crecimiento y capacidad de floración es generalmente baja (Martínez 2008). En América central se cultiva hasta los 650 msnm; sin embargo, en Honduras se han observado pequeñas plantaciones a 800 msnm, con rendimientos alrededor de 900 kg/ha/año (Sánchez y Dubon 1994).

La temperatura medio anual debe oscilar entre los 21 y 25 °C y la diferencia entre la temperatura mínima y máxima mensual no debe sobrepasar 9 °C, ya que esta diferencia afecta directamente los procesos de floración, fructificación y tiempo de maduración del cacao (Martínez 2008). La humedad relativa es de gran importancia en el cacao, pues cuando está por encima del 80% facilita el desarrollo de enfermedades producidas por hongos. El promedio adecuado es de 70 a 80% (Batista 2009).

En cuanto a la precipitación el cacao es muy sensible a la escases de agua así como su exceso, la precipitación debe de ser de 1,500 a 2,500 mm al año. El viento fuerte incide en el desecamiento, muerte y caída de las hojas afectando así la capacidad de alimentarse de la

planta, en zonas donde existe este problema deben de colocarse cortinas rompeviento para evitar los daños (Estrada *et al.* 2011).

Los suelos necesarios para el cacao deben ser de textura suelta, arcillosos agregados, franco arenoso y franco limoso, en Honduras dichas condiciones se ubican en la zona norte del país (Martínez 2008). El cacao se desarrolla y produce bien en terrenos planos y con pendientes hasta de 15%, es aceptable el cultivo en pendientes hasta de un 30% dependiendo del tipo de suelo sin mantos rocosos cerca de la superficie con el uso de obras de conservación de suelos y agua (INTA 2009). El pH oscila entre 4,0 a 7,0, y por lo tanto se puede decir que el cacao es una planta que prospera en una amplia diversidad de tipos de suelo (InfoAgro 2012).

3.8. Manejo agronómico.

La eliminación de malas hierbas en cacao se realiza fundamentalmente mediante escarda química. 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. No existen ensayos que especifiquen el efecto de estos herbicidas sobre los árboles de sombra de los cacaotales, por lo que se recomienda extremar las precauciones y no rociar cerca de los mismos (InfoAgro 2012). No se debe usar azadón o lampa porque dañaría las raíces superficiales. Durante los primeros tres años, es necesario realizar al menos tres a cuatro controles anuales, según agresividad y presencia de las malezas (Mendoza 2013).

Las podas en el cultivo del cacao es una práctica que consiste en dejar en los árboles las ramas necesarias para dar una estructura equilibrada, entrada de luz y circulación del aire dentro de la plantación. La época más apropiada para realizar las podas es durante la época seca y durante el período de transición (cuando no hay flores ni frutos). Se debe tener la precaución de proteger todos los cortes realizados con algún fungicida cúprico (Wil 2013).

Poda de formación: este tipo de poda se puede realizar a partir del primer año de edad de la plantación y se continúa haciendo hasta que empieza la producción de cacao. Se deben eliminar los chupones y retoños, las ramas muy juntas, las que crecen hacia adentro o hacia abajo. Esta poda garantiza el desarrollo y crecimiento adecuado de la planta de cacao, con sus ramas bien distribuidas dejando un solo tallo y una horqueta bien formada con 4 a 6 ramas (López 2012).

Poda de mantenimiento: esta poda permite mantener la forma de la planta y la altura adecuada de 3 metros para facilitar la cosecha. Consiste en eliminar los chupones y retoños, las ramas muy juntas, las que crecen hacia adentro, las que están dañadas o muertas. También se deben despuntar las ramas que están muy altas o van hacia abajo. Esta poda es recomendable hacerla 1 ó 2 veces por año, después de la cosecha o después de una poda de árboles de sombra (López 2012).

Poda de rehabilitación: por lo general se hace en plantaciones de cacao abandonadas, que no han tenido manejo en varios años y sirve para recuperar su capacidad productiva. Esta poda consiste en eliminar las ramas secas, enfermas, rajadas, torcidas y plantas enfermas o débiles que estén muy juntas, incluyendo los frutos dañados o enfermos (López 2012).

Poda fitosanitaria: Esta poda consiste en eliminar las partes enfermas de la planta: ramas, frutos (atacados por moniliasis, mazorca negra u otras enfermedades) e incluso parte del tallo principal. El descuido de esta actividad crea fuente de inóculo de las plagas y enfermedades. Se recomienda desinfectar la herramienta al momento de realizar la poda, con alcohol al 70%. Se realiza mensualmente, en los meses de mayor precipitación y cada 2 meses en época seca (García *et al.* 2014).

Antes de iniciar cualquier tipo de fertilización es preciso conocer el nivel de fertilidad natural del suelo. Este diagnóstico se hará por medio de análisis de suelo y análisis foliar. Sobre la

base de esa interpretación se recomendarán los niveles de fertilización requeridos. Una cosecha de cacao seco de 1000 Kg. extrae aproximadamente 44 Kg. de Nitrógeno (N), 10 Kg. de fosfato (P_2O_5) y 77 Kg. de potasio (K_2O) (López 2012).

Las formulaciones se basan sobre los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio que muestren los análisis de suelo y en las proporciones que permitan obtener mayores repuestas de producción (López 2012). Se debe fertilizar dos veces al año, que el árbol esté podado, sin malezas, con sombra regulada y con las enfermedades controladas; en una época en la que, en lo posible, las lluvias sean poco intensas o al inicio de las mismas, que se disponga de buena humedad. Estas etapas son las de mayor absorción de nutrientes, por cuanto todos los procesos fisiológicos están activados (ICA 2012).

3.9. Manejo de árboles de sombra.

El sol directo puede tener un efecto negativo sobre la productividad fotosintética del cacao, debido a la sensibilidad de esta especie a la fotoinhibición. Los árboles de sombra son importantes para evitar este problema (Phillips 1993). El cacao requiere sombra para su normal desarrollo y producción. Los requerimientos de sombra son de 60 a 70% en los primeros años y de 30 a 40% en plantaciones adultas (Sánchez y Dubón 1994). La sombra permanente debe podarse de 1 a 2 veces al año, cortando sobre todo las ramas que salen muy abajo, cuando tienen una edad de 4 años se realiza el primer raleo que consiste en quitar árboles en medio y a los 8 años se realiza el segundo (Navarro y Mendoza 2006).

Como sombrío temporal, es decir, el que reducirá luminosidad al cultivo en sus tres primeros años, se recomienda plátano o banano, papaya, matarratón, rastrojo, etc. Como referencia, si se va a utilizar plátano este debe ser sembrar como mínimo a la misma distancia del cacao. Como sombrío permanente se pueden usar maderables con valor comercial (nogal cafetero, cedro, abarco etc.), palmas (cocotero, chontaduro) y frutales en asocio. El sombrío tiene gran importancia desde el punto de vista ecológico y agronómico, ya que favorece la biodiversidad del cultivo, la presencia de enemigos naturales y el reciclaje de nutrientes (Valenzuela 2012).

3.10. Propagación del cacao.

Las forma más antigua y comúnmente usada por los agricultores en la siembra de plantaciones de cacao es la utilización de semillas frescas; provenientes de árboles comunes, seleccionadas por el productor, sin una selección genética. Por otra parte, mediante esta forma de propagación se encontró una gran variabilidad genética, por ser una planta alogama (Guevara 2010).

Las plantas obtenidas de reproducción asexual ofrecen una alta confiabilidad en la autenticidad de las características genéticas que se desean multiplicar. Son de alta precocidad, buenos rendimientos y sobre todo uniformidad en las características del producto deseado. Hay diferentes formas de reproducir las plantas en forma asexual. En el cultivo del cacao las más usadas son la reproducción por estacas y la reproducción por injerto (Batista 2009).

Para el establecimiento de cultivos comerciales de cacao se recomienda utilizar la propagación asexual por injerto, La injertación se puede realizar en campo o en vivero, para lo cual se debe tener en cuenta los ciclos hídricos de la zona procurando que la plántula se lleve a campo en la temporada de lluvias. La semilla de cacao utilizada para este proceso se conoce como patronaje, tiene una viabilidad muy corta (cinco días) y alto porcentaje de germinación (mayor al 90%) (Valenzuela 2012).

3.11. Cosecha.

El ciclo de producción del cacao es todo el año, La cosecha inicia cuando la mazorca está madura lo que ocurre en un período de 5 a 6 meses de edad. La mazorca presenta cambio de pigmentación: de verde pasa al amarillo o al rojo y otros similares al amarillo anaranjado fuerte o pálido. En mazorcas de coloración roja – violácea muy acentuada, el cambio de color puede no ser muy aparente y se corre el riesgo de no cosechar a tiempo las mazorcas que han alcanzado madurez plena. Cuando existen dudas respecto al estado de madurez de

la mazorca, basta golpearlo con los dedos de la mano y si se produce un sonido hueco es señal de que está madura (INTA 2009). La cosecha de frutos debe realizarse semanalmente, sobre todo en aquellas áreas donde predominan enfermedades que dañan la mazorca, como la mazorca negra y la moniliasis (Reyes *et al.* 2000).

Se debe cosechar solo y únicamente frutos maduros, con el fin de lograr un alto rendimiento y alta calidad de nuestro producto “grano seco”. Evitando recolectar frutos verdes, pintones, sobremaduros y enfermos, los cuales solo nos ocasionarían grandes pérdidas; tanto en rendimiento, como en calidad. Esta actividad se realiza con tijera de podar o podón, cortando el pedúnculo por la mitad para evitar la destrucción del cojín floral (Mendoza 2013).

3.12. Resistencia de la planta a patógenos

La resistencia a las enfermedades es controlada genéticamente por la presencia de uno, varios o muchos genes, a esto se le conoce como resistencia verdadera. Existen dos tipos de resistencia verdadera, en la que encontramos la horizontal y la vertical. En la resistencia horizontal todas las plantas tienen un cierto nivel de resistencia no específica y la resistencia vertical muchas variedades vegetales son bastante resistentes a algunas razas de un patógeno pero, en cambio son susceptibles a otras razas del mismo (Agrios 1995).

En el cacao, *Phytophthora* afecta a muchas partes de la planta, lo que hace que la detección de la resistencia a esta enfermedad sea un reto (Drenth y Guest 2013). La resistencia parece ser de naturaleza cuantitativa y hasta ahora no hay genotipos encontrados con total resistencia a la enfermedad de mazorca negra (Crouzillat *et al.* 2000). En la resistencia a la enfermedad están envueltas tanto la resistencia vertical como la horizontal (Gregory citado por Enríquez y Soria 1984).

Se han identificado como clones resistentes mazorca negra el SCA-6, SCA-12, Catongo, Pound-7, CC42, 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 (Firman y Vernon citado por Arciniegas 2005 y Enríquez 2004).

Se detectaron sesenta y cinco QTL para resistencia a *Phytophthora* en todos los cromosomas, con algunos puntos calientes observados en CH1, CH2, CH4 y CH5, donde se pudieron detectar al menos 10 QTLs de los diferentes estudios de asociación. En general, estos puntos calientes se reúnen QTL relacionados con la resistencia a *Phytophthora* detectada por diferentes tipos de observaciones (frutas podridas en las pruebas de inoculación artificial o campo) y diferentes métodos (vainas infectadas en campo o artificialmente) y diferentes métodos (ensayo de inoculación de vainas o de hoja) (Lanaud *et al.* 2009). Se puede concluir que la resistencia es altamente transmisible a la descendencia, cuando cruzamos entre cultivares resistentes. Al cruzar cultivares resistentes con susceptibles, se puede apreciar si hay dominancia o dominancia parcial en los genes (Enríquez y Soria 1984).

3.13. Enfermedades de cacao.

3.13.1. Moniliasis (*Moniliophthora roreri*).

También conocida como Pudrición acuosa, Helada, Mancha Ceniza o Enfermedad de Quevedo, está causada por el hongo Monilia (*Moniliophthora roreri*). La enfermedad ataca solamente los frutos del cacao y se considera que constituye uno de los factores limitantes de mayor importancia en la producción de esa planta. Puede provocar pérdidas que oscilan entre un 16 y 80% de la plantación. La severidad del ataque de la Monilia varía según la zona y época del año, de acuerdo con las condiciones del clima. Aparentemente las temperaturas altas son más favorables para la diseminación de la Monilia (Cerrón 2012).

En Ecuador la moniliasis fue descrita por primera vez de manera oficial en el año 1917, por J.B Rorer. La región de Quevedo, Ecuador es considerada como el centro de origen (Porrás y Sánchez 1988). En 1997 se encontró monilia en plantaciones de la mosquitia hondureña y

a comienzos del 2000 apareció en plantaciones de Guaymas, Yoro, una de las áreas de concentración del cultivo (FHIA 2013).

A. Sintomatología

En los frutos de cacao el síntoma más común de moniliasis es una mancha color café, que puede extenderse hasta cubrir todo el fruto, dicha mancha se caracteriza, y a su vez se diferencia de *Phytophthora* por presentar el borde de avance de la lesión en forma irregular. Muchas veces se ve el fruto muerto, ennegrecido y comprimido, todavía colgando del árbol, cubierta de una “felpa” de color crema que corresponde a las esporas del hongo (Porras y Sánchez 1988).

B. Manejo de la enfermedad.

En el control cultural hay prácticas de cultivo que conducen a una modificación del ambiente, tornándolo inapropiado para el desarrollo de la enfermedad, se destacan las siguientes:

- Podas (al menos dos veces al año).
- Regulación del sombrío permanente.
- Adecuado sistema de drenaje.
- Control de malezas frecuente y oportuno.
- Remover del árbol todos los frutos enfermos dos veces por semana en los meses de lluvia (FHIA 2012)

En el control por medio de resistencia genética entre los cultivares aún no se ha descubierto un material inmune a *M. royeri*, pero de las pruebas realizadas en Ecuador, Colombia, Costa Rica y ahora en Honduras, se conoce que hay cultivares (clones o híbridos) que, consistentemente muestran menor número de mazorcas infectadas o si son infectadas la severidad de la enfermedad es menor (FHIA 2012).

El combate de la Moniliasis del cacao por medio de fungicidas es una práctica poco efectiva y sobre todo poco económica, por lo cual no es una práctica indispensable para poder convivir con la enfermedad. Sin embargo, se pueden utilizar fungicidas como el Bravo-500, Branadil o Daconil, Phyton (orgánico), que en pruebas tanto en Costa Rica como en Honduras (Bravo y Phyton) han dado resultados aceptables como complemento a las prácticas culturales (FHIA 2012).

3.13.2. Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*).

De acuerdo al CABI *M. perniciosa* se encuentra distribuida en Belice, República Dominicana, Granada, Panamá, San Vicente, Santa Lucía, Trinidad y Tobago, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela (SENASICA 2013). Esta enfermedad puede reducir la producción de las explotaciones en más de un 70% (IDIAF 2011).

A. Sintomatología.

Las basidiosporas del hongo infectan los tejidos meristemáticos y ocasionan diferentes tipos de síntomas dependiendo del órgano infectado (brotes, botones florales, flores y frutos en desarrollo); en los meristemos apicales, el síntoma es el crecimiento hipertrófico (proliferación vegetativa), en los botones florales induce filodia y formación de frutos partenocarpicos y cuando la infección ocurre en frutos las semillas se pudren (SENASICA 2013). El hongo puede permanecer en brote por más de tres meses. La penetración en el tejido se produce a través de las estomas en 3 - 5 horas, pero la expresión de síntomas se produce después de varias semanas de la infección (García *et al.* 2014).

Los cojines florales infectados presentan pequeñas escobas de bruja de tejido vegetativo en cuyas ramas se desarrollan las flores. Los síntomas en flores también se caracterizan por pequeños abultamientos de color amarillo que posteriormente se necrosan, los frutos maduros

pueden desarrollar una mancha de color negro brillante de consistencia dura y se le denomina mancha de asfalto. La mancha es de borde irregular y oscura (Porras y Sánchez 1988).

B. Manejo de la enfermedad.

- Realizar manejo de sombra; podas y raleos.
- Reemplazar las plantas de cacao con alta incidencia de escobas por otras más resistentes y productoras.
- Cortar y eliminar mensualmente, todas las “escobas” y frutos infectados, antes que formen paraguas (honguito).
- Los restos de frutos y ramas deben amontonarse o ser enterrados, para evitar mayor contagio a las partes sanas (Mendoza 2013).

3.13.3. Mal del machete (*Ceratocystis fimbriata*).

Esta enfermedad destruye árboles enteros (INTA 2009). El hongo siempre infecta al cacao por medio de lesiones en los troncos y ramas principales y puede matar a un árbol rápidamente (OCDIH 2009).

A. Sintomatología

Los primeros síntomas son marchitez y amarillamiento de las hojas y en ese momento el árbol en realidad ya está muerto. En un plazo de 2 a 4 semanas, la copa entera se seca, permaneciendo las hojas muertas pegadas al árbol por un tiempo. Las lesiones pueden ser producidas por la caída de las ramas de árboles de sombra; por cortes de instrumentos cortantes, como machetes al podar, cosechar y deshierbar por el ataque de *Xyleborus ferrugineus*, considerado como transmisor (Isla y Andrade 2009).

B. Manejo de la enfermedad.

Generalmente esta enfermedad aparece después de realizadas las podas. Una medida preventiva de control es la desinfección de herramientas cuando se desarrollan las labores en campo. Se puede utilizar una solución de formalina al 10% y aplicar a los cortes una pasta a base de cobre para proteger la planta de la entrada de hongo. Las plantas muertas se sacan de la plantación y se queman o se entierran (INTA 2009).

La forma más eficaz para combatir la enfermedad es usar cultivares o híbridos resistentes. Algunos de los cultivares que tienen muy alta resistencia son ‘UF 29’, ‘UF 296’, ‘UF 613’, ‘IMC 67’, ‘EET 339’, ‘EET 400’ y ‘Pound 12’; los híbridos formados por estos padres, son también resistentes (Isla y Andrade 2009).

3.13.4. Mazorca Negra (*Phytophthora palmivora*).

Esta es la enfermedad más importante del cacao en todas las áreas cacaoteras del mundo; causada por hongos del complejo *Phytophthora*, es responsable de más pérdidas en las cosechas que cualquier otra enfermedad (Cerrón 2012). La enfermedad fue reportada en 1727 en la Isla de Trinidad. El agente causal es *Phytophthora* y pertenece a la clase Oomicete (Porrás y Sánchez 1988).

Las especies de *Phytophthora* no pertenecen al reino Fungi sino que están comprendidas dentro del reino Stramenopila, junto con las algas pardas, las diatomeas y los mohos de agua. *Phytophthora* pertenece al Filo oomycota dentro de este reino, y sus orígenes evolutivos en el agua son la razón por la cual están bien adaptados a los ambientes tropicales húmedos, es transportada por el agua y relacionada con las algas que contienen clorofila (Drenth y Guest 2013).

Es la enfermedad del cacao de mayor importancia en el mundo llegando a causar pérdidas de rendimiento de hasta 30% (GUEST 2007). De acuerdo con Ploestz (2007) las pérdidas a nivel mundial serían de unas 450,000 TM de cacao a causa de la enfermedad mazorca negra.

Se han reportado por lo menos 6 especies de *Phytophthora* como agentes causales de esta enfermedad, de los cuales *P. palmivora* y *P. magakarya* son las especies más importantes (Guest 2007). De acuerdo con descripciones reportadas en la literatura y observaciones microscópicas de la morfología de esporangios, oogonios y oosporas, el agente causal de la enfermedad en Honduras es *Phytophthora palmivora* (Erwin *et al.* citado por FHIA 2006).

A. Sintomatología.

El hongo ataca diversos órganos de la planta causando lesiones cancerosas en el tronco, ramas y raíces y marchitamiento en los brotes jóvenes y chupones. También los cojines florales. Sin embargo, los mayores daños ocurren en las mazorcas (Enríquez 2004), las cuales pueden ser atacadas en cualquier etapa de su desarrollo (Galindo 1985).

En el tronco muestra inicialmente manchas oscuras y húmedas después, la mancha se hunde y sale un líquido pegajoso. En la flor causa una quemada o muerte total. En casos muy extremos ataca hasta las raíces, que muestran pudrición y manchas coloradas (Porrás y Sánchez 1988).

Los síntomas sobre las mazorcas se inician en condiciones de alta humedad, 30 horas después que ocurre la infección y se manifiestan como manchas circulares de apariencia acuosa, que luego se tornan de color café, las cuales avanzan rápidamente hasta cubrir la totalidad de la mazorca. El borde de la lesión avanza unos 12 mm en 24 horas. La infección puede ocurrir en cualquier parte del fruto, pero por lo general empieza en los extremos de la mazorca, donde se acumula agua (Galindo 1985).

En mazorcas no maduras la lesión avanza dentro de la mazorca a la misma velocidad de la lesión visible y los frutos pueden ser afectados completamente en periodos de dos semanas (Galindo 1985). Las mayores pérdidas ocurren en frutos grandes que se infectan dos meses antes de la madurez, porque se pierden totalmente. Las mazorcas que se infectan cerca de la madurez todavía se pueden aprovechar si se cosechan una semana después de iniciada la infección (Hardy 1961). Las almendras cuando se infectan, resultan inservibles para fermentar y secar adecuadamente, ya que no tiene ningún sabor a chocolate. Las mazorcas atacadas en un plazo de 10 a 15 días están totalmente podridas (Enríquez 2004).

B. Morfología del hongo.

Las estructuras somáticas (talos) de *Phytophthora* son llamadas micelio y estos compuestos de filamentos, “hialinos” (hifas) ramificados y cenocíticos (no septados), excepto viejos, en los cuales algunas veces se pueden observar septas, en cultivos jóvenes el citoplasma fluye libremente dentro del micelio. El diámetro del micelio (5-8 micras) es variable y depende de la naturaleza física y química del medio y de si el micelio está sobre la superficie aérea, sumergido o dentro de las células huéspedes. En ocasiones el micelio se esponja, se vuelve nudoso o tuberculado y raras veces crece simétricamente (Pérez *et al.* 2010).

P. palmivora tiene cuatro tipos de esporas que pueden causar directa o indirectamente la infección: Esporangios, zoosporas, oosporas y clamidosporas (Vanegtern *et al.* 2015). La presencia de esporangios es común para todas las especies del género, son incoloros o de color amarillo tenue y de manera general se insertan terminalmente en el esporangióforo, aunque también pueden estar intercalados. El esporangio muchas veces presenta vacuolas y al microscopio se observa un aspecto granuloso en su interior (Pérez *et al.* 2010). En medio agar-avena se observaron claramente los esporangios papilados, elipsoides con un pedicelo corto, con un tamaño promedio de 37,1 μm x 52, μm . (Martínez *et al.* 2009).

Los miembros de este género producen además clamidosporas, las cuales constituyen un órgano de conservación y supervivencia. Generalmente son de forma redondeada con una pared bien definida (más de 2 micras de espesor), siendo comúnmente intercalares aunque también pueden encontrarse en el extremo terminal de la hifa. Al principio las clamidosporas son hialinas, tornándose de un color amarillo o ligeramente marrón con la edad (Pérez *et al.* 2010). El diámetro promedio de las clamidosporas es de 42,4 μm ; estas estructuras fueron observadas frecuentemente en el frente de avance de las lesiones en el tejido enfermo, y ellas son características de *P. palmivora* (Martínez *et al.* 2009).

Las oosporas siempre se presentan de manera individual, ocupando relativamente toda la cavidad del oogonio. Es de forma esférica, lisa o moderadamente verrugosa, y su coloración puede ser hialina o ligeramente amarillo oscuro. El oogonio, órgano sexual femenino, se describe de forma esférica o ligeramente ahusada, usualmente se encuentra en el ápice de una hifa (Pérez *et al.* 2010).

C. Ciclo de vida

La salpicadura de la lluvia lleva los esporangios y las zoosporas del suelo y de los charcos al dosel. Las zoosporas rápidamente se enquistan y se adhieren a la superficie de la planta y luego germinan e infectan la planta huésped. La salpicadura de la lluvia suele estar correlacionada con la infección de los frutos y hojas que están posicionados en la parte baja del dosel, típicamente hasta unos 70 cm sobre el nivel del suelo (Drenth y Guest 2013).

Una vez que ocurre la infección en la mazorca, el hongo se desarrolla rápidamente, a medida que la lesión necrótica crece, sobre el fruto se observa el crecimiento del micelio del hongo de color blanco, sobre el cual se desarrollan los esporangios, que aparecen 4-5 días después de aparecer los primeros síntomas (Galindo 1985). Las mazorcas enfermas continúan produciendo esporangios hasta que ocurra la destrucción del fruto (Hardy 1961).

Ha sido demostrado por varios autores, que al menos una parte del ciclo de vida del hongo causante de la mazorca negra ocurre en el suelo, constituyéndose el suelo en una importante fuente de inóculo (Galindo 1985). Las clamidosporas y oosporas son estructuras de supervivencia importantes del patógeno, con ellas son capaces de vivir en el suelo o materia vegetal muerta en momentos en que las plantas huéspedes están ausentes (Brooks 2005). (Ver Figura 1).

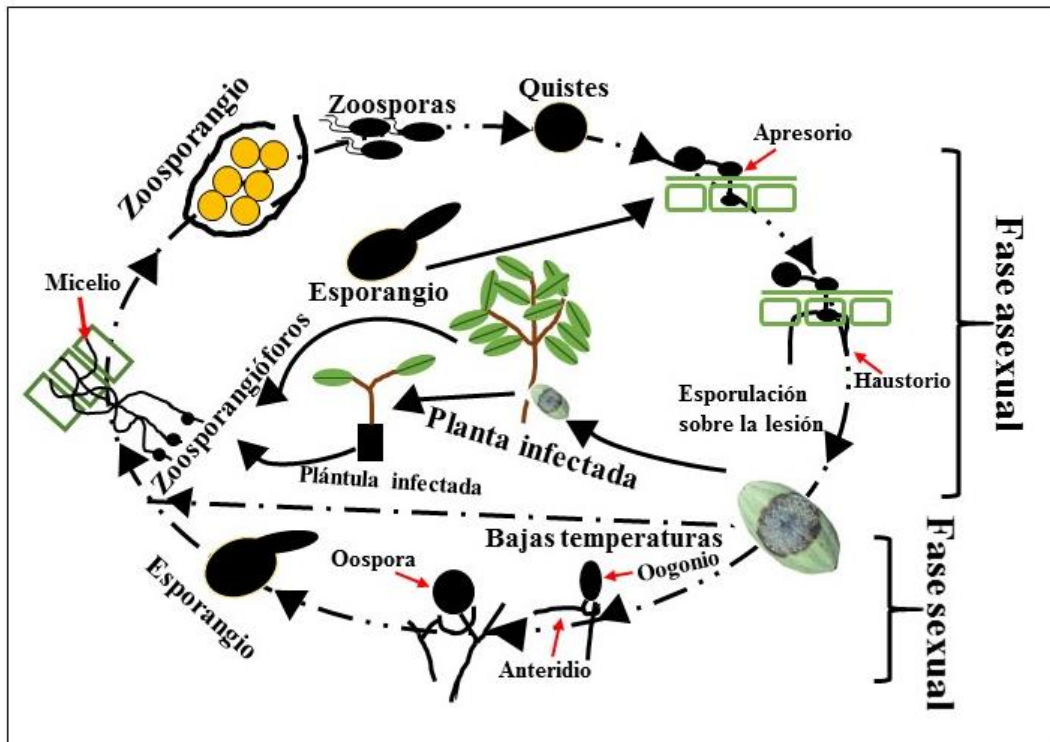


Figura 1. Ciclo de vida de *P. palmivora*.

D. Epidemiología.

El inicio del proceso de infección depende de las condiciones ambientales, la humedad relativa alta y las bajas temperaturas. Las épocas de lluvias, por ejemplo, son favorables para la liberación de las esporas y su dispersión. Su propagación se facilita bajo ciertas condiciones:

- Cuando hay salpicadura de la lluvia, pues aprovecha el inóculo presente en el suelo para afectar a las mazorcas más cercanas al suelo.
- La esorrentía que transporta en la corriente del agua las esporas y permite la dispersión del patógeno.
- También el viento moviliza las esporas atrapadas en microgotas de agua. De esta manera las esporas transmiten la enfermedad.
- El inicio de la enfermedad se da en condiciones óptimas de humedad (agua libre) y temperatura (15° – 38° C) libera las zoosporas que son estructuras móviles de vida corta (ICA 2012).

En presencia de humedad los esporangios para liberar los propágulos infectivos de las zoosporas necesitan 20 a 30 minutos en agua libre sobre la superficie de las plantas para que se enquisten, germinen y penetren en los tejidos del huésped. Bajo condiciones favorables los esporangios son capaces de desarrollar la infección dentro de las 48 horas (Guest 2007).

Aunque los síntomas aparecen durante todo el año, las epidemias más graves coinciden con la proliferación de vectores de esporangios y de insectos durante la estación húmeda (Guest 2007). La lluvia es uno de los más importantes factores para que ocurran epidemias, iniciándose estas 4-5 días después de una alta precipitación. Además, el principal agente de diseminación de las zoosporas es el salpique del suelo ocasionado por la lluvia y el agua que corre a lo largo de troncos y ramas (Galindo 1985).

Las principales fuentes de inóculo son las cáscaras de mazorcas enfermas, las mazorcas momificadas, el suelo infestado, los cojines florales, los cortes del tronco y los brotes de cacao infectados que crecen cerca del suelo (Galindo 1985). Las condiciones ambientales favorables en las zonas tropicales húmedas respaldan la propagación explosiva del inóculo secundario infeccioso que causa las epidemias (Drenth y Guest 2013).

E. Manejo de la enfermedad.

Para el manejo de la enfermedad se pueden combinar tres enfoques: cultural, el uso de fungicidas orgánicos y el uso de cultivares resistentes; las prácticas culturales solas, no combaten totalmente la enfermedad, si se combinan con material resistente se vuelven importantes para reducir la cantidad de pérdidas en un cacaotal (Enríquez 2004).

El control de la mazorca negra debe ser preventivo, realizando oportunamente las siguientes practicas:

1. Recolección de las mazorcas maduras cada 8-15 días.
2. Corte de frutos enfermos durante la cosecha, retirando aquellos que caigan cerca de la base del árbol (deben dejarse entre las calles).
3. Tratamiento de montones de cascaras o frutos enfermos con un fungicidas, para destruir el patógeno y evitar la diseminación del mismo.
4. Evitar el exceso de humedad en el ambiente de la plantación, mediante podas dirigidas y regulación del sombrío.
5. Las aspersiones a los frutos con fungicidas cúpricos como Kocide-101 en concentración de 2% con 0.05% de adherente en los picos de producción, ayudan a la protección de las mazorcas. Para plantaciones con niveles de producción medios o bajos, esta práctica no resulta económicamente rentable. La aplicación de productos químicos se hace solamente a los frutos y es complementaria a las prácticas de manejo y solo justifica en plantaciones con alto potencial productivo y en periodos de precios altos del grano. En cambio en viveros esta práctica es indispensable en los meses de lluvia frecuentes.
6. El empleo de cultivares resistentes a la enfermedad es la forma más eficaz y económicamente de controlarla, y existen materiales híbridos que provienen de padres resistentes.
7. Las lesiones producidas por el cáncer del tronco son fáciles de identificar por el cuarteamiento y exudaciones gomosas en la corteza; en casos muy avanzados de cáncer el hongo llega a penetrar hasta las raíces y el árbol se debilita poco a poco hasta morir. Se

combate quitando la parte infectada con un machete bien afilado, donde se apreciará una coloración café vino tinto, la cual se debe cubrir con una pasta protectante a base de cobre (la misma usada para proteger cortes en las podas) (Sánchez y Dubon 2011).

Según FHIA, (2008), con la aparición de la moniliasis como la enfermedad más destructiva en Honduras, el problema de la enfermedad de la mazorca negra en los últimos años ha pasado a ser secundario, ya que cuando se realizan prácticas de control para moniliasis, como regulación de sombra, podas y eliminación de frutos enfermos, también se controló mazorca negra. Al igual que la moniliasis el control químico es caro y usualmente poco efectivo, especialmente en épocas de altas presión de inóculo y alta humedad (Guest 2007).

La resistencia genética parece ser la mejor solución, sin embargo es a largo plazo y los mejoradores de cacao se han concentrado en hacer mejoramiento para aspectos de rendimiento y resistencia a monilia. A pesar que en Honduras no es la enfermedad principal en el cultivo de cacao, esta se muestra de manera estacionaria y tienen el potencial de causar mucho daño a la producción cacaotera nacional, por lo que el uso de materiales genéticos con resistencia genética a la enfermedad es de gran importancia para reducir su impacto (FHIA 2007).

Se conoce un buen número de cultivares con buenos niveles de resistencia de campo (Enríquez y Soria 1984). Estos cultivares varían de acuerdo con la especie del hongo predominante en cada área (Galindo 1985). Con el uso de cultivares resistentes se puede disminuir el número de aplicaciones de fungicidas (Hardy 1961). Se pueden usar híbridos o clones resistentes como: ‘SCA 6’, ‘SCA 12’, ‘CC 42’, ‘UF 613’, ‘Pound 7’ y ‘EET 59’ (Isla y Andrade 2009).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Ubicación del sitio experimental.

La investigación se realizó en el CEDEC-JAS (Centro Experimental Demostrativo del Cacao “Jesús Alfonzo Sánchez”) de la Másica, Atlántida, Honduras. El CEDEC-JAS posee un área de 42 ha⁻¹, con una altitud de 18 msnm. Es un bosque húmedo tropical con temperatura que oscila entre los 18 a 32° C. La evapotranspiración potencial oscila entre los 1100 y 1400 mm por año con una humedad relativa del aire de 83 a 88%. Octubre a noviembre comprende los meses más lluviosos y de marzo a mayo los periodos más secos (Sánchez 1990). Precipitación promedio anual de 2,817 mm año⁻¹ (promedio de 2003 a 2015) (FHIA 2015).

4.2. Materiales y equipo.

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipo: platos petri, bolsas plásticas, papel toalla, cinta adhesiva, inóculo de *Phytophthora palmivora*, cuaderno, marcadores, tablero, cuchillos, chinchetas, jaulas, rótulos. En equipos: recipientes de laboratorio, microscópico, hemacitómetro, pinzas, cámara de crecimiento, cámara de flujo laminar, cámara fotográfica.

4.3. Obtención y producción del inóculo.

El patógeno se obtuvo de frutos del campo que mostraron síntomas evidentes de mazorca negra del cacao, los cuales fueron llevados al laboratorio de Fitopatología de la FHIA en el cual fueron procesados utilizando técnicas asépticas, siguiendo la metodología de Phillips y Galindo (1989).

4.3.1 Preparación del medio de cultivo.

Se pesaron 1.5 gr de CaCO_3 (Carbonato de Calcio) y 7.5 gr de agar, también se midió 100 ml de jugo V8 (jugo de ocho vegetales) y 400 ml de agua destilada estéril, estos fueron colocados en un Erlenmeyer, se le agregó CaCO_3 , agar y el jugo V8 que fueron anteriormente medidos. El medio de cultivo fue esterilizado en la autoclave por 15 minutos a una temperatura $\pm 120^\circ\text{C}$.

4.3.2 Producción del hongo.

Los frutos que contenían el hongo *P. palmivora* fueron cortados horizontalmente y luego sumergidos en un beaker con cloro al 20% por cinco minutos y luego sumergidos en otro beaker con agua destilada por cinco minutos y después tres lavados con agua destilada durante tres minutos cada uno.

Los pedazos de cacao que tenían el hongo fueron introducidos en la cámara de flujo laminar donde se eliminó una delgada capa de su corteza, luego se cortó un pequeño segmento el cual fue insertado en platos petri con cultivo artificial de Agar, V8 y CaCO_3 . El inóculo fue incubado por un periodo de 10 días a una temperatura constante de 25°C .

4.4. Material experimental.

Se evaluaron 28 materiales genéticos promisorios, que han sido reportados con cierta tolerancia en los países en donde fueron seleccionados o desarrollados. Los clones evaluados son los que se presentan a continuación:

1. CAP-34	8. EET-62	15. ICS- 6	22. UF-29
2. CAUCASIA-34	9. EET-95	16. ICS-39	23. UF-221
3. CAUCASIA-37	10. EET-96	17. ICS-95	24. UF-273
4. CAUCASIA-43	11. EET-162	18. IMC- 67	25. UF-296
5. CAUCASIA-47	12. EET-400	19. POUND-12	26. UF-613
6. CCN-51	13. FCS-A2	20. SPA-9	27. UF-667
7. EET-48	14. ICS-1	21. TSH- 565	28. UF-676

4.5 Arreglo espacial.

El experimento se realizó con materiales genéticos distribuidos en lotes Jardín Clonal Catie y Policlones de Banco Madre, estos no tienen diseño espacial experimental. No se utilizó un diseño experimental convencional porque se necesitó uniformizar en cuanto a edad y tamaño de los frutos.

Debido a la escasez de frutos, fueron seleccionados los frutos que estaban disponibles en el clon y que presentaran las condiciones ideales para realizar la inoculación, tratando de llegar a un máximo de 40 frutos por material a evaluar, sin contar el fruto que fue utilizado como control. Se inocularon los frutos de aproximadamente 4-5 meses de edad.

4.6 Inoculación de plantas de cacao en el campo

4.6.1 Preparación de la suspensión de zoosporas

Transcurridos diez días de incubación del patógeno aislado se cosechó el inóculo, inundando los platos petri conteniendo las colonias del patógeno con 10 ml de agua destilada estéril a 10°C. Los platos inundados se sometieron a golpe térmico incubándolos en la oscuridad a 5 °C por 30 minutos dentro de una refrigeradora y finalmente a temperatura ambiente y con luz por otros 30 minutos, este tratamiento provoca la liberación de zoosporas.

- **Conteo de zoosporas con el hemacitómetro.**

Se agregaron 10 ml de agua destilada en platos petri conteniendo *P. palmivora*. La recolección de zoosporas se realizó usando un pincel el cual se pasó por el hongo hasta lograr obtener una gran cantidad de zoosporas disueltas. Con un gotero se tomó una pequeña cantidad de *P. palmivora* disuelto y se colocó en el hemacitómetro y con la ayuda de un microscopio se procedió a hacer el conteo de las zoosporas hasta calibrar a una concentración estimada de 15×10^4 zoospora ml^{-1} .

4.6.2 Aplicación del inóculo en la mazorca de cacao.

La inoculación se hizo en un tiempo no mayor de 30 minutos después de preparada la suspensión, para ello se sumergieron dos discos de papel de filtro de 1 cm de diámetro en la suspensión previamente agitada, luego fueron colocados en lados opuestos al "ecuador" del fruto en el que seguidamente se pusieron trozos de cinta adhesiva sobre el papel filtro para evitar la caída de los mismos. Inmediatamente se colocaron a cada mazorca una jaula metálica con una bolsa transparente de polietileno en el que previamente se le introdujo un pedazo de papel toalla humedecido, esto se realizó para dar al hongo las condiciones ambientales adecuadas para su desarrollo. A los 2 días se cortó los extremos inferiores de la bolsa para eliminar el agua libre y extraer el papel toalla.

De la misma manera se enjauló una mazorca sin aplicación del hongo *P. palmivora* en cada clon, el cual se utilizó como testigo relativo, este fue etiquetado como control, se anotó la fecha en que se realizó la actividad.

4.7. Evaluación de la infección

4.7.1 Recolección de frutos.

Esta actividad se realizó siete días después de haber realizado la inoculación de los frutos. Se comenzó cortando el pedúnculo del fruto con una tijera de jardín. Los frutos fueron sacados de las bolsas y de las jaulas, colocándolos separados del testigo relativo de cada clón y seguidamente se realizó su respectiva evaluación.

4.7.2 Reislamiento.

Se tomaron 5 frutos con síntomas evidentes de mazorca negra provenientes de los lotes del CEDEC-JAS, la Másica, Atlántida. Luego fueron trasladadas al laboratorio de fitopatología de la FHIA, donde se realizó el aislamiento del hongo y se incubó en un periodo de 10 días, seguidamente fue trasladada nuevamente al CEDEC-JAS, donde se observaron las estructuras del hongo mediante un microscopio, para confirmar el agente patógeno. Luego se realizó la inoculación en los materiales genéticos de cacao, siete días después fueron evaluados los frutos inoculados con este agente patógeno.

4.7.3 Variables evaluadas

A. Incidencia.

Se determinó calculando el porcentaje de mazorcas inoculadas que mostraron síntomas externos de mazorca negra. La incidencia se determinó empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia} = \frac{a}{A} \times 100$$

Donde:
a: total de frutos infectados
A: total de frutos inoculados

B. Severidad.

La severidad se midió utilizando el diámetro de la lesión de mayor tamaño en cada fruto.

Dónde: X: longitud de la lesión en cm medida en el eje de la abscisa

$$DL = (X + Y) / 2$$

Y: longitud de la lesión en cm medida en el eje de la ordenada

Una vez obtenido el diámetro de la lesión más grande de cada fruto, se procedió a calcular el promedio de diámetro de lesión de todos los frutos del material evaluado. Para definir la severidad de la enfermedad y el comportamiento de cada uno de los materiales se usó una escala de cuatro valores (Cuadro 1).

Cuadro 1. Escala para definir la severidad de la enfermedad.

Diámetro de la lesión (cm)	Parámetro
0 – 2	Resistente (R)
2.1 – 4	Moderadamente Resistente (MR)
4.1 – 6	Moderadamente Susceptible (MS)
> 6	Susceptible (S)

(Phillips y Galindo 1989).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trabajo de investigación se realizó a partir del 12 de octubre del 2015, iniciando la toma de datos el día 18 de noviembre y tomando los últimos datos el 22 de enero del 2016. Las variables evaluadas fueron incidencia y severidad de mazorca negra. Las inoculaciones se realizaron en 11 diferentes fechas, debido a la escasez de frutos adecuados, ya que fue un año registrado con baja producción de frutos, como resultado del largo verano por el fenómeno del niño, viéndose afectadas las zonas cacaoteras del país.

Las inoculaciones fueron realizadas en diferentes árboles y en algunos casos en diferentes localidades del lote que pertenecían a los mismos clones, tratando de lograr el mayor número de frutos inoculados por clon, provocando variabilidad en los resultados, ya que los frutos estuvieron expuestos a diferentes microclimas.

5.1 Incidencia y severidad de materiales genéticos de cacao.

Se inocularon 593 frutos provenientes de 28 materiales genéticos de cacao distribuidos en el lote Jardín Clonal Catie y Policlones del Banco Madre. Se colocaron en total 33 controles, uno por cada clon inoculado, ninguno de estos controles presentó síntomas de mazorca negra u otra enfermedad, los controles sirvieron como testigo relativo.

Se encontraron tres materiales genéticos con resistencia a mazorca negra, el Caucasia-37, Caucasia-43 y el ICS-1, los cuales presentaron una severidad de 1.4, 1.51 y 1.94 cm respectivamente, con una incidencia promedio de 30%. En estos clones se inocularon un total de 12, 15 y 34 frutos respectivamente. Esto probablemente se deba a su propio potencial genético, ya que el microclima en el cual se encuentran los árboles es el adecuada tanto para el desarrollo del cultivo como del patógeno.

El Caucasia-43 se inoculó en un periodo con los promedio más altos de precipitación (19.14 mm) y mostró una alta resistencia a mazorca negra con una severidad de 1.51 cm. Según estudios realizados en Camerún con análisis de múltiple regresión señalaron que las lluvias son un fuerte indicador de las epidemias de mazorca negra en frutos de cacao en condiciones de campo (Ndoumbé-Nkeng *et al.* 2009). Aunque la diseminación de las zoosporas ocurre por el salpique del suelo ocasionado por la lluvia y el agua que corre a lo largo de troncos y ramas, siendo *P. palmivora* transportada por el agua (Galindo 1985 y Drenth y Guest 2013). Cuando se practican inoculaciones artificiales, como en esta investigación, las altas precipitaciones posiblemente no favorecen el ataque de *P. palmivora*, ya que la inoculación artificial eventualmente forma una cámara húmeda mediante una bolsa de polietileno dándole condiciones para su desarrollo, pero además protege el fruto evitando el contacto de todos estos factores externos que favorecen la llegada y la proliferación de *P. palmivora* en los frutos de cacao enjaulados.

Cuadro 2. Incidencia y severidad de clones con resistencia a mazorca negra con promedios de temperaturas y precipitaciones por periodo de inoculación.

Clon	Frutos inoculados	Incidencia (%)	Severidad (cm)	Precipitación mm	Temperatura °C
Caucasia-43	12	15	1.4	19.14	25.91
Caucasia-37	15	26	1.51	3.84	26.19
ICS-1	34	50	1.94	8.61	25.44

El Caucasia-37 y Caucasia-43 mostraron susceptibilidad en evaluaciones realizadas anteriormente (FHIA 2007). Es posible que hayan influido las condiciones climáticas que difieren en esta investigación respecto a las del 2007, aunque esta fecha fue reportado con una cantidad y distribución de lluvias que mantuvo incidencia baja de mazorca negra en el CEDEC-JAS, en el transcurso del mes de febrero de ese mismo año, en el que dio lugar a los trabajos de inoculación artificial con mazorca negra, según los registros históricos llovió 274 mm, una humedad relativa de 85% y una temperatura promedio mensual de 24.3 °C (FHIA 2007). Siendo estas temperaturas relativamente bajas comparadas con los promedios

mensuales de los meses en los que se realizó esta investigación. Según Galindo (1985), la incidencia y severidad de la enfermedad también se ve favorecida por una alta humedad durante largos periodos y temperaturas relativas bajas, que favorecen la reproducción del hongo. Sin embargo, en ambas evaluaciones el número de frutos inoculados no sobrepasó de 15, por lo que no son estudios concluyentes para tomar una decisión definitiva sobre su resistencia o susceptibilidad a mazorca negra.

Posiblemente la resistencia de las caucásias se deba a las características morfológicas del fruto, ya que en estos clones se pueden observar frutos relativamente grandes, y poseen una rugosidad ligera (Martínez 2015), esto puede contribuir a una cutícula superficial más plana evitando la acumulación de agua y partículas con el fin de mantener limpia y seca la superficie de los frutos, evitando la proliferación de patógenos (EXCELSIOR 2016). En general, los clones con las frutas que tienen una cutícula más gruesa son más resistentes a mazorca negra (Vanegtern *et al.* 2015).

Según Iwaro *et al.* (1997), el conjunto de la frecuencia y el tamaño de los estomas muestran una fuerte resistencia a la relación en la etapa de penetración de *Phytophthora* en el fruto de cacao, sus estudios también señalaron al clon ICS-1 como una fuente útil en la resistencia en la fase de penetración debido a que este posee relativamente pocos estomas, con la longitud de poro medio más corto, ICS-1 tiene la frecuencia estomática más baja.

En este estudio el clon ICS-1 se destacó con una severidad promedio de apenas 1.94 cm en 36 frutos inoculados. Esto puede indicar que este clon es resistente, sobre todo si se considera que durante el periodo de incubación se tuvieron los promedios más bajos de temperatura (25.44 °C), es decir que el hongo estuvo sometido a condiciones ideales en cuanto a temperatura, favoreciendo la infección de la mazorca. Su alto potencial genético de resistencia también podría ser influenciado por sus orígenes, este clon fue desarrollado en la isla de Trinidad a partir de mezclas de materiales criollos y forasteros amazónicos, que dieron origen a los ICS, los primeros árboles de alto rendimiento, siendo los forasteros amazónicos resistentes a enfermedades (Sánchez s.f.).

Diez clones presentaron resistencia moderada a mazorca negra, el grado de severidad se encontró desde 2.27 a 3.96 cm y una incidencia promedio de 64.27%. El clon más resistente de esta agrupación es el Caucasia-47 y el menos resistentes es el UF-667. Los clones ubicados en esta agrupación, obtuvieron también presencia de resistencia a mazorca negra, que probablemente se le pueda atribuir al alto contenido fenólico de frutos de cacao de dichos clones. Según Omokolo *et al*, (1996), el efecto inhibitor de los compuestos fenólicos en el desarrollo de hongos también depende del nivel de estos compuestos en el tejido vegetal, interviniendo en la síntesis de compuestos para la resistencia a enfermedades, como fitoalexinas, pterocarpanos y esteres de ácidos hidroxicinámicos.

En esta agrupación destacan el UF-613, SPA-9, EET-96 y UF-29, que fueron evaluados en Costa Rica anteriormente y mostraron también una reacción de resistencia moderada a mazorca negra (Phillips y Galindo 1989). Todos estos clones, al seguirlos evaluando existe la posibilidad de que se posicionen en otros grupos, ya sea entre los resistentes o los moderadamente susceptibles, dado a la variabilidad de las condiciones ambientales que influyen en la modificación de la severidad. Por lo que, se debe seguir evaluando para definir su resistencia. Por otro lado, del clon UF- 613 se evaluaron 40 frutos, obteniendo un promedio de severidad en tres inoculaciones de 3.02 cm por lo tanto, es concluyente y definitivo ubicarlo en esta agrupación.

El clon UF-29 presentó una severidad de 2.96 cm con muy baja incidencia inoculando 20 frutos y las condiciones ambientales fueron favorables para el desarrollo de *P. palmivora*, con promedios de precipitación de 8.25 mm y temperatura de 26.87 °C. Estos resultados probablemente pueden estar asociados a su alto potencial genético, o a los diversos factores que pudieron reprimir el desarrollo de la infección del hongo en el fruto. Según las evaluaciones de Phillips y Galindo (1989), las bajas incidencias estaban relacionadas con la ineficiencia de la inoculación. Por lo tanto este clon debe seguirse evaluando hasta completar los 40 frutos para llegar a mejores conclusiones.

Para el clon CAP-34 se logró inocular 23 frutos y se observó una severidad de 2.8 cm; el UF-296 se inoculó con 20 frutos, obtuvo una severidad de 3.12 cm. Otros clones como el UF-221 y Caucasia-34, se encontraron con pocos frutos disponibles para inocular, con solo 11 y 12 frutos respectivamente, por lo que es necesario seguir realizando inoculaciones en estos dos clones, también mostraron severidades de 3.08 y 3.42 cm respectivamente. La escasez de los frutos probablemente se debió al periodo de sequía que acababa de transcurrir. Sin embargo, estos clones también tienen menos árboles establecidos en el lote Jardín Clonal CATIE comparado con los demás clones, por lo que también esto influyó en la baja disponibilidad de frutos para ser inoculados.

Cuadro 3. Incidencia y severidad de clones moderadamente resistentes a mazorca negra con promedios de temperaturas y precipitaciones por periodo de inoculación.

Clon	Frutos inoculados	Incidencia (%)	Severidad (cm)	Precipitación mm	Temperatura °C
Caucasia-47	12	33.3	2.27	3.84	26.19
CAP-34	23	56.5	2.8	8.61	25.44
UF-29	24	20.83	2.92	8.25	26.87
SPA-9	22	68.18	3.08	4.31	26.67
UF-221	11	81.8	3.08	2.47	26.9
UF-296	20	80	3.12	3.93	26.15
UF-613	20	100	4.11.	9.64	26.03
UF-613	5	100	3.20	0	27.18
UF-613	15	40	1.52	8.61	25.44
Caucasia-34	12	50	3.42	4.57	26.79
EET-96	21	85.71	3.93	4.57	26.79
UF-667	22	86.4	3.96	1.89	26.98

Los diferentes episodios de inoculación posiblemente generaron una fuente de variación en cuanto a los resultados, debido a que no se realizaron en una sola fecha y como consecuencia se obtuvieron clones con distintas condiciones ambientales en el periodo en el que permaneció inoculado el fruto, dando como resultado variabilidad en la severidad de la enfermedad. Según Phillips citado por Arciniegas (2005), las diversas condiciones climáticas donde se encuentran las plantaciones, han generado gran polémica entre los autores que

realizan evaluaciones de resistencia a mazorca negra. Debe recordarse, sin embargo, que la bolsa utilizada genera un microclima diferente al que se encuentra en la plantación.

5.2 Correlaciones.

Con el fin de encontrar la causa de la variación de las severidades correspondientes a diferentes fechas de inoculación del clon UF-613, se realizó un análisis de correlación con las condiciones climáticas (precipitación y temperatura) registradas en tres escenarios climáticos, en las cuales se encontraron diferentes severidades.

Se encontró una correlación de $r = 0.49$ entre la severidad y la temperatura y con la precipitación su valor fue de $r = -0.07$. Según Di Rienzo *et al*, (2001), cuando X e Y no están correlacionadas, r es igual a cero. En este caso el conocimiento de una de las variables no ayuda a describir el comportamiento de la otra. Por otra parte, cuando X e Y están altamente correlacionadas en forma lineal, r está muy próximo a 1 ó -1. En este caso indica que la precipitación no tiene una relación lineal con la severidad porque tiene valores muy próximos a cero. Por otro lado, la correlación de la severidad con la temperatura obtuvo un valor más cercano a uno. En conclusión la severidad encontrada en el clon UF-613 se vio más influenciada por la temperatura que por la precipitación, con esto se comprueba lo destacado anteriormente, en la inoculación artificial la bolsa de polietileno evita el contacto de la lluvia sobre los frutos enjaulados, evitando factores externos que puedan influenciar en la severidad.

Estos resultados indican que al aumentar la temperatura también puede aumentar la severidad o viceversa, aunque fue significativamente bajo. En cambio en la precipitación al aumentarse la severidad puede disminuir o viceversa, constituyendo la temperatura como una de las principales causas de severidades altas en mazorcas de cacao. Según Enríquez y Paredes (1983), a temperaturas más altas (27 a 32°), las lesiones de las mazorcas se desarrollan rápido y la pudrición se acelera.

5.3 Relación de incidencia natural con inoculación artificial mediante registros históricos de los clones.

Las evaluaciones de la reacción a mazorca negra en condiciones en campo revelaron que el cultivar CCN-51 resultó el más susceptible de todos (FHIA 1997) y (FHIA 2006). También en los registros de incidencia natural y producción del año 2011- 2015 de la evaluación preliminar de 6 cultivares de cacao distribuidos a nivel centroamericano por el PCC-CATIE, el clon ICS-95 resultó con el más alto índice de incidencia natural a mazorca negra (FHIA-2005) y en los registros de producción de frutos en 12 árboles promisorios preseleccionados en lotes comerciales y experimentales, CEDEC-JAS, La Másica, Atlántida. (2003) el clon ICS-39 fue uno de los clones que presentó mayor incidencia a mazorca negra (FHIA 2003). Estos materiales se agruparon entre los susceptibles mediante inoculación artificial en esta investigación (anexo 6) y (anexo 7), quedando demostrado a través de los años la susceptibilidad de estos clones, tanto en incidencia natural como en inoculación artificial. Esto permite señalar con mayor seguridad la susceptibilidad de estos clones, y la posibilidad de descartarlos para futuros cruces o desarrollo de nuevos materiales genéticos de cacao con resistencia a mazorca negra.

En el comportamiento productivo de varios materiales genéticos de cacao, CEDEC-JAS, La Másica, Atlántida. (2015) en el segundo año de registro (anexo 8), señalan al clon ICS-1 como uno de los más susceptibles por infección natural de mazorca negra (FHIA 2015). Sin embargo, en la evaluación por inoculación artificial con mazorca negra se presentó como uno de los más resistentes. La infección natural del clon ICS-1 posiblemente pudo estar influenciada por el manejo agronómico debido a que las plantaciones de cacao del CEDEC-JAS llevan más de 13 años de haber sido establecidas, este dato es de mucha importancia debido a que en plantaciones jóvenes (6 a 7 años) normalmente la enfermedad no es un problema serio, pues la enfermedad tarda más en establecerse completamente y su control se facilita gracias al menor tamaño de los árboles (FHIA 2012). Nyadanu *et al*, (2009), relaciona la infección natural con factores ambientales que no pueden ser controlados y que

la posibilidad de causar epidemias o escape de la enfermedad son altas y en las inoculaciones artificiales no hay posibilidad de goteo de las zoosporas, constiyéndose negativamente en factores que podrían confundir los resultados, por eso recomienda otro método de evaluación de cultivares como la prueba de disco de hoja.

También se llevó registro del clon UF-613 (anexo 8), presentó incidencia natural intermedia (FHIA 2015). En este estudio se agrupó entre los moderadamente resistentes con inoculación artificial, logrando grandes similitudes en cuanto a la incidencia natural, agrupando a este clon como de mediana resistente a mazorca negra. El clon FCS-A2 mostró incidencia natural intermedia a mazorca negra (FHIA 2015). En la evaluación mediante inoculación artificial de esta investigación, encabeza la lista de los moderadamente susceptibles con un 50% de incidencia, manteniéndose como un clon de mediana susceptibilidad a mazorca negra. Según FHIA, (1998), el cultivar FCS- A2 presenta muy baja incidencia de mazorca negra en condiciones naturales, y el comportamiento ante la enfermedad variaba al ser inoculado artificialmente, por sus características de producción y escape a la enfermedad en condiciones naturales.

El CAP-34 se mantuvo con baja incidencia natural a mazorca negra (FHIA 2015). En las evaluaciones mediante inoculación artificial de esta investigación, el CAP-34 está agrupado entre los clones moderadamente resistentes. El Clon ICS-6 se presentó con alta incidencia natural a mazorca negra (FHIA 2015), en esta investigación se agrupó entre los clones susceptibles. El clon UF-667 presentó alta incidencia natural (FHIA 2015), pero en este estudio, por el contrario, fue catalogado entre los materiales genéticos moderadamente resistentes. Otros clones como el EET-96, UF- 676 y IMC-67 fueron registrados en ese mismo año con baja incidencia natural a mazorca negra comparado con los demás clones (anexo 8), (FHIA 2015) están entre los moderadamente resistentes y moderadamente susceptibles a mazorca negra mediante inoculación artificial en esta investigación. A pesar de los factores que interactúan para favorecer la infección del hongo, genéticamente los clones presentaron resistencia o susceptibilidad a *P. palmivora* que se vio reflejado, tanto en la manifestación del hongo con la inoculación artificial, como en la incidencia natural, en

conclusión ambos métodos proporcionan datos representativos para evaluar la resistencia de los clones de cacao a mazorca negra.

Probablemente las incidencias de las inoculaciones artificiales tienden más a favorecer el desarrollo de *P. palmivora*, ya que los frutos son colocados en jaulas con una bolsa de polietileno y papel toalla humedecida, generando un microclima que ayuda al avance de la infección. Según Blaha; Lawrence citado por Arciniegas (2005), al realizar el estudio de resistencia a los materiales, los diversos métodos artificiales no establecen las condiciones naturales que desarrolla la infección y ocasionan un cambio en la respuesta de reacción durante el periodo de evaluación, es por esta razón que muchos estudios no coinciden con la reacción obtenida bajo la infección natural. En la incidencia natural el inóculo llega a los frutos mayormente a través del salpique de la lluvia en el suelo, y se presenta por lo general siempre después de altas precipitaciones y temperaturas relativamente bajas, para que se puede generar las condiciones adecuadas para que se genere la infección en el fruto (Galindo 1985). Sin embargo, los registros de incidencia natural de los ensayos donde fueron establecidos los clones son bajas debido a los manejos culturales que se emplean.

Se podría decir que la inoculación artificial trata de evaluar la resistencia de los clones bajo condiciones óptimas para el desarrollo de *P. palmivora* y la incidencia natural evalúa la resistencia del clon bajo condiciones de manejos culturales que tratan de evitar las condiciones óptimas para la proliferación del patógeno en el fruto y desarrollo de la misma. Con esto la inoculación artificial pretende proporcionar datos reales que se asemejen y se manifiesten de forma similar o mejor, que en condiciones de campo y demostrar su verdadera potencialidad genética en cuanto a resistencia de las enfermedades. Se concluye que la incidencia natural es útil para la selección preliminar de genotipos resistentes a *P. palmivora*, pero la misma debe ser corroborada con inoculaciones artificiales. Se debe tener presente que en el campo la presión de inóculo, las condiciones microambientales y la cepa del hongo pueden variar significativamente, lo que explica las inconsistencias entre la incidencia natural y las pruebas artificiales (Phillips citado por Arciniegas 2005). En todo caso, los clones promisorios a través de la inoculación artificial siempre deben ser evaluados en condiciones naturales para conocer su potencial real de resistencia.

VI. CONCLUSIONES

Los clones que presentaron resistencia a *P. palmivora* mediante inoculación artificial fueron el Caucasia-43, Caucasia-37 y el ICS-1.

Diez clones presentaron moderada resistencia a *P. palmivora* mediante inoculación artificial fueron el Caucasia-47, CAP-34, UF-29, SPA-9, UF-221, UF-296, UF-613, Caucasia-34, EET-96 y UF-667.

Se encontró mediante correlación una relación entre la severidad de la enfermedad y las temperaturas en diferentes fechas de inoculación del clon UF-613, indicando que cuando se aumentó la temperatura también se aumentaba la severidad en los frutos, aunque fue significativamente bajo, por resultar con una correlación apenas de $r = 0.49$.

En la mayoría de los clones los resultados obtenidos mediante inoculación artificial coincidieron con los registros históricos de incidencia natural de los clones.

VII. RECOMENDACIONES

Completar el número de frutos inoculados en aquellos clones en los que no se logró inocular 40 mazorcas, para obtener mejores conclusiones, debido a que cuando se inoculan pocos frutos los resultados de incidencia y severidad no son muy confiables.

Realizar inoculaciones artificiales en diferentes fechas para ver el comportamiento de los clones en diferentes escenarios climáticos, y así proporcionar datos de severidad de clones según sus condiciones climáticas (Precipitación, temperatura y humedad relativa).

Emplear pruebas de comparación entre las condiciones climáticas del campo y las que están dentro de la bolsa que cubre los frutos que se inoculan, ya que adentro de la bolsa plástica se genera un microclima.

Previo a la inoculación realizar polinización asistida en flores, para inocular frutos de una misma edad y aumentar la producción de frutos en los clones que se quieren evaluar, obteniendo más frutos disponibles para inocular en el mismo periodo de tiempo.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Agrios G. 1995. Fitopatología. Editorial Limusa S.A. 2 ed. p 119-120

Agrocalidad 2014 .Cadena productiva de cacao. (En línea). Quito, Ecuador. Consultado 05 mayo 2015. Disponible en:
http://unctad.org/meetings/en/Presentation/ditcted2014_Ecu_AGROCALIDAD-CACAO.pdf.

Arciniegas, A. 2005. Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genético del catie. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Programa de enseñanza para el desarrollo y la conservación escuela de postgrado. 126 p.

Batista, L. 2009. Guía Técnica, El Cultivo de Cacao. (En línea). Santo Domingo, República Dominicana. CEDAF Inc. Consultado 12 mayo 2015 Disponible en:
<http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>

Braudeau, J. 1970. El Cacao; panorama del cultivo del cacao. Trad. AM. Hernández Cardona. Maisonneuve et Larose, Blume & Barcelona, pág. 15

Brooks, F. 2005. *Phytophthora palmivora* Pests and Diseases of American Samoa. (En línea). American Samoa, United States of América. Consultado 9 agosto 2015. Disponible en:
http://www2.ctahr.hawaii.edu/adap/ASCC_LandGrant/Dr_Brooks/BrochureNo12.pdf.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).2009. Proyecto Cacao Centroamérica (PCC). Cartago, Turrialba, Costa Rica. 3 p.

CentralAmerica Data. 2011. Cacao Hondureño a Suiza. (En línea) Consultado 14 abril 2015. Disponible en:

http://www.centralamericadata.com/es/article/home/Cacao_hondureo_a_Suiza

_____. 2014. En 2015 el cacao seguirá subiendo. (En línea). Consultado 15 febrero 2015. Disponible en:

http://www.centralamericadata.com/es/article/home/En_2015_el_cacao_segir_subiendo

Cerrón, G. 2012. Guia Tecnica “Asistencia técnica dirigida en manejo del cultivo del cacao”. UNALM y Agrobanco. Perú. 35 p.

Crouzillat, D. Phillips, w. Fritz, P. y Pétiard, V. 2000. Quantitative trait loci analysis in theobroma cacao using molecular markers. Inheritance of polygenic resistance to Phytophthora palmivora in two related cacao populations. (En línea). Euphytica Kluwer. Academic Publishers. Países bajos. Consultado 28 julio 2015 Disponible en: <http://link.springer.com/article/10.1023/A:1003994212394#page-1>

Drenth, A y Guest, D. Comp. 2013. Phytophthora: The Plant Destroyer. (En línea). Sidney. Australia. Fedepalma. Consultado 20 junio 2015. Disponible en: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/10666/10651>

Di Rienzo, J. Balzarini, M. Casanoves, F. Gonzalez, L. Tablada, E. Diaz, M y Robledo, C. 2001. Estadística para las Ciencias Agropecuarias. Córdoba, Argentina. 4 eds. 330 p.

Enríquez, G. 2004. Cacao Orgánico. (En línea). 2 ed. Quito, Ecuador. INIAP. Consultado 7 mayo 2015. Disponible en: <https://books.google.hn/books?isbn=9978434933>

_____.y Soria, J. 1984. Mejoramiento genético para resistencia a cinco enfermedades del cacao. Catie, Turrialba, Costa Rica. Pág. 26

_____.1985. Curso sobre el cultivo del cacao. (En línea). Turrialba, costa rica. Orton IICA / CATIE. Consultado 18 mayo 2015 Disponible en: <https://books.google.hn/books?isbn=9977951527>

_____.y Paredes, A. 1983. El cultivo del cacao. (En línea).4 Eds. 61 p. San José, Costa Rica. UNED. Consultado 12 mayo 2015 Disponible en: <https://books.google.hn/books?isbn=9977642281>

Estrada, W. Romero, X. y Moreno, J. Comp. 2011. Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas. (En línea). San Salvador, El Salvador. CONFRAS. Consultado 12 mayo 2015 Disponible en: http://biblioteca.catie.ac.cr/descargas/Estrada_et_al_Guia_Tecnica_Cacao.pdf

EUFIC. 2006. Las propiedades beneficiosas de los flavonoides del cacao. (En línea). Ville de Bruxelles, Bélgica. Consultado 12 mayo 2015. Disponible en: <http://www.eufic.org/article/es/artid/propiedades-beneficiosas-flavanoides-cacao/>

EXCELSIOR. 2016. Científicos buscan modificar cutícula de frutas para aumentar su conservación. Consultado 4 junio. 2016. Disponible en: <http://www.excelsior.com.mx/nacional/2016/03/15/1081130>

FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 1997. Programa de cacao y agroforestería. (En línea). Lima, Cortes HN. Consultado 18 febrero 2016. Disponible en: http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_tecnicos/it1997agrofresteria.pdf

_____. 1998. Programa de cacao y agroforestería. (En línea). Lima, Cortes HN. Consultado 18 febrero 2016. Disponible en: http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_tecnicos/it1998agrofresteria.pdf

_____. 2003. Programa de cacao y agroforestería. (En línea). Lima, Cortes HN. Consultado 18 febrero 2016. Disponible en: http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_tecnicos/it2003agrofresteria.pdf

_____. 2006. Programa de cacao y agroforesteria. (En línea). La Lima, Cortes HN. Consultado 16 Marzo 2015. Disponible en: http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_tecnicos/itcacao2006.pdf

_____. 2007. Programa de cacao y agroforestería. (En línea). Lima, Cortes HN. Consultado 15 mayo 2012. Disponible en: http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_tecnicos/it2007agrofresteria.pdf

_____. 2012. LA MONILIASIS DEL CACAO: EL ENEMIGO A VENCER (en línea). Lima, Cortes HN. Consultado 23 mayo 2015. Disponible en: http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/La_moniliasis_del_cacao_el_enemigo_a_vencer.pdf.

_____. 2013. Programa de cacao y agroforesteria. (En línea). Lima, Cortes HN. Consultado 11 mayo 2015. Disponible en: http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_tecnicos/Inf_Tec_cacao_2013.pdf

_____. 2014 Programa de cacao y agroforesteria. (En línea). La Lima, Cortes HN. Consultado 10 Abril 2015. Disponible en: http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_tecnicos/it2008agroforesteria.pdf

_____. 2015 Programa de cacao y agroforesteria. (En línea). La Lima, Cortes HN. Consultado 20 Febrero 2016. Disponible en:
http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_tecnicos/it2015agroforesteria.pdf

Galindo J. comp. 1985. Enfermedades del cacao de importancia económica en américa. (En línea). Turrialba, Costa Rica. CATIE. Consultado 11 mayo 2015. Disponible en:
<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A6317e/A6317e.pdf>

García, R. Gómez, R. González, C y Tong, F. 2014. Paquete Tecnológico del cultivo del cacao fino de aroma. UNODC. Lima, Perú. 70 p.

Guest, D. 2007. Black Pod. Diverse pathogens with a global impact on cocoa yield. (En línea). Sidney. Australia. Consultado 15 julio 2015. Disponible en:
http://www.researchgate.net/publication/23408285_Black_pod_diverse_pathogens_with_a_global_impact_on_cocoa_yield

Guevara, J. 2010. Análisis Comparativo de Parámetros Morfológicos de 12 Genotipos de cacao Multiplicados por Embriogénesis Somática y Formas Tradicionales de Propagación. Tesis Lic. Ing. Agr. Quevedo. Ecuador. Universidad Técnica Estatal De Quevedo. 79 p. Consultado 9 mayo 2015. Disponible en:
<https://books.google.hn/books?id=23gzAQAAMAAJ>

Hardy, F. Comp. 1961. Manual de cacao. (En línea). Turrialba, Costa Rica. IICA/Antonio Lehmann. Consultado 12 mayo 2015. Disponible:
<https://books.google.hn/books?id=sh4PAQAIAAJ>

ICA (Instituto colombiano agropecuario).2012. Manejo fitosanitario del cultivo del cacao (Theobroma cacao L.) Medidas para la temporada invernal. (En línea). Bogotá, Colombia. 40 p.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2015. Honduras abril 2015 (En línea). Consultado 12 mayo 2015. Disponible en: <http://www.sag.gob.hn/sala-de-prensa/noticias/ano-2015/abril-2015/fundaran-instituto-nacional-del-cacao/>

IDIAF (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales). 2011. Conozca y prevenga las enfermedades devastadoras del cacao. (En línea). Santo Domingo, República Dominicana. Consultado 12 mayo 2015. Disponible en: http://www.ocdih.org/web/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=19&Itemid=6.

Iwaro, A. Sreenivasan, T. y Umaharan, P. 1997. Phytophthora resistance in cacao (Theobroma cacao): Influence of pod morphological characteristics. Plant Pathology. The University of the west Indies. Augustine. 46(4) p 557-565.

InfoAgro. 2012. El cultivo del cacao. (En línea). Madrid, España. Consultado 13 mayo 2015. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cacao.htm>

INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2009. Guía Tecnológica del Cultivo del Cacao. Managua, Nicaragua. 2 ed. 35 p

Isla, E. y Andrade, B. 2009. Propuesta para el manejo de cacao orgánico. (En línea). Lima, Perú. Consultado 5 mayo 2015. Disponible en: http://www.conservation.org/global/peru/publicaciones/Documents/Propuesta_de_manejo_de_cafe

Lanaud, C. Fouet, O. Clément, D. Boccara, M. Risterucci, A. Surujdeo, S. Legavre, T. y Argout, X. 2009. A meta-QTL analysis of disease resistance traits of *Theobroma cacao* L. Mol Breeding .Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le Developpment (CIRAD). Avenue Agropolis, France. v 24 p 361–374.

Lica y Bid 1987. Proyectos: cacao cardamomo. (En línea). Alta Verapaz, Guatemala. IICA Biblioteca Venezuela. Consultado 5 mayo 2015. Disponible en: <https://books.google.hn/books?id=HVEqAAAAYAAJ>

López, A. 2012. Guía Técnica “Asistencia Técnica Dirigida en Manejo de poda y fertilización en el cultivo de cacao. (En línea). Huánuco, Perú. Agrobanco. Consultado 12 mayo 2015. Disponible en: <http://www.ruta.org/programa-agroalimentario-sostenible/CEDOC/ficha.php?id=1611>

Martinez, D. 2015. Caracterización de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L) por su respuesta de defensa a *Moniliophthora roreri* y su polimorfismo de SSRs. Tesis M.Sc. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 133 p.

Martínez, IA. 2008. Diagnóstico sobre la situación actual de cacao y perspectivas sobre la producción del cacao fino en Honduras. Tesis Ing. Agro. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola panamericana. 61 p.

Martínez, G. Sarria, G. Torres, G. y Varón, F. 2009. Avances en la investigación de *Phytophthora Palmivora*, el agente causal de pudrición del cogollo de la palma de aceite en Colombia. (En línea). Bogotá, Colombia. Cenipalma. Consultado 5 mayo 2015 disponible en: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/viewFile/1472/1472>.

Mejía, O. y Canales, M. 2009. Cadena de cacao en honduras 2009. (En línea). Tegucigalpa, Honduras. Consultado 10 mayo 2015. Disponible en: <http://www.canacacao.org/modules/smartsection/visit.php?fileid=97>

Mendoza, C. 2013. El cultivo de cacao. Opción rentable para la selva. Desco (Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo). Lima, Perú. 48 p.

Navarro, M y Mendoza, I. 2006. Cultivo del Cacao en Sistemas Agroforestales. (En línea). Rio San Juan, Nicaragua. ProDeSoc. Consultado 6 mayo 2015. Disponible en: http://www.iica.int.ni/IICA_NICARAGUA/Publicaciones/Estudios_PDF/Guia_Cacao_Para_Promotores.pdf.

Ndoubmè-Nkeng, M, Efombagn, S. Nyassé, E. Nyemb, I. Sache y C. Cilas.2009. Relationships between cocoa Phytophthora pod rot disease and climatic variables in Camerun. Canadian Journal of Plant Pathology. Yaoundé, Cameroon. v 31 p 309-320

Nyadanu, D. Assuah, M. Adomako, B. Opoku Asiama, Y. Opoku, I. y Adu-ampomah, Y. 2009. Efficacy of screening methods used in breeding for black pod disease resistance varieties in cocoa. Plant Pathology Division, Cocoa Research Institute of Ghana. Department of crop science, University of Cape Coast, Cape Coast, Ghana African Crop Science Journal, v. 17, tomo 4, p 175 – 186.

OCDIH (Organismo Cristiano de Desarrollo integral de Honduras) 2009. Guía técnica sobre cultivo de cacao. (En línea). Copan Ruinas, Honduras. Consultado 12 mayo 2015. Disponible en: http://www.ocdih.org/web/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=19&Itemid=6.

Omokolo, D. Tsala, G. y Djocgoue, P. 1996. Changes in Carbohydrate, Amino Acid and Phenol Contents in Cocoa Pods from Three Clones after Infection with *Phytophthora megakarya* Bra. and Grif. Annals of Botany. University of Yaounde. Yaoundé, Cameroon. v 77 p 153-158.

Phillips, W. 1993. Sombras y cultivos asociados con cacao. (En línea). Turrialba, Costa Rica. CATIE. Consultado 12 mayo 2015. Disponible en: <https://books.google.hn/books?id=cR8OAQAIAAJ>

Phillips, W. y Galindo J. 1989. Inoculación y resistencia a *P. palmivora* de cacao. Turrialba, Costa Rica. 39(4) p 488-496.

Pérez, M. Peñaranda, L. y Herazo, M. 2010. Impacto, Manejo y control de enfermedades causadas por *Phytophthora palmivora* en diferentes cultivos. (En línea). Santander, Colombia. Universidad de Pamplona. Consultado 10 Abril 2015. Disponible en: https://iserupa.files.wordpress.com/2010/12/phytophthora_palmivora_docx.pdf.

Ploetz, R. C. 2007. Cacao diseases: Important threats to chocolate production worldwide. Québec, Canada. 97(12) p 1634-1639.

Porras y Sánchez, J. 1988. Enfermedades del cacao. La Lima, Cortes, HN. FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). v 5 p. 5-21; 32.

Reyes, H. Vivas, J y Romero, A. 2000. La calidad del cacao: Cosecha y fermentación. (En línea). 2 ed. Caracas, Venezuela. FONAIAP DIVULGA. Consultado 05 mayo 2015. Disponible en: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd66/texto/calidadcacao.htm

SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería) 2015. Productores de cacao beneficiados con centro de acopio y fermentado. (En línea) Tegucigalpa, HN. Consultado 10 mayo. 2015. Disponible en: <http://www.sag.gob.hn/sala-de-prensa/noticias/ano-2015/febrero-2015/productores-de-cacao-beneficiados-con-centro-de-acopio-y-fermentado/>

Sánchez, J. s.f. Los avances tecnológicos en el desarrollo del cacao, Enfoque productivo. ECOM PERU-SMS-BIO AZUL. Lima, Perú. 35 p.

Sánchez, J.1990. Caracterización de la producción de cacao en Honduras. Lima, Cortes HN. FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).

Sánchez, J. y. Dubon, A. 1994. Establecimiento y manejo de cacao con sombra: guía técnica para el extensionista forestal. (En línea). Turrialba, Costa Rica. CATIE. Consultado 03 mayo 2015. Disponible en: <https://books.google.hn/books?isbn=9978434933>

_____. 2011. Manual de producción de cacao. 1a ed. Lima Cortes. FHIA. 208 p.

SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2013. Escoba de bruja del cacao (*Moniliophthora perniciosa*). (En línea). Ficha Técnica. No. 4. México, D.F. Consultado 12 mayo 2015. Disponible en: <http://www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?IdDocumento=27889&IdUrl=76621&down=true>.

SWISSCONTACT (Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico). 2012. Desarrollo de la cadena del valor Cacao. Zúrich, Suiza. 20 p.

Urquhart D. H. 1963. Cacao. 2 ed. Editorial Sic. IICA. Turrialba, Costa Rica. 322 p.

Valenzuela, J. Fernández, J. Restrepo, A. y Aristizábal, R. 2012. El cultivo de cacao. Paquete tecnológico compañía nacional de chocolates S.A.S. Medellín, Colombia. 12 p.

Vanegtern, B. Rogers, M. y Scot, N. 2015. Black Pod Rot of Cacao Caused by *Phytophthora palmivora*. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawai'i at mānoa. Hawái, United State of américa. 5 p.

Wil, P. 2013. Podas en el cultivo de cacao. (En línea). Agropecuarios. Consultado 30 mayo 2015. Disponible en: <http://agropecuarios.net/podas-en-el-cultivo-del-cacao.html>

ANEXOS

Anexo 1. Desinfección y lavado de segmentos de frutos con *P. palmivora*.



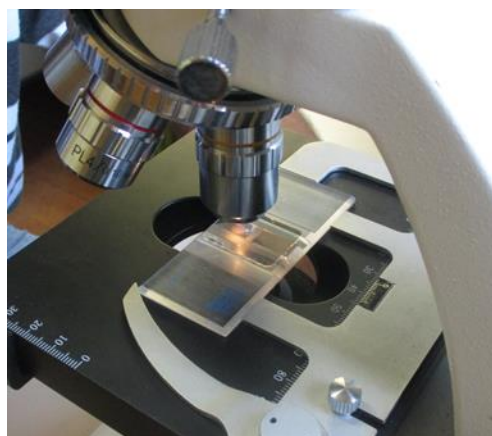
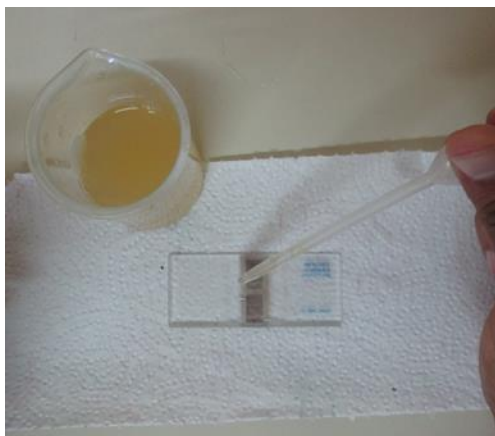
Anexo 2. Aislamiento y producción de *P. palmivora*.



Anexo 3. Crecimiento del micelio de *P. palmivora* en platos petri con medio artificial de Agar, V8 y CaCO_3 .



Anexo 4. Lectura de la cantidad de zoosporas por medio del hemacitómetro y un microscopio.



Anexo 5. Inoculación en campo de los frutos de cacao.



Anexo 6. Incidencia y severidad de clones moderadamente susceptibles a mazorca negra.

Clon	Frutos inoculados	Incidencia (%)	Severidad (cm)
FCS-A2	14	50	4.31
EET-400	22	72.7	4.37
EET-62	19	89.5	4.52
UF-273	16	100	4.54
Pound-12	20	80	4.67
IMC-67	41	82.92	4.89
UF-676	17	58.82	5.12
EET-95	22	63.63	5.13
CCN-51	42	76.19	5.88

Anexo 7. Incidencia y severidad de clones susceptibles a mazorca negra.

Clon	Frutos inoculados	Incidencia (%)	Severidad (cm)
ICS-6	41	95.12	6.07
TSH-565	20	90	7.56
ICS-39	8	100	7.94
EET-162	17	82.35	8.35
EET-48	11	100	8.43
ICS-95	14	100	10.2

Anexo 8. Comportamiento productivo de varios materiales genéticos de cacao, CEDEC-JAS, La Música, Atlántida. 2015.

Nombre del clon	No.plantas	Frutos		% incidencia natural
		sanos	con mazorca negra	
FCS-A2	49	403	18	4.28
IMC-67	53	872	29	3.22
CAP-34	51	296	15	4.82
ICS-1	54	244	21	7.92
ICS-6	47	243	26	9.67
UF-613	56	300	19	5.96
UF-667	48	592	53	8.22
UF-676	51	639	32	4.77
EET-96	27	352	22	5.88

Anexo 9. Precipitaciones y temperaturas diarias de los meses de Noviembre 2015 a Enero 2016 del CEDEC-JAS, la Música, Atlántida.

Dia	Noviembre		Diciembre		Enero	
	lluvia(mm)	Temperatura (°C)	lluvia(mm)	Temperatura (°C)	lluvia(mm)	Temperatura (°C)
1	0	28.06	0	26.11	1	26.67
2	0	27.78	3.6	26.39	1	26.67
3	0	27.22	0.4	25.83	0	25.56
4	7.4	27.22	62	25.83	5.8	25.56
5	0	27.22	6.2	26.11	2.4	25.56
6	0	27.22	24.4	25.83	136.4	24.44
7	0	27.50	37.4	25.28	0	23.61
8	0	27.50	0	25.83	0	25.28
9	33.4	26.67	0	26.67	0	26.67
10	19	26.94	13.2	26.67	0	26.39
11	58.8	27.22	0	26.67	8.4	24.72
12	38.4	26.39	0	27.22	0	25.83
13	25.8	26.39	0	27.22	22.6	25.56
14	10.3	26.94	0	27.22	29	25.00
15	8.7	27.22	0	27.22	0	25.56
16	0	27.22	0	27.50	0	26.39
17	2	27.22	0	27.22	0	26.94
18	0	26.67	11.8	27.22	9	26.11
19	11	26.39	2	26.11	9.8	24.17
20	0	25.83	1	26.67	8.4	25.56
21	2.1	26.67	0	26.67	8.1	24.17
22	0	27.22			25	24.72
23	0	27.22			0	26.94
24	2.1	26.67			0	27.50
25	4.2	26.11			0	26.94
26	14	26.11			0	26.39
27	7.8	26.67			6.4	25.83
28	1	25.83			30	25.00
29	0	26.11				
30	0.5	26.11				