

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE SANIDAD VEGETAL



TESIS

**CARACTERIZACIÓN, RANGO DE HOSPEDANTES Y MONITOREO
DEL AGENTE CAUSAL DE LA PUDRICIÓN RADICULAR EN EL
CULTIVO DE CACAO CRIOLLO (*Theobroma cacao* L.) EN LA
PROVINCIA DE MORROPÓN.**

**PRESENTADA POR:
CINTHIA PAOLA CARRASCO ESPINOZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

PIURA – PERU

2012

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



“CARACTERIZACIÓN, RANGO DE HOSPEDANTES Y MONITOREO DEL AGENTE CAUSAL DE LA PUDRICIÓN RADICULAR EN EL CULTIVO DE CACAO CRIOLLO (*Theobroma cacao* L.) EN LA PROVINCIA DE MORROPÓN”

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

Br. CINTHIA PAOLA CARRASCO ESPINOZA

APROBADA POR:

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Javier Alva", written over a horizontal line.

Ing. JAVIER JAVIER ALVA, Mg.Sc.
Presidente

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Carlos San Martín Zapata", written over a horizontal line.

Ing. CARLOS SAN MARTÍN ZAPATA
Vocal

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Edgar Abraham Maldonado Duque", written over a horizontal line.

Ing. EDGAR ABRAHAM MALDONADO DUQUE
Secretario

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "René Aguilar Anccota", written over a horizontal line.

Ing. RENÉ AGUILAR ANCCOTA
Patrocinador

PIURA – PERU
2012

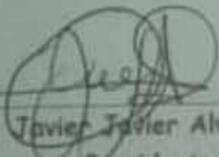


ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 012-2012-CIAFA-UNP

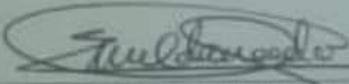
Los miembros del jurado calificador que suscriben, congregados para estudiar el Trabajo de Tesis denominado "CARACTERIZACIÓN, RANGO DE HOSPEDANTES Y MONITOREO DEL AGENTE CAUSAL DE LA PUDRICIÓN RADICULAR EN EL CULTIVO DE CACAO CRIOLLO (*Theobroma cacao* L.) EN LA PROVINCIA DE MORROPÓN" presentado por la Bachiller de la Facultad de Agronomía CINTHEA PAOLA CARRASCO ESPINOZA, Patrocinada por el Ing. ENÉ AGUILAR ANCCOTA M. Sc.

Luego de oídas las observaciones y respuestas a las preguntas formuladas, la declararon APROBADA, en consecuencia queda en condiciones de ser calificada APTA para gestionar ante el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, de conformidad con lo estipulado en el artículo N° 171, inciso 2° del Estatuto General de la Universidad Nacional de Piura.

Piura, 11 de junio del 2012


Ing. Javier Alva M. Sc.
Presidente


Ing. Carlos San Martín Zapata
Vocal


Ing. Abraham Maldonado Duque
Secretario

Dedicatoria

A mis padres: Reyna Espinoza Torres y Catalino Carrasco Mauricio

A mis hermanos: Violeta, Elmer y Ana Carrasco Espinoza.

Agradecimiento

A mi Dios, todopoderoso que me permitió cumplir una meta más en mi vida, me dio las fuerzas y la voluntad de seguir luchado hasta alcanzar mi gran anhelo sueño.

Expresar mis más profundo agradecimiento a mis padres Catalino y Reyna, a mis hermanos Violeta, Elmer y Anita por su amor incondicional, por su confianza en mi persona, por tener las palabras precisas en alentarme a seguir adelante, en estar siempre a mi lado cuando los necesito, agradecida por todo lo que estoy logrando, son mi mayor regalo.

A mi alma mater en especial a la Facultad de Agronomía por forjarme como profesional.

Mención ineludible he de hacer a mi patrocinador de Tesis, Ing. René Aguilar Ancota, cuya colaboración y apoyo prestado durante todo este período han sido pilares básicos. Las innumerables horas dedicadas a la realización de la tesis. Un profesional que ha estado disponible para lograr el mejor resultado posible y de quien he tenido la oportunidad de aprender mucho.

Mi agradecimiento a la señora Angelita, excelente persona, cuya colaboración y apoyo constante en la realización de la tesis. De ella aprendí que la tenacidad y la constancia son valores esenciales para trabajar. Siempre servicial ha logrado que en el laboratorio me sienta cómoda. A quien respeto y agradezco profundamente. A don Rojitas, quien también participo en el desarrollo de la tesis, a quien guardo un especial cariño por sus palabras de aliento y amabilidad que lo caracteriza.

Los amigos son también un buen soporte que, a su manera, sirven para sobrellevar la dura carga de trabajo que supone una tesis. Gracias a Henry, Silvana, Fabiana, Diana y Milagros, quienes me apoyaron a la culminación de éste reto de mi vida a quien guardo un especial cariño.

A los miembros del jurado por sus recomendaciones y observaciones.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCION	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
	2.1. Clasificación taxonómica	3
	2.2. Origen del cacao	3
	2.3. Producción mundial de cacao	4
	2.4. Biología y descripción botánica	6
	2.4.1. Las hojas	7
	2.4.2. Las flores	7
	2.4.3. Los frutos	7
	2.5. Variedades comerciales	8
	2.5.1. Forastero o trinitario	8
	2.5.2. Raza criolla	9
	2.6. Condiciones agroclimáticas del cultivo	10
	2.6.1. Lluvias	10
	2.6.2. Temperatura	10
	2.6.3. El viento	11
	2.6.4. La luz	11
	2.6.5. Humedad relativa	11
	2.6.6. Suelo	11
	2.6.7. El pH	12
	2.6.8. Altitud	12
	2.7. Principales usos del cacao y sus derivados	13
	2.8. Enfermedades	13
	2.8.1. Mazorca negra	13
	2.8.2. Cáncer del tallo	14
	2.8.3. Escoba de bruja	20
	2.8.4. La moniliasis	24

III.	MATERIALES Y METODOS	29
3.1	Localización	29
3.2	Duración	29
3.3	Fase de campo	29
3.3.1	Descripción de sintomatología	29
3.3.2	Muestreo	30
3.4	Fase de laboratorio	30
3.4.1	Aislamiento, Purificación y Mantenimiento	31
3.4.2	Identificación del patógeno	31
3.4.3	Prueba de patogenicidad	31
3.4.4	Rango de hospedantes	32
3.5	Monitoreo de <i>Phytophthora spp.</i> en diferentes zonas cacaoteras	32
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	33
4.1	Descripción sintomatología por <i>Phytophthora palmívora</i>	33
4.1.1	Síntoma en la parte aérea	33
4.1.2	En ramas	34
4.1.3	Síntoma en raíces	35
4.1.4	Síntoma en el tallo y/o corona	36
4.1.5	Síntoma en frutos	38
4.1.6	Aislamiento y características culturales de <i>P. palmívora</i>	40
4.1.7	Características morfo métricas de <i>Phytophthora palmívora</i>	43
4.1.8	Ensayo de patogenicidad	45
4.1.9	Rango de hospedantes	46
4.2	Monitoreo de la pseudohongo <i>P. palmívora</i>	53
V.	CONCLUSIONES	54
VI.	RECOMENDACIONES	55
VII.	RESUMEN	56
VIII.	BIBLIOGRAFIA	57
IX.	ANEXOS	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1:	Sintomatología de la enfermedad A) Planta de cacao con síntomas de muerte regresiva y amarillamiento de hoja B). Colapso y muerte de la planta de 4 años de edad.	33
Fig.2:	A) Síntoma de descortezamiento de las ramas de cacao por <i>Phytophthora palmivora</i> . B) frutos deformes, pequeños, momificados y adheridos en las ramas de cacao (flecha roja).	34
Fig.3:	Raíz principal y secundario del cultivo de cacao con pudrición necrótica producida por el hongo <i>Phytophthora palmívora</i> .	35
Fig.4:	A) exudaciones en la corona del tallo del cultivo de cacao (flecha roja) B) pudrición en la corteza del tronco de la planta, observándose una coloración marrón clara y oscura.	37
Fig.5:	Se observa como síntoma característico de <i>Phytophthora palmivora</i> , el descortezamiento del tallo de cacao.	38
Fig.6:	Acumulación de gota del agua de lluvia en el ápice del fruto de cacao. B) Inicio de la necrosis desde la punta y/o ápice de la mazorca por el ataque de <i>Phytophthora palmívora</i> .	40
Fig.7:	A) Aislamiento de <i>P. palmívora</i> por el método de pétalos de clavel a partir de raíces del cultivo de cacao, se aprecia pétalos transparentes con inicio de colonización en un 30 a 50% B) Colonización al 100% de los pétalos de clavel, observándose desarrollo del micelio en la superficie y en los bordes.	42
Fig.8:	Desarrollo micelial de color blanco grisáceo del hongo <i>P. palmivora</i> en medio de cultivo PDA.	42
Fig.9:	Esporangios del hongo <i>Phytophthora palmívora</i> de forma elipsoide y con presencia de pedicelo (flecha violeta).	44
Fig.10:	Esporangios del hongo <i>P. palmívora</i> con la presencia de un pedicelo corto (flecha violeta).	44
Fig.11:	Prueba de patogenicidad, imagen del margen izquierdo se observa plántulas con síntomas de marchitez, previa inoculación con <i>P. palmívora</i> , imagen del lado derecho testigo sin inoculación.	45
Fig.12:	Prueba de patogenicidad en plántulas de cacao, margen izquierdo se observa plántula sana, margen derecho se aprecia plántulas con síntomas de necrosis de raíces, tallo, marchitez y muerte de la plántula previa inoculación con el hongo <i>P. palmívora</i> .	46
Fig.13:	Sintomatología producida por el hongo <i>Phytophthora palmivora</i> en diferentes hospedantes: A) papaya, B) tomate, C) manzana y D) mango.	48
Fig.14:	Sintomatología producida por el hongo <i>P. palmivora</i> en diferentes hospedantes: A) naranja, B) piña, C) berenjena y D) pimienta.	49
Fig.15:	Sintomatología producida por el hongo <i>Phytophthora palmivora</i> en diferentes hospedantes: A) papa y B) sandía	50
Fig.16:	Sintomatología producida por <i>P. palmivora</i> en algodónero. A) Plántula con síntomas de marchitez B) raíz sana (testigo). C) pudrición de raíces y parte del tallo.	52
Fig.17:	Sintomatología producida por <i>P. palmivora</i> en plántulas de ají, margen izquierdo (flecha verde) plántula sana, margen derecho (flecha roja) lesiones hundidas a nivel del cuello de la plántula, marchitez y muerte.	52

Fig.18:	Difícil acceso a las parcelas experimentales	65
Fig.19:	Realizando muestreos	65
Fig.20:	Observando las estructuras que forma el agente causal	66
Fig.21:	Repiques en placas con medio de cultivo	66
Fig.22:	Inoculando el patógeno a los hospedantes	67
Fig.23:	Aislando <i>Phytophthora palmivora</i> con el método de los pétalos de clavel	67
Fig.24:	Monitoreo de <i>Phytophthora palmivora</i> en zonas productoras de cacao	68

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1:	Patogenicidad de <i>P. palmivora</i> en diferentes hospedantes	53
Cuadro 2:	Zonas cacaoteras muestreadas para detectar a <i>P. palmivora</i> en la sub cuenca del rio Bigote.	53

RESUMEN

En Piura el cacao criollo blanco, tiene un gran reconocimiento en el mercado internacional por la calidad del producto. En zonas cacaoteras se viene presentando la muerte regresiva de plantas. Los objetivos del presente estudio fueron describir la sintomatología, identificar el agente causal de la muerte regresiva y determinar su rango de hospedantes. Se realizó descripción de los síntomas en raíces, tallo y parte aérea. El aislamiento del patógeno se obtuvo del suelo y raíces por el método de pétalos de clavel. La identificación se efectuó mediante observación de las características morfométricas del patógeno. Se realizó pruebas de patogenicidad inoculando suspensión de zoosporas a una concentración de 10^4 zoosporas/mL, dirigidas al cuello y raíces de plántulas de cacao blanco. Para el rango de hospedantes se emplearon frutos y plántulas de diferentes especies cultivadas en el país. En árboles frutales de cacao blanco de Piura se observó necrosis de ramas apicales, gomosis, pudrición de raíces y corona, y muerte de la planta. La caracterización morfológica y las pruebas de patogenicidad permitieron identificar el agente causal de la enfermedad como *Phytophthora palmivora*. Los frutos y plántulas inoculadas como: papa, sandía, papaya, berenjena, mango, naranja, piña, pimiento, tomate, manzana, algodón y ají se comportaron como susceptibles a *P. palmivora*.

Palabras clave: Cacao, *Theobroma cacao* L., muerte regresiva, patogenicidad, *Phytophthora palmivora*, agente causal.

ABSTRACT

In Piura, white creole cocoa has great recognition in the international market for its good quality. In cocoa areas, plant die back has been occurring. The aims of the present study were to describe the symptomatology, identify the causal agent of dieback, and to determine its host range. Description of the symptoms in roots, stem and aerial part were made. The Isolated of the pathogen was obtained from the soil and roots by the carnation petal method. Identification was carried by observing the morphometric characteristics of the pathogen. Pathogenicity tests were performed by inoculating zoospore suspension at a concentration of 10^4 zoospores/ml, directed at the neck and roots of white cocoa seedlings. For the host range, fruits and seedlings of different species cultivated in the country were used. Necrosis of apical branches, gummy, root and crown rot, and plant death were observed in Piura white cocoa fruit trees. The morphological characterization and pathogenicity tests allowed identify the causal agent of the disease as *Phytophthora palmivora*. The inoculated fruits and seedlings such as: potato, watermelon, papaya, eggplant, mango, orange, pineapple, pepper, tomato, apple, cotton and chili pepper behaved as susceptible to *P. palmivora*.

Keywords: Cocoa, *Theobroma cacao* L., regressive dieback, pathogenicity, *Phytophthora palmivora*, causal agent.

IV. INTRODUCCION

En el Departamento de Piura se cultivan entre 800 a 1000 hectáreas con una producción que varía entre 150 a 180 toneladas anuales, existen Asociaciones de Pequeños Productores de Cacao de Piura que agrupa a unos 200 socios; cabe señalar que del total de la producción, 50 toneladas van exclusivamente a la exportación con certificación orgánica a países de Europa como Inglaterra, Italia, Alemania y España (APPROCAP, 2008).

El cacao se consume procesado como chocolate, pasta de cacao o cacao en polvo, también se utiliza en la industria química para la fabricación de jabones, aceites, esencias y perfumes.

Sabía usted que el mejor cacao de exportación se produce en los caseríos de San Juan de Bigote en el Alto Piura (APPROCAP, 2008).

Prospecciones fitosanitarias realizadas en el año 2009 en el caserío La Quemazón, distrito de San Juan de Bigote, se determinó que el 100% de plantas de 3 años y 15 años presentaron ataque de enfermedades fungosas como la moniliasis y pudrición de la corona y radicular en el cultivo de cacao porcelana, no se descarta que otras enfermedades estén ocasionando otros daños, dependiendo principalmente de las condiciones del medio ambiente y del patógeno (APPROCAP, 2008).

Resolver el grave problema de las enfermedades fungosas es un objetivo prioritario para poder explotar eficientemente el cultivo del cacao. En este sentido, cada vez se reconocen más las virtudes ecológicas de este cultivo el cual normalmente es sembrado por pequeños agricultores en combinación con diversas especies bajo complejos sistemas agroforestales.

Viendo esta problemática, se propuso realizar este trabajo de investigación, con los resultados obtenidos se implementarán algunas estrategias y métodos adecuados de control, así incrementar los rendimientos y obtener productos de buena calidad.

OBJETIVOS

Los objetivos planteados fueron los siguientes:

- Describir la sintomatología y caracterizar el agente causal de la pudrición radicular en el cultivo de cacao criollo blanco de Piura.
- Determinar el rango de hospedantes del agente causal de la enfermedad.
- Realizar un monitoreo de la enfermedad en el distrito de San Juan de Bigote - Prov. de Morropón.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

(García, 1987), indica que el cacao presenta la siguiente clasificación Taxonómica:

Reino	: Plantae
División	: Fanerógamas
Subdivisión	: Angiosperma
Clase	: Dicotiledóneas
Orden	: Malvales
Familia	: Esterculeaceae.
Género	: Theobroma
Especie	: cacao Linneo.

2.2. ORIGEN DEL CACAO

El cacao se originó en la cuenca alta del río Amazonas (entre las riveras de los ríos Napo, Caquetá y Putumayo), luego fue introducido por el hombre a Centroamérica, aunque éste sea considerado el primer centro de domesticación y cultivo.

Cuando llegaron los primeros colonizadores a América, el cacao era cultivado por los indígenas, principalmente por los aztecas y mayas en Centroamérica. (Motamayor, 2002).

Ya en el siglo XVI, en la era poscolombina, el cacao se dispersó a otros continentes, cuando Hernando Cortés reportó el hallazgo de una bebida amarga usada por los aztecas y envió las semillas y recetas a Europa (Bhattacharjee y Kumar, 2007). Durante el siglo XIX, las recetas originales se refinaron, y se desarrollaron las tecnologías que facilitaron el tostado y

molienda de los granos de cacao, con lo cual se originó el desarrollo de la industria del chocolate y se popularizó su consumo en el mundo.

El cacao no sólo era apreciado por los nativos como una bebida sumamente nutritiva, sino que los granos también se utilizaban como monedas en muchas regiones. Se descubrieron grandes cantidades de este grano entre los tesoros almacenados en los palacios reales después de que Cortés conquistó a México (Motamayor, 2002).

Los granos de cacao se enviaron a España, pero permanecieron como una curiosidad, hasta que se supo que la espesa bebida amarga tan altamente estimada por los indios se podía mejorar grandemente con la adición de azúcar, vainilla y canela. El chocolate se convirtió en una bebida bien conocida por la mayor parte de Europa más o menos durante la mitad del siglo XVII, aunque no fue sino hasta la última mitad del siglo XIX que su consumo empezó a aumentar rápidamente. En 1828, C. J. van Houten, un fabricante holandés, descubrió un método para extraer parte de la grasa o mantequilla del cacao del chocolate. Este nuevo producto, la cocoa en polvo y la invención del chocolate de leche por un suizo en 1876, dieron como resultado una demanda mucho mayor para el cacao. Hoy tiene una gran cantidad de usos, siendo los principales la cocoa en polvo para bebidas y dulces y varias formas de chocolate, empleadas en la preparación de dulces, pasteles, galletas y otras confecciones similares.

El cacao ahora se clasifica en el tercer lugar de la popularidad en escala mundial entre las principales bebidas no alcohólicas, pero quizá es mejor conocido por sus otros usos (Ochse *et al.*, 1991).

2.3. PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CACAO

El cacao se encuentra dentro de los principales artículos básicos de los países productores y productos exportados por países consumidores, con un

valor total mundial de US\$2,5 billones en los últimos años. Casi desde el comienzo de la comercialización del cultivo, África ha sido considerado el mayor productor de cacao, seguido por Asia y Latinoamérica. África del este abastece 72% de la producción mundial y es considerada la región productora de cacao de mayor importancia en término de volúmenes (Donovan, 2006).

Los principales países productores de cacao son los del este de África: Costa de Marfil, Ghana, Nigeria y Camerún. Estos países aportan cerca de las dos terceras partes de la producción mundial y tres cuartos de las exportaciones mundiales de granos de cacao. Para países como Costa de Marfil y Ghana, las exportaciones de cacao representan 30% y 25% de los ingresos totales de exportación, respectivamente. Entre los países productores de otras regiones con significativas producciones de granos de cacao se encuentran Indonesia, Malasia, Brasil, Colombia, Ecuador y República Dominicana (Donovan, 2006).

La organización de la producción de cacao y el mercadeo difiere marcadamente entre los países productores y las regiones. En el este de África al igual que en Colombia, los encargados de la producción son los pequeños agricultores, con plantaciones de 1 a 2 ha; mientras que en Brasil, los encargados de la producción son grandes agricultores con extensiones de tierra entre 10 a 100 ha. En Malasia e Indonesia se presentan las dos situaciones (Donovan, 2006).

En los últimos años, el mercado mundial del cacao ha ido en incremento como respuesta a los cambios estructurales de la demanda, principalmente en Europa y Norteamérica. Estos cambios generalmente van ligados a la salud, la conservación del medio ambiente y el bienestar de los productores. Adicional a estas tendencias convencionales, han ido emergiendo segmentos del mercado relacionados con los granos de sabores finos y

únicos, los cultivos orgánicos y la comercialización del grano a un precio justo. Estos segmentos especializados son los de mayor crecimiento en la industria del cacao (Donovan, 2006).

2.4. BIOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El cacao es una planta alógama, de ciclo vegetativo perenne y diploide ($2n=20$). El árbol de cacao alcanza alturas de 2 m hasta de 20 m cuando tiene condiciones óptimas de crecimiento (sombra intensa, temperatura, viento, agua y suelos apropiados). La planta proveniente de semilla presenta un tronco vertical que puede desarrollarse en forma muy variada dependiendo de las condiciones ambientales, el cual empieza su etapa de producción a los dos años después de establecido en el campo. Las plantas de origen clonal obtenidas mediante injerto o estacas presentan una conformación diferente sin el predominio de un eje principal (Enríquez, 1987).

El cacaotero es un árbol que necesita de humedad y de calor. Es de hoja perenne y siempre se encuentra en floración, crece entre los 6 y los 10 m de altura. Requiere sombra (crecen a la sombra de otros árboles más grandes como cocoteros y plataneros), protección del viento y un suelo rico y poroso, pero no se desarrolla bien en las tierras bajas de vapores cálidos. Su altura ideal es, más o menos, a 400 msnm. El terreno debe ser rico nitrógeno y potasio, y el clima húmedo, con una temperatura entre los 20 °C y los 30 °C. (Sánchez, 1994).

El cacao posee una raíz principal pivotante, con hojas simples, enteras y de colores variables que van desde morado hasta verde pálido, con pecíolo corto, posee flores pequeñas, hermafroditas y pentámeras con cinco lóculos donde hay de 6 a 12 óvulos. Las flores al igual que los frutos se producen en racimos pequeños, sobre el tejido maduro del tronco y de las ramas. Generalmente su polinización es entomófila, principalmente llevada a cabo

por individuos del género *Forcipomya*. Una planta puede llegar a producir de 100.000 a 150.000 flores por año, de las cuales sólo se fecunda entre el 0,1 y 0,3% por lo que las demás caen (Cope, 1976).

2.4.1. Las hojas

Son de color verde oscuro, alternas, oblongas - ovals o elípticas – oblongas, enteras y de peciolo corto, siendo la vaina más o menos de 15cm de largo, redondeada en su base y abruptamente puntiaguda en el ápice, con una nervadura media fuerte y las nervaduras laterales alternas prominentes o en pares (Ochse *et al.*, 1991).

2.4.2 Las flores

Son pequeñas y de tipo de coliflor, estando en racimos pequeños en la corteza el árbol y ramas principales; miden más o menos 2cm de ancho cuando están plenamente extendidas y son portadas en pedicelos cortos de 1.5 o más de largo. El cáliz, es de color rosa con segmentos puntiagudos; la corola es de color blanquizco o amarillo o rosa. Los pétalos largos, tienen una garra en forma de tallo, vaina extendida y tres nervaduras de color carmín oscuro y paralelas; están fusionadas en su base en una copa de cinco partes. Los estambres se encuentran en dos mechones de cinco cada uno, constando cada mechón de estambres cortos funcionales, con sus anteras dobladas hacia adentro y parcialmente escondidas en las bases en forma de copa de los pétalos individuales. El mechón restante contiene estaminoides de colores rojo oscuro, muy puntiagudos, los cuales también se unen en un tubo corto, en su base. El pistilo tiene un solo estilo, con cinco lóbulos alargados, alguno de los cuales con frecuencia están fusionados (Cope, 1976).

2.4.3 Los frutos

Los frutos maduran entre 5 y 6 meses después de la polinización. Poseen un mesocarpo de textura lisa o arrugada que se divide en cinco carpelos

interiormente. Los frutos son de tamaño y forma muy variable, generalmente tienen forma de baya de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro. Tienen forma elíptica y son de diversos colores al madurar (rojo, amarillo, morado y café); contienen entre 20 y 40 semillas planas o redondeadas, de sabor dulce o amargo, midiendo cada una más o menos 2.5cm de ancho, están cubiertas de una pulpa mucilaginosa de color blanco, cuyos cotiledones pueden ser de color blanco y/o violetas. Las semillas una vez secas alcanzan pesos entre 0,8 y 1,5 gr cada una (Tecnología para el Mejoramiento de Sistemas de Producción de Cacao 2000).

2.5. VARIEDADES COMERCIALES

Las incontables variedades, razas y tipos de cacao que se cultivan en diversos países pertenecen a dos razas:

2.5.1. Forastero o trinitario

Como se le llama con frecuencia en las Américas, se encontró originalmente en la parte Oriental de Venezuela y ahora se le cultiva ampliamente en todas las regiones cacaoteras, especialmente en África y Brasil y otros países sudamericanos. Se han reconocido varios tipos más o menos distintos, tales como Cundeamor, Angoleta, Amelonado y Calabacillo. Todos los cacaos Forastero se caracterizan por la cáscara dura del fruto, la cual es leñosa, relativamente tersa en su superficie y con los granos aplanados, de color morado, amargos (Motamayor 2001; Enríquez 1992; CCI 1991).

El tipo Cundeamor tiene frutos grandes con cuello en forma de botella y superficie con verrugas, mientras que los del tipo Angoleta son similares, pero carecen de la constricción en el extremo del tallo. Los tipos Amelonado o Sambito, son de diámetro corto y pueden ser con cuello de botella. El tipo Calabacillo produce frutos cortos, casi globulares, de piel tersa, que carecen de una constricción en el cuello (Ochse *et al.*, 1991).

2.5.2. Raza criolla

(Palabra que significa nativo, pero de ascendencia extranjera), se originaron también en Sudamérica, pero fueron domesticados en México y Centro América y son conocidos también como híbridos de cacao dulce (Enríquez 2004).

Son la cáscara suave del fruto y las semillas redondas, de color blanco a violeta, dulces, de sabor agradable. La superficie del fruto tiene diez surcos longitudinales notorios, cinco de los cuales son más profundos que los que alternan con ellos. Los lomos son prominentes, verrugosos e irregulares. Los frutos siempre son amplios en el extremo del tallo, nunca constreñidos y se adelgazan hasta un punto más o menos agudo. Sus granos necesitan un período más corto de fermentación que los del tipo Forastero y su calidad es generalmente muy superior. Las variedades de criollo se cultivan principalmente en la América central, Madagascar, Java, Ceilán y el oeste de Venezuela. Algo del cacao de la mejor calidad producida en el mundo se obtiene a lo largo de la costa de Venezuela, entre los ríos Yaracuy y Tuy. (Enríquez 2004; CCI 1991; Soria 1966).

Según, Motamayor (2001) los cacaos Trinitarios están conformados por híbridos que comprenden las mezclas entre el criollo y el forastero tipo amelonado, que aparentemente se mezclaron naturalmente en el Caribe, siendo los genotipos típicos de Granada, Jamaica, Trinidad y Tobago. Este grupo aparentemente se originó cuando un genotipo criollo se cruzó naturalmente con un genotipo amelonado del Brasil. Por esta razón, estos materiales presentan características morfológicas y genéticas de ambas razas. Ocupan del 10 al 15% de la producción mundial. Presentan granos de tamaño mediano a grande y cotiledones de color castaño (CCI 1991; Soria 1966).

2.6. CONDICIONES AGROCLIMATICAS DEL CULTIVO

El crecimiento, desarrollo y la buena producción del cacao están estrechamente relacionados con las condiciones medioambientales de la zona donde se cultiva. Es por ello que los factores climáticos influyen en la producción de una plantación; por lo tanto, las condiciones térmicas y de humedad deben ser satisfactorias para el cultivo por ser una planta perenne y que su periodo vegetativo como: la época de floración, brotamiento y cosecha está regulado por el clima, cuya relación del transcurso climático y el periodo vegetativo nos permite establecer los calendarios agroclimáticos (PROAMAZONIA, 2003).

2.6.1. Lluvias

El cacao requiere de suficiente cantidad de agua, por lo que la lluvia es el factor más importante del clima, para un buen comportamiento productivo, En general, la cantidad óptima de lluvia está entre 1,800 y 2,500 mm de precipitación al año, los períodos secos de más de tres meses pueden ser perjudiciales (ICT, 1988).

2.6.2. Temperatura

Es otro factor muy importante, se relaciona con las fases fenológicas del cultivo, la temperatura optima está entre 24-30°C. Temperaturas mayores de 30°C ya trae inconvenientes para la producción, caída de flores, se altera la polinización (Finet y Paz 2004).

La temperatura determina la formación de flores. si esta es menor de 21 °C, la floración es mucho menor que a 25 °C, donde la floración es normal y abundante. Esto provoca que en determinadas zonas la producción de mazorcas sea estacional y durante algunas semanas no haya cosecha, cuando las temperaturas son inferiores a 22 °C (Enríquez, 1987).

2.6.3. El viento

Es el factor que determina la velocidad de evapo-transpiración del agua en la superficie del suelo y de la planta. En plantaciones donde la velocidad del viento es del orden de 4 m/seg., y con muy poca sombra, es frecuente observar defoliaciones fuertes. Comparativamente, en regiones con velocidades de viento del 1 a 2 m/seg. no se observa dicho problema. Los fuertes vientos y de manera continua pueden provocar un desecamiento, muerte y caída de las hojas. Por ello en las zonas costeras es preciso el empleo de cortavientos para que el cacao no sufra daños. Los cortavientos suelen estar formados por distintas especies arbóreas frutales o madereras, que se disponen alrededor de los árboles de cacao (Sánchez y Dubón, 1994).

2.6.4. La luz

Es otro de los factores ambientales de importancia para el desarrollo del cacao especialmente para la fotosíntesis, la cual ocurre a baja intensidad aun cuando la planta este a plena exposición solar. Para plantaciones ya establecidas, se considera que una intensidad lumínica menor del 50% del total de luz limita los rendimientos, mientras que una intensidad superior al 50% del total de luz los aumenta (PROAMAZONIA, 2003).

2.6.5. Humedad relativa

El ambiente preferido por el cacao es aquel donde la humedad relativa predominante es alta, en promedio de 70 a 80% de humedad relativa (ICT, 1998).

2.6.6. Suelo

Los suelos más apropiados para el cacao son los aluviales, los francos y los profundos con subsuelo permeable. Los suelos arenosos son poco recomendables porque no permite la retención de humedad mínima que satisfaga la necesidad de agua de la planta.

Los suelos de color negrozco son generalmente los mejores puesto que están menos lixiviados. Otra característica es que debe poseer un subsuelo de fácil penetración por parte de la raíz pivotante y una adecuada profundidad (PROAMAZONIA, 2003).

El cacao requiere que los suelos sean muy ricos en materia orgánica, profundos, franco arcillosos, con buen drenaje y topografía regular. Se puede decir que el cacao es una planta que prospera en una amplia diversidad de tipos de suelo Usualmente, las plantaciones están localizadas en suelos que varían desde arcillas pesadas muy erosionadas hasta arenas volcánicas recién formadas y limos (FUNDACITE, 1998).

2.6.7. El pH

Donde crece el cultivo puede ser de 5 a 7.5. Se requieren suelos planos, sin embargo en condiciones de Selva también se siembra en laderas con pendientes que pueden ir hasta 25%, en algunos casos en suelos de constitución ligeramente rocosa. Más del 25% de pendiente se produce una erosión y lavado de suelos (Finet y Paz, 2004).

2.6.8. Altitud

El cacao crece mejor en las zonas tropicales cultivándose desde el nivel del mar hasta los 800 metros de altitud. Sin embargo, en latitudes cercanas al Ecuador las plantaciones desarrollan normalmente en mayores altitudes que van del orden de los 1,000 a 1,400 msnm. La altitud no es un factor determinante como lo son los factores climáticos y edafológicos en una plantación de cacao (Finet y Paz, 2004).

2.7. PRINCIPALES USOS DEL CACAO Y SUS DERIVADOS

A partir de las semillas del cacao se obtiene el cacao en grano, los cuatros productos intermedios (licor de cacao, manteca de cacao, pasta de cacao y cacao en polvo) y el chocolate. A pesar de que el mercado de chocolate es el mayor consumidor de cacao en términos de equivalente en grano, productos intermedios tales como el cacao en polvo y la manteca de cacao son utilizados en diversas áreas (Maximice, 2005).

2.8. ENFERMEDADES

El cacao es un cultivo arbóreo cultivado bajo condiciones del trópico húmedo, esto es en tierras bajas y ambientes generalmente sombreados, calientes (temperatura media anual por encima de 15 °C) y húmedos (precipitación anual entre 1400-2000 mm). Estas condiciones favorecen el ataque, establecimiento e impacto de los hongos (Wood, 1985; Alvim, 1967).

2.8.1 Mazorca negra

La mazorca negra, causada por especies de *Phytophthora*, inicia sobre la superficie de la mazorca con una mancha descolorida, sobre la que posteriormente se desarrolla una lesión chocolate o negra con límites bien definidos. En dos semanas, ésta se empieza a dispersar hasta alcanzar toda la superficie de la mazorca.

Sobre mazorcas mayores a tres meses de edad, las infecciones inician principalmente en la punta o al final del pedúnculo que une a la mazorca (McMahon y Purwantara, 2004). Los granos o almendras de las mazorcas enfermas permanecen sin daño por varios días, después de iniciar la infección en la cáscara. Esto significa que la cosecha frecuente puede prevenir muchas pérdidas de la producción. Las infecciones ecuatoriales están usualmente asociadas con el daño por heridas de la superficie de la

mazorca; en ella se involucra la pudrición total del tejido carnoso como también la pulpa y las semillas (McMahon y Purwantara, 2004). Los frutos cercanos a la madurez fisiológica, con semillas no muy grandes y sin contacto cercano con la cáscara no presentan infección de semillas y pueden ser cosechados y fermentados.

El patógeno aparece sobre la superficie de la mazorca como una pelusa blanquecina, sobre la que se forma la masa de esporangios. La mazorca finalmente se ennegrece y marchita, y es colonizada por hongos secundarios. *P. palmivora* puede causar marchitez en mazorcas inmaduras o cerezas, pero es necesario distinguirla de la marchitez fisiológica relacionada con estrés por un excesivo número de frutos en el árbol (McMahon y Purwantara, 2004).

2.8.2 Cáncer del tallo

El cáncer en el tallo se caracteriza por el desarrollo de un área necrótica marrón en la corteza, alrededor del tronco. Cuando se raspa la superficie de la corteza afectada, el tejido expuesto se torna de acuoso a pegajoso y de un color opaco gris parduzco a un color rojizo claro. La necrosis no se extiende más allá de la capa del cadmium. En el caso de un cáncer grande, éste puede rodear en círculo el tronco, causando la muerte súbita del árbol (McMahon y Purwantara, 2004).

Además, el uso de herramientas contaminadas en la poda se convierte en el vehículo de transmisión de la enfermedad a nuevos brotes. Los cánceres en cojines florales resultan de la contaminación con cuchillos de cosecha o por la visita de insectos vectores (McMahon y Purwantara, 2004). El patógeno ataca naturalmente tanto hojas muertas endurecidas como tejidos de tallos verdes jóvenes. A menudo *Phytophthora* sp. también afecta hojas maduras, aunque esto no se suele considerar como un problema serio. Las infecciones de las hojas y tallos inflorescentes puede conducir a la muerte del punto de

crecimiento o de toda la planta en el caso de plántulas, ocasionando cánceres en la corteza cuando el patógeno se dispersa hacia un chupón. Dado que las plántulas de cacao crecen muy rápido durante los primeros meses, las hojas jóvenes son muy susceptibles al ataque del patógeno (McMahon y Purwantara, 2004).

2.8.2.1 *Phytophthora palmivora*

Este hongo provoca la muerte de plantas jóvenes de semillero por destrucción de las raíces a nivel del cuello. El follaje de la planta se va secando hasta provocar la muerte de la planta. Los ambientes muy húmedos acompañados de elevadas temperaturas o bien en suelos y sustratos pesados favorecen su desarrollo.

2.8.2.2. Importancia e impacto de *Phytophthora palmivora*

A nivel mundial los hongos fitopatógenos originan pérdidas que ascienden a miles de millones de dólares al año (Academia Nacional de Ciencias, 1980). El daño que ocasionan no sólo se refiere a las pérdidas de producción económica, sino también a las pérdidas en la producción biológica, es decir a la alteración que existe en el crecimiento y desarrollo de las plantas hospedantes atacadas por estos microorganismos. En cuanto a las pérdidas económicas, éstas pueden ser de tipo cuantitativo y/o cualitativo (sabor, textura, color y forma) (Ashworth, 1981). De los diversos microorganismos fitopatógenos que atacan a las plantas, como pueden ser los virus, hongos, bacterias, nematodos, fitoplasmas, y viroides, son los hongos el grupo que más enfermedades ocasiona y por lo tanto sobre el que más investigación se ha realizado. Se sabe que más de 8,000 especies de hongos pueden causar enfermedades en las plantas. (Ashworth, 1981). Una de las especies tropicales más común es *P. palmivora*, con más de 150 plantas hospederas dentro de las cuales las más importantes son: pimienta negra (*Piper nigrum*), caucho (*Hevea brasiliensis*), durian (*Durio zibethinus*), coco (*Cocos nucifera*),

cacao (*Theobroma cacao*), árbol del pan (*Artocarpus altilis*), papaya (*Carica papaya*), y palma aceitera (*Elaeis guinensis*) (Alvim, 1967).

2.8.2.3. Sintomatología

Aunque el hongo puede atacar plántulas y diferentes partes del árbol de cacao, como cojines florales, chupones, brotes, hojas, ramas, tronco y raíces, el principal daño lo sufren las mazorcas. En el fruto la infección aparece bajo la forma de manchas pardas, oscuras aproximadamente circulares, que rápidamente se agrandan y extienden por toda la superficie a través de la mazorca. Las almendras que se infectan resultan inservibles y en un plazo de 10 a 15 días la mazorca está totalmente podrida. Otros datos reportados son el cáncer de tronco, la necrosis de la hoja y el pecíolo y la podredumbre de los botones florales (Chee 1974; Waterhouse 1977).

La lesión al nivel de los frutos empieza con una mancha circular de color café en la superficie del fruto, la cual crece rápidamente y puede cubrir la mazorca totalmente en 7 ó 10 días. Es posible apreciar los signos del hongo los cuales son evidentes porque se ve un micelio blanco poco compacto y superficial, que aparece a las 2 o 3 semanas después de la primera mancha (Gregory 1972).

2.8.2.4. Morfología

Esporangios: son variables en forma, dependiendo de la cepa, sobre todo elíptica a ovoide, prominentemente papilados, y la forma en esporangioforos simpodial. Hasta 20 esporangios se puede producir en un sympodium. Esporangios son caducos y después de que cayeran del esporangioforo se caracterizan por pedicelos cortos (5 μm). Los esporangios cortos son variables en tamaño, pero un promedio de 40 a 60 μm . en longitud y 25 a 35 μm de ancho y un radio de 1.4 - 2.0 (Agrios, 1995).

Phytophthora palmivora produce abundantes esporangios en medio Agar jugo V-8 bajo una luz fluorescente continua. Los esporangios se producen generalmente en grupos simpodiales, papilados y de forma ovoide en la parte más ancha cerca de la base. Son fáciles de lavar y de cada esporangio individual contiene un pedúnculo corto. Los esporangios germinan directamente en un medio nutritivo mediante la producción de tubos germinales que se desarrollan en masas de micelio. En el agua, sin embargo, zoosporas son liberados de la germinación de los esporangios. Zoosporas se agregan y forman diferentes patrones en 16°C en el agua. (Ribeiro, 1996).

Clamidosporas: las Clamidosporas globosas o subglobosas son terminales o intercalares en el micelio de la mayoría de los aislamientos de *P. palmivora*. (Agrios, 1995).

La reproducción sexual en *P. palmivora* requiere la presencia de tipos de acoplamiento opuestos conocidos como A1 y A2. Ambos aislamientos A1 y A2 puede producir oosporas por autofecundación cuando son estimuladas por las hormonas sexuales producidas por A2 y A1, respectivamente. La luz es inhibidora de la formación de oosporas, pero estimulante para la germinación de Oosporas. Oosporas maduras pueden ser inducidas a germinar por tratamiento con 0,25% KMnO₄ durante 20 minutos y la incubación bajo luz durante la germinación.

A pesar de esporangios y zoosporas pueden sobrevivir en el suelo por períodos cortos, clamidosporas son la estructura principal para la supervivencia de *P. palmivora* en la naturaleza. Las oosporas son capaces de sobrevivir a largo plazo, pero no juegan un papel importante en el ciclo de la enfermedad debido a la reproducción sexual de *P. palmivora* requiere la presencia de tipos de apareamiento opuestas, y la posibilidad de que esto ocurra en la naturaleza es muy bajo.

En época de lluvias, clamidosporas en el suelo pueden germinar en agua para producir zoosporas esporangios y la liberación. El impacto de las gotas de lluvia que caen puede salpicar zoosporas en el aire en pequeñas gotas. Las gotitas que contienen zoosporas pueden ser aún más dispersa por el viento y convertirse en el inóculo para infectar las. El patógeno produce esporangios abundantes en la superficie de la fruta infectada que se dispersa más por el viento la lluvia y los brotes de la causa de la pudrición de la fruta *Phytophthora* en los mismos huertos y sus alrededores. Clamidosporas se forman en los frutos caídos sobrevivir en el suelo y servir como la principal fuente de inóculo para la infección de las raíces de las plántulas en la siguiente plantación. (Ribeiro, 1996).

2.8.2.5. Epidemiología y desarrollo de la enfermedad

El factor de desarrollo más importante es la capacidad de *P. palmivora* para formar zoosporas y abundantes esporangios en el tejido enfermo cuando el agua está libre. Porque los esporangios son caducos, que son fácilmente desalojados y difundidos por la lluvia y salpicaduras de la lluvia impulsada por el viento o por otros agentes, tales como tijeras, cuchillos, roedores u hormigas que llevan inóculo enfermo a los tejidos de plantas sanas. Debido a su capacidad para producir esporangios rápidamente (Agrios, 1995).

P. palmivora requiere una temperatura óptima para el crecimiento micelial de 27-30°C aproximadamente, alta humedad relativa y baja radiación solar. En general se ha reportado que la radiación solar es el factor que más afecta la germinación de los esporangios, posiblemente por los efectos de la luz ultravioleta (Erwin, 1983).

La lluvia y el viento son los dos factores más importantes en la epidemiología de la pudrición de *Phytophthora* en el fruto. La precipitación es uno de los factores más importantes para la ocurrencia de una epidemia, iniciándose esta 4 a 5 días después de una fuerte lluvia. Además, el principal agente de

diseminación de las zoosporas es el salpique ocasionado por la lluvia y también por el agua que se escurre a lo largo de troncos y ramas, la incidencia y severidad de la enfermedad se incrementa cuando hay una alta humedad durante largos periodos de tiempo, condición que favorece la reproducción del hongo, las principales fuentes de inóculo son los frutos enfermos, la corteza de mazorcas cosechadas enfermas, las mazorcas momificadas, el suelo infestado, los cojines florales, la corteza del tronco y los brotes de cacao infectado que crecen cerca del suelo (Enríquez, 1983).

El viento se requiere para la dispersión del inóculo una vez que alcanza el aire. Por lo tanto, el viento la lluvia es esencial para el inicio de la infección primaria y el desarrollo de epidemias (Ribeiro, 1996).

2.8.2.6 Ciclo biológico de *Phytophthora palmivora*

Es importante mencionar que todos los procesos de reproducción, ya sean sexuales o asexuales, juegan un papel fundamental en el ciclo de vida del hongo.

Las poblaciones de hongos en el suelo se mantienen por infección repetida de las raíces fibrosas. En condiciones favorables de alto grado de humedad y temperatura, el hongo produce esporangios que liberan zoosporas móviles, que son atraídas a las zonas de alargamiento de nuevas raíces por nutrientes que son naturalmente exudados de esta zona radicular. En contacto con la raíz, las zoosporas se enquistan, germinan y después infectan el área de la zona de alargamiento. Una vez que el hongo ha penetrado en la punta de la raíz, la infección puede avanzar en el córtex, produciendo la podredumbre de toda la raíz.

P. palmivora sobrevive más probablemente a los periodos desfavorables en los desechos de las raíces. El córtex podrido se desprende y el hongo produce clamidosporas, que pueden persistir en el suelo durante largos

periodos de tiempo. Cuando vuelven las condiciones favorables, las clamidosporas germinan indirectamente produciendo esporangios y zoosporas. o directamente produciendo micelio. Todas las especies son también capaces de persistir como micelio o esporangios de paredes gruesas y como clamidosporas en las raíces vivas infectadas.

La podredumbre del tronco aparece cuando las zoosporas u otros propágulos son esparcidos en él por encima de la unión del injerto. La infección tiene lugar a través de una herida o una grieta natural de la corteza en condiciones húmedas en o alrededor de la base del tronco. El cambium expuesto bajo la corteza es susceptible a la infección durante 14 días. Las lesiones de podredumbre del pie o gomosis no producen normalmente inoculo para posteriores infecciones y por ello no tiene importancia epidemiológica. (Walker y Van West, 2007).

2.8.3 Escoba de bruja

(*Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime y Phillips-Mora)

2.8.3.1 Morfología

M. perniciosa presenta: Píleos color carmesí, generalmente débiles, que se tornan pálidos con la edad y presentan una mancha en el centro de color rojo a negro. Estos se encuentran dispuestos de forma radial y del mismo color, acanalados y acampanados, los cuales se expanden con una margen cóncava o convexa aplanada con un centro deprimido. Los píleos presentan diámetro que va desde 2 hasta 25 mm, su promedio está entre 5 y 15 mm (Holliday, 1998).

Subpileopellis: de pared gruesa, con hifas no amilodes, con escasez de pelos, numerosos en el centro, con una pared roja cuando son frescos, los cuales se tornan hialinos con la edad y en la medida que se secan. Estas estructuras tienen un tamaño de 80-150 x 4-12 μm (Holliday, 1998).

- Lamelas blanquecinas, muy gruesas (0,2 mm), medianamente gruesas o muy anchas (1-2 mm), distantes (8 – 20 lamelas), con ranuras que corresponden a los pileus (Holliday, 1998).
- Cheilocistidias muy regulares, en forma de botella con un tamaño de 35-50 x 9-14 μm .
- Pleurocistidias ausente.
- Estipe blanco, excepto en la base sub-bulbosa engrosada, la cual es ligeramente verde o amarilla. El estipe mide entre 5-10 mm de largo x 0,5–0,7 mm de ancho y la base mide 0,7 x 1,1 mm (Holliday, 1998).
- Hifas con conexiones de gancho (Holliday, 1998).
- Basidios con un tamaño de 31–32 μm de largo x 7–9 μm de ancho con 4 esporas (Holliday, 1998).
- Basidiosporas hialinas con un tamaño de 7–11 μm de largo x 4-5 μm de ancho (Holliday, 1998).

2.8.3.2 Ciclo de vida

M. pernicioso tiene un ciclo de vida paralelo con los síntomas de la enfermedad en la planta. El ciclo inicia con las basidiosporas, consideradas como los únicos propágulos del hongo capaces de infectar los tejidos meristemáticos de cacao (Evans, 1980; Scarpari, 2005).

Las basidiosporas son estructuras hialinas, ovales, con un tamaño de 12 μm x 6 μm . A partir de ellas se forma el micelio biotrófico monocariótico, sin conexiones de gancho. Este micelio infecta los cojines florales, los frutos en desarrollo y los brotes vegetativos (Evans, 1980; Evans y Bastos, 1980; Do Rio, 2008).

Avanzada la infección, *M. pernicioso* causa hipertrofia, hiperplasia y la pérdida de dominancia apical de los tejidos, con proliferación de los brotes auxiliares y la formación de tallos anormales; estas estructuras son similares a una escoba, de ahí su denominación (Meinhart, 2008).

2.8.3.3 Sintomatología

La sintomatología de la escoba de bruja es bastante variada; ha sido descrita en detalle por (Holliday, 1957), (Evans, 1981) y (Rugard y Butler 1987).

Cuando el hongo infecta ramas y brotes vegetativos, provoca hinchazón en la parte afectada, acompañada de la proliferación de pequeños brotamientos próximos a los otros, donde se forman las hojas con apariencia de una escoba de bruja.

La infección de los cojines florales se manifiesta con la formación de escobas, con la presencia o no de pequeños frutos partenocárpicos (frutos chirimoya). También, *M. perniciosa* causa la pudrición de los frutos de cacao, los cuales son susceptibles durante todo su desarrollo.

Cuando el patógeno infecta los frutos durante las primeras semanas de edad, se detiene su crecimiento causando la muerte o marchitez prematura. En frutos enfermos de 1 a 4 meses de edad, se presentan deformaciones, hinchazón y se forma un área necrótica más oscura que la ocasionada por la pudrición por monilia, la cual termina en una pudrición acuosa y en la pérdida total de las semillas. En infecciones tardías, es decir, en frutos mayores de 4 meses, la infección causa una pérdida parcial de las semillas de cacao (Meinhardt, 2008).

Extraordinariamente, después de estos síntomas, la hifa biotrófica de *M. perniciosa* se encuentra en bajas densidades y no produce haustorio; sólo se limita a ocupar el espacio apoplástico y presenta un crecimiento lento. Se ha demostrado que el micelio biotrófico se puede mantener viable en condiciones in vitro, si se ponen a crecer las esporas en un medio carente de nutrientes, pero con glicerol como única fuente de carbono.

Después de 1 ó 2 meses de presentarse las alteraciones, los tejidos enfermos se necrosan y mueren, dando lugar a la formación de una estructura denominada escoba seca (Meinhart, 2008). En esta fase necrótica, el hongo adquiere unas características distintivas, tales como: un micelio dicariótico saprofito/ necrótico, en el cual se observan las conexiones de gancho. A diferencia de la fase biotrófica, el micelio saprofito (diámetro de 1 – 3 μm) crece vigorosamente, colonizando rápidamente el material vegetal infectado. Durante esta fase, después de alternar periodos húmedos y secos, tiene lugar la formación de los basidiocarpos sobre el tejido vegetal necrosado (Rocha y Wheeler, 1985; Almeida, 1997; Scarpari 2005). Esta fase tiene una duración aproximada entre 17 a 25 semanas (Holliday, 1957).

Durante la fase saprofítica, el hongo sobrevive en un estado dormante sobre las escobas secas o frutos momificados hasta el inicio de la época de lluvias (Evans y Bastos, 1979; Meirelles, 2002).

La condición ambiental requerida para la liberación de las basidiosporas es la humedad relativa próxima a la saturación (es decir cercana al 100%), la oscuridad y las temperaturas entre 20° a 30° C (Rocha y Wheeler, 1985). La liberación nocturna garantiza la supervivencia de estos propágulos por más tiempo.

Una vez liberadas, las basidiosporas tienen un periodo de viabilidad corto, debido a su sensibilidad a la luz y al secamiento (Evans, 1980; Flood y Murphy, 2004).

La dispersión natural de las basidiosporas se da principalmente por el viento y la lluvia, a partir de fuentes de inóculo como escobas necrosadas y frutos enfermos. La infección tiene lugar cuando las esporas son depositadas sobre las yemas vegetativas, cojines florales o frutos en desarrollo. La infección de

yemas dormantes se convierte en infecciones latentes, ya que forman pequeños puntos necróticos que se activan cuando inicia el periodo de brotación (Bastos, 1994; Meirelles, 2002).

Sin duda alguna, el principal mecanismo de dispersión del patógeno es el hombre, por el transporte de material vegetal de un lugar a otro.

2.8.4 La moniliasis (*Moniliophthora roreri*)

2.8.4.1 Morfología

Las esporas provienen de un basidio modificado, con un pseudoestroma denso y carnoso sobre el cual el hongo produce los vestigios del pileo. Las esporas son multifuncionales, sirven no sólo para el intercambio genético, sino también para la dispersión, la infección y la supervivencia (Evans, 2007). Éstas pueden ser esféricas u ovaladas y tienen dos formas de germinación a través del poro germinativo o directamente a través de su pared (Urquillas, 2004).

Las esporas viejas desarrollan paredes gruesas y se tornan oscuras, las cuales pueden marcar el inicio de la fase de dormancia (Evans, 2007). El tubo germinativo presenta en el extremo distal una estructura similar a un apresorio y la hifa infectiva. Éste es único y en raras ocasiones doble (Urquillas, 2004).

2.8.4.2 Ciclo de vida del patógeno

Las condiciones climáticas y la cantidad de esporas libres son factores determinantes en el ciclo de vida de *M. roreri*. El ciclo comienza con la estación seca, época en la que se encuentran la mayor cantidad de esporas disponibles en el ambiente. Sin embargo, para que inicie la infección es necesario que existan condiciones de humedad. Por tal motivo, es importante considerar el periodo entre cultivos, es decir, el periodo entre la cosecha y la

próxima floración. Los conidios sólo germinan en presencia de una película de agua, con mayor germinación cerca de los 24° C.

En condiciones de laboratorio, las esporas que provienen de micelio esporulante, conservan la viabilidad y poder infectivo hasta 22 meses después de iniciar la esporulación. Estos propágulos almacenados y conservados en seco a 4,5° C mantienen la viabilidad superior al 50%, después de 10 meses (Merchán, 1981).

También se encontró que en condiciones de laboratorio la germinación de las esporas ocurre aproximadamente entre 6 y 8 h. La hifa infectiva del hongo penetra la epidermis del fruto, desde la cual se propaga inter e intracelularmente a los tejidos subepidermales y el exocarpo. La infección continúa a los tejidos centrales, incluyendo las semillas, e inicia el desarrollo de la necrosis desde la parte interna hacia la epidermis. (Merchán, 1981).

Externamente, la infección aparece como puntos aceitosos muy pequeños y circulares, los cuales se convierten en lesiones (manchas) irregulares de color amarillo y marrón. El proceso desde la infección a la aparición de mancha tiene una duración aproximada de 60±10 días, dependiendo de la susceptibilidad del clon de cacao. Entre 3 y 4 días, se desarrolla el micelio blanco sobre las lesiones y luego aparecen las esporas, las cuales confieren un color crema a marrón. En las condiciones de Santander, el ciclo de vida de *M. royeri* dura 60±5 días sobre clones susceptibles y, 73±8 días sobre clones con resistencia parcial.

2.8.4.3 Sintomatología

En condiciones de campo, la enfermedad se ha encontrado sólo sobre frutos. Artificialmente se han logrado infecciones sobre plántulas y primeros estadios foliares (Evans, 2007). La penetración e infección puede ocurrir en

cualquier fase de desarrollo del fruto, pero son más susceptibles durante los primeros estados. La susceptibilidad de los frutos es inversamente proporcional a su edad, es decir que a mayor edad menor susceptibilidad. Después de penetrar el fruto, el hongo se desarrolla intercelularmente en las células del parénquima cortical, presentándose normalmente un largo periodo de incubación.

Los síntomas de monilia varían con la edad del fruto y con la severidad del ataque del patógeno (Merchán, 1981). Sobre frutos jóvenes se observan áreas de crecimiento anormal, formándose protuberancias pronunciadas sobre la superficie de los frutos (gibas). Los síntomas externos pueden estar completamente ausentes hasta la formación de lesiones entre 45 y 90 días después de la penetración del hongo. Según (Evans, 1998) esta fase se podría considerar como la fase biotrófica del hongo, en cuanto a que la necrótica puede ser precedida por la maduración irregular o prematura, la aparición de lesiones irregulares de color chocolate o castaño oscuro, que van creciendo gradualmente hasta cubrir con rapidez toda la superficie del fruto. En infecciones tardías, predominan las lesiones deprimidas de color castaño oscuro. Después del inicio de la lesión, alrededor de los 3 a 7 días, se desarrolla un micelio blanco y crema sobre los frutos infectados, tornándose luego en una densa masa pulverulenta constituida por esporas del hongo, que van cambiando gradualmente de ceniza a marrón (Evans, 1981).

En laboratorio, *M. roseri* crece tanto en medios naturales como artificiales. También, este patógeno es capaz de colonizar órganos vegetativos, previamente esterilizados, lo que lleva a pensar en este método como una alternativa para la evaluación de resistencia de materiales (Merchán, 1981). Los síntomas de la enfermedad pueden variar con la edad del fruto o tipo de material genético. Los tejidos internos de la mazorca pueden ser sustituidos por sustancias acuosas o gelatinosas, razón por la cual esta enfermedad

también es conocida y denominada de forma inadecuada como pudrición acuosa de los frutos. Con frecuencia, las almendras se presentan pegadas unas con otras de manera desorganizada, haciendo difícil su remoción. Los frutos enfermos son normalmente más pesados que los frutos sanos. En algunos materiales o clones de cacao no se presenta esporulación sobre los frutos maduros infectados, lo cual no permite diferenciarlos de aquellos afectados por escoba de bruja (Evans, 1981; Lopes y Martins, 2005).

2.8.4.4 Epidemiología

La esporulación del hongo sobre la superficie del fruto es tan intensa que las nubes de esporas son liberadas y transportadas por el viento, la lluvia y en menor proporción por insectos (Evans, 1986). Se estima que las densidades de esporulación del hongo sobre un fruto pueden alcanzar los 44 millones de esporas por cm² de área.

Una mazorca esporulada ubicada a una altura aproximada de dos metros tiene un gradiente de dispersión, con capacidad de infección de 40%, de hasta una distancia de 20 m (Merchán, 1981). Existe una correlación significativa y positiva entre la población de conidios en el aire y la temperatura, y negativa con respecto a la humedad relativa (Porrás, 1983).

En tanto que tal nivel de esporulación sólo se observa durante pocas semanas después de su inicio, reduciéndose la cantidad de esporas producidas hasta aproximadamente diez semanas, cuando se torna casi insignificante. Las esporas pueden ser aisladas de los mismos frutos momificados, incluso después de un año de la infección, lo que es garantía de la oferta de inóculo durante ese tiempo (Evans, 1981). Al menos 90% de las esporas pueden germinar sobre medios artificiales, pero sólo 10% lo puede hacer sobre agua (Ram, 2004).

Los frutos momificados y esporulados en la copa del árbol son considerados la principal fuente de inóculo para iniciar la epidemia, diseminando las esporas en sentido descendente. La presencia de agua libre no sólo permite la germinación de las esporas, sino que remueve el inóculo desde estos frutos.

Se ha encontrado que la eliminación y disposición de los frutos con síntoma de mancha sobre el suelo no sólo permite la descomposición por parte de los microorganismos presentes en éste, sino que dejan de ser importantes en la diseminación de *M. royeri* (Aranzazu 1987; Cubillos 1981).

Existe una estrecha correlación entre la cantidad de lluvia, el periodo de floración y la formación de frutos con la ocurrencia de la enfermedad (Lopes y Martins, 2005). Se cree que la infección de los frutos ocurre durante la floración o durante la formación de los frutos. Durante el año, una vez que se encuentran frutos enfermos o infectados, se cree que ocurren varias infecciones secundarias durante las épocas lluviosas.

No es claro hasta qué punto pueden ser diseminadas las esporas a partir de las fuentes de inóculo, sin embargo, ya se han sugerido distancias de hasta de 1 km (Evans, 1981; Lopes y Martins, 2005).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 LOCALIZACION

Lugar de ejecución El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las parcelas pertenecientes a la “Asociación de Pequeños Productores de cacao de Piura” - APPROCAP La Quemazón, en el distrito de San Juan de Bigote.

Ubicación política

Caserío	:	La Quemazón
Distrito	:	San Juan de Bigote
Provincia	:	Morropón
Departamento	:	Piura
Región	:	Piura

Ubicación geográfica

Latitud Sur	:	05°22'45" y 05°04'45"
Longitud	:	79°52'55" y 79°30'00"
Altitud	:	200 msnm

3.2 DURACION

El trabajo de investigación tuvo una duración de 11 meses, se inició 07 de mayo del año 2011 y finalizó 30 de marzo del año 2012.

3.3 FASE DE CAMPO

3.3.1 Descripción de sintomatología

En las parcelas cacaoteras de la comunidad de La Quemazón del distrito de San Juan de Bigote, se realizó una descripción detallada de la sintomatología de la enfermedad de la zona radicular y de la parte aérea, esta se complementó con tomas fotográficas en las que se apreciaron los síntomas.

3.3.2 Muestreo

De las plantas con síntoma de enfermedad se recolectaron muestras de suelo y raíces del cultivo de cacao, se colocaron en bolsas de papel Kraf, se identificaron las muestras y con mucho cuidado fueron llevados al laboratorio de Fitopatología de la Universidad Nacional de Piura, para ser analizadas y estudiadas.

3.4 FASE DE LABORATORIO

3.4.1 Aislamiento, Purificación y Mantenimiento

Para el aislamiento se empleó el método de los pétalos de clavel, que consistió en agregar 10gr de suelo muestreado en erlenmeyers con 500ml de agua esterilizada, haciendo una mezcla uniforme se dejó decantar por 10 min., posteriormente la solución suelo fue vertida en placas de Petri en una cantidad de 25 mL/placa, en ellas se colocaron pétalos inmaduros de clavel de color blanco, por cada muestra de suelo se empleó 5 placas (repeticiones), las placas fueron incubadas a temperatura de ambiente por un tiempo de 4 días, con el fin de capturar a los hongos Oomycetos.

Otra metodología que se empleó fue utilizando raicillas, las cuales fueron lavadas con agua a chorro continuo dejándolas por un tiempo de 24 horas, posteriormente las raicillas fueron cortadas en pequeños trocitos con un tamaño promedio de 3 a 10 mm de longitud, luego fueron colocadas en placas de Petri (vidrio) en un número de 30 a 40 trocitos de raicillas, posteriormente se vertió 25 ml/placa de agua destilada, en ella se colocaron pétalos inmaduros de clavel de color blanco y se dejaron incubar por un tiempo de 3 a 4 días, después de este tiempo se realizaron repiques en placas con medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA), Jugo V8 y Corn Meal Agar (CMA) y Agar Zanahoria (AZ).

3.4.2 Identificación del patógeno

Para realizar la identificación del hongo, se realizaron repiques en placas con medio PDA, CMA, Jugo V8 y AZ, con el fin de que desarrolle las estructuras reproductivas. Una vez obtenidas el desarrollo de las estructuras reproductivas, se prepararon montajes para su observación a través del microscopio compuesto. La identificación y especiación del hongo se empleó la clave propuesta por (Erwin y Ribeiro, 1996).

3.4.3 Prueba de patogenicidad

Se emplearon semillas de cacao, las cuales fueron sembradas en macetas de arcilla a las cuales se les incorporó un kilo de sustrato estéril a una proporción de 1:1:1 (suelo agrícola, arena y humus). Las macetas fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 10% durante 24 horas (French Hebert, 1980) después de que las plántulas alcanzaron a tener una altura de 15 a 20 cm y 4 hojas verdaderas se realizó la inoculación del hongo fitopatógeno. Para la inoculación se emplearon zoosporas a una concentración de 10⁴ zoosporas/mL la inoculación fue dirigida al cuello y raíces de la plántula, las macetas se colocaron en bandejas de plástico que contenían lámina de agua destilada, para brindarle condiciones de alta humedad en el sustrato y crear condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad.

De las plántulas que mostraron síntomas de marchitez se realizó el reaislamiento del hongo según el procedimiento indicado para el aislamiento.

3.4.4 Rango de hospedantes

Para la prueba se emplearon frutos y plántulas de diferentes hospedantes.

Frutos

Los frutos que se emplearon fueron: sandía, manzana, mango, piña, naranja, papaya, papa, pimiento, berenjena y tomate. Los frutos fueron lavados con agua potable, luego sumergidas en hipoclorito de sodio al 1%, posteriormente se enjuagaron con agua destilada y se colocaron sobre papel absorbente,

una vez secado la superficie de los frutos se realizaron pequeños cortes en forma de V invertida con la ayuda de un bisturí teniendo una profundidad de 5 a 10 mm.

Para la inoculación se emplearon discos de 6mm. de diámetro del medio de cultivo CMA + micelio del hongo de 7 días de edad, se colocaron en la parte interna de los cortes, luego se pegaron con cinta adhesiva. En los frutos testigos no se realizó la inoculación. Los frutos inoculados y testigo se colocarán en cámaras húmedas (bandejas de plástico) a de temperatura ambiente y las observaciones se realizaron cada 24 horas.

En plántulas

Se emplearon semillas de arveja, tomate, frijol chileno, ají, limón, zarandaja, melón y algodón. Las semillas fueron sembradas en macetas de arcillas que contenían sustrato estéril a una proporción de 1:1: 1 (suelo agrícola, arena y humus). Cuando las plántulas alcanzaron a tener 4 hojas verdaderas se inocularon con una suspensión de zoosporas a una concentración de 10⁴ zoosporas/ml. la inoculación fue dirigida al cuello y raíces de la plántula, las macetas se colocaron en bandejas de plástico que contenían lámina de agua destilada, para brindarle condiciones de alta humedad en el sustrato y crear condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad.

3.5 Monitoreo de *Phytophthora spp.* en diferentes zonas cacaoteras

Se recolectaron muestras de suelo y raíces de las diferentes zonas cacaoteras de la provincia de Morropón, las muestras fueron llevadas al laboratorio de Fitopatología para su respectivo análisis.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Descripción sintomatología por *Phytophthora palmivora*

4.1.1 Síntoma en la parte aérea

Como síntoma característico se observó plantas de menor tamaño, muerte regresiva y decaimiento lento de toda la planta, además se apreció amarillamiento generalizado de las hojas, defoliaciones, frutos momificados adheridos en el tallo y en las ramas, ramas secas y como síntoma avanzado se observó colapso y muerte de la planta, en la figura 1 se observa plantación de cacao de 4 años de edad.



Fig. 1. Sintomatología de la enfermedad A) Planta de cacao con síntomas de muerte regresiva y amarillamiento de hoja B). Colapso y muerte de la planta de 4 años de edad.

4.1.2 En ramas

En las ramas secundarias se observó cuarteaduras, descortezamiento y necrosis de tejido (Fig. 2), en estas ramas infectadas se pudo apreciar frutos adheridos con las siguientes características: deformados, tamaños pequeños, momificados y secos, sin ningún olor fétido de coloración completamente oscura.



Fig. 2. A) Síntoma de descortezamiento de las ramas de cacao por *Phytophthora palmivora*. B) frutos deformes, pequeños, momificados y adheridos en las ramas de cacao (flecha roja).

4.1.3 Síntoma en raíces

A nivel radicular se observó pudrición de raicillas secundarias y terciarias, de coloración marrón oscura (Fig. 3), las raíces infectadas o con pudrición dificulta y limita la absorción de agua y nutrientes del suelo, y como síntoma indirecto se aprecia en la parte aérea planta de menor tamaño, hojas amarillentas, defoliaciones, muerte regresiva, decaimiento total de la planta y muerte de la planta.



Fig. 3. Raíz principal y secundario del cultivo de cacao con pudrición necrótica producida por el hongo *Phytophthora palmivora*.

4.1.4 Síntoma en el tallo y/o corona

En la corona del tronco se observó exudaciones de color marrón naranja y descortezamiento, al realizar raspados con la ayuda de un machete se apreció el tejido cortical completamente infectada, observándose una coloración marrón clara y marrón oscura en la parte basal del tallo lo que dificulta el normal transporte y translocación de nutrientes (Fig. 4). Coincidiendo con la investigación realizada por los investigadores (McMahon y Purwantara, 2004) que el cáncer en el tallo se caracteriza por el desarrollo de un área necrótica marrón en la corteza, alrededor del tronco. Cuando se raspa la superficie de la corteza afectada, el tejido expuesto se torna de acuoso a pegajoso y de un color opaco gris parduzco a un color rojizo claro. La necrosis no se extiende más allá de la capa del cadmium. En el caso de un cáncer grande, éste puede rodear en círculo el tronco, causando la muerte súbita del árbol. Además, reportan que el uso de herramientas contaminadas en la poda se convierte en el vehículo de transmisión de la enfermedad a nuevos brotes. Los cánceres en cojines florales resultan de la contaminación con cuchillos de cosecha o por la visita de insectos vectores.

Como síntoma muy avanzado se observó en las ramas secundarias y en el tallo principal cuarteaduras y descortezamientos (Fig. 5).

Según los investigadores Griffith y Shaw, (1998), reportan que el hongo *P. palmivora* puede atacar el tallo por debajo de la superficie del suelo o bien puede atacar primero la raíz principal y producir síntomas semejantes a los que se deben por la sequía y el marchitamiento general de los órganos aéreos de la planta antes de que aparezcan chancros o cualquier tipo de lesión directa por arriba de la superficie del suelo. Además, indican que los oomiceto pueden atacar a la planta a nivel de la superficie del suelo y produce el empapado de su corteza, la cual toma una apariencia de zona oscura sobre el tronco. Esta zona avanza en todas direcciones, y si la planta es pequeña y suculenta, el ennegrecimiento puede rodear a todo el tallo en poco tiempo, lo cual hace que las hojas de la parte inferior de la planta se desprendan y que, de hecho, toda la planta se marchite. En algunos casos las estructuras reproductivas de tipo asexual de este oomiceto son diseminadas a

partes aéreas de la planta produciendo daño en hojas, yemas y frutos. Las investigaciones realizadas por los investigadores coinciden con la sintomatología observada a nivel de campo en el distrito de San Juan de Bigote, donde se pudo apreciar que la pudrición ocasionada por el hongo *Phytophthora* abarcó todo el diámetro del tronco.

Según (McMahon y Purwantara, 2004) reportan que el patógeno ataca naturalmente tanto hojas muertas endurecidas como tejidos de tallos verdes jóvenes. Las infecciones de las hojas y tallos pueden conducir a la muerte del punto de crecimiento o de toda la planta en el caso de plántulas, ocasionando cánceres en la corteza cuando el patógeno se dispersa hacia un chupón. Dado que las plántulas de cacao crecen muy rápido durante los primeros meses, las hojas jóvenes son muy susceptibles al ataque del patógeno.

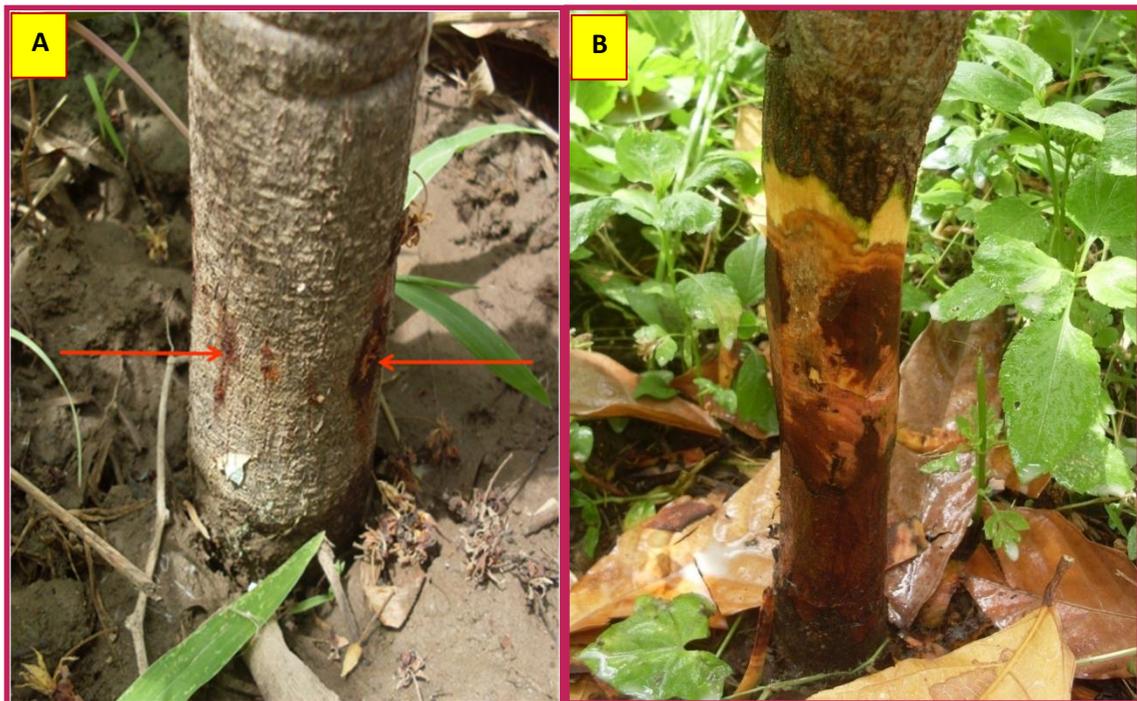


Fig. 4. A) exudaciones en la corona del tallo del cultivo de cacao (flecha roja) B) pudrición en la corteza del tronco de la planta, observándose una coloración marrón claro y oscura.



Figura 5. Se observa como síntoma característico de *Phytophthora palmivora*, el descortezamiento del tallo de cacao.

4.1.5 Síntoma en frutos

La enfermedad se manifiesta con una mancha de color marrón chocolate que con el tiempo se oscurece. Esta mancha se puede iniciar en la parte basal, (unión del pedúnculo con el fruto), avanzando rápidamente hacia el ápice de la mazorca. En ocasiones se inicia desde la punta hacia la base (Fig. 6) y también puede iniciarse desde la zona central hacia los dos extremos del fruto. Coincidiendo con la investigación realizada por los investigadores (McMahon y Purwantara, 2004) donde la mazorca negra, causada por especies de *Phytophthora*, inicia sobre la superficie de la mazorca con una mancha descolorida, sobre la que posteriormente se desarrolla una lesión chocolate o negra con límites bien definidos. En dos semanas, ésta se empieza a dispersar hasta alcanzar toda la superficie de la mazorca. Sobre mazorcas mayores a tres meses de edad, las infecciones inician principalmente en la punta o al final del pedúnculo que une a la mazorca.

En la investigación realizada a nivel de campo se pudo observar acumulación de gotas del agua de lluvia en la parte apical del fruto, esta gota permaneció adherida por más de 48 horas, creando condiciones muy favorables para el inicio y desarrollo de la enfermedad. Según (Galindo 1986) indica que los esporangios y las zoosporas del hongo *Phytophthora* pueden alcanzar con mucha facilidad a los tejidos de la parte aérea a través de las gotas del agua de lluvia.

En mazorcas no maduras la lesión avanza en su interior a la misma velocidad que progresa la lesión externa y los frutos pueden verse afectados completamente en un periodo de dos semanas. Las mazorcas que se infectan cerca de la madurez es posible aprovecharlas siempre que se coseche una semana después de iniciada la infección, a medida que la lesión necrótica crece, se observa en el exterior del fruto el crecimiento del micelio del hongo de color blanco y sobre este micelio se desarrollan los esporangios, que empiezan a hacerse evidentes 4-5 días después de aparecer los primeros síntomas. Galindo (1986). Estas observaciones coinciden con el trabajo de investigación de (McMahon y Purwantara, 2004)

Las infecciones ecuatoriales están usualmente asociadas con el daño por heridas de la superficie de la mazorca; en ella se involucra la pudrición total del tejido carnoso como también la pulpa y las semillas, donde la mazorca finalmente se ennegrece y se pudre, posteriormente es colonizada por hongos secundarios. *P. palmivora* puede causar pudriciones en mazorcas inmaduras o cerezas, pero es necesario distinguirla, por un excesivo número de frutos en el árbol (McMahon y Purwantara, 2004).



Fig. 6. A) Acumulación de gota del agua de lluvia en el ápice del fruto de cacao. B) Inicio de la necrosis desde la punta y/o ápice de la mazorca por el ataque de *Phytophthora palmivora*.

4.1.6 Aislamiento y características culturales de *P. palmivora*

Por el método de pétalos de clavel a partir de raíces, a los 4 días después de incubación se apreció la colonización del hongo *P. palmivora* sobre la superficie y en los bordes de los pétalos de clavel, los pétalos blancos al ser colonizados cambiaron de tonalidad apreciándose color translúcido a transparente, El área de los pétalos a los 4 días presentaron una colonización en un 30 a 100 %, además se observó el desarrollo micelial de color blanco grisáceo en la superficie y en los bordes. A partir del desarrollo micelial en los pétalos, se realizaron repiques a placas de petri con medio PDA; CMA y Jugo V8 y Agar Zanahoria, sin embargo en medio de cultivo PDA Y CMA se obtuvo mejor desarrollo micelial, mientras que en otros medios de cultivo no tuvo éxito ya que se contaminaba rápidamente con el hongo *Pythium* spp.

Con el método de pétalos de clavel a partir del suelo, a los 4 días después de incubación se observó la colonización del hongo *P. palmívora* en menor proporción y en poco tiempo llegó a contaminarse con otros hongos como: *Pythium* spp., *Alternaria* spp., y *Rhizoctonia* spp, en algunos casos se observó la presencia de nematodos, todo ello nos dificultó el aislamiento en placas con medios de cultivo.

En medio de cultivo PDA y CMA el hongo *P. palmívora* desarrolló colonia micelial de color blanco grisáceo, con un crecimiento redondeado con bordes irregulares y sumergidas, con hifas torulosas en algunas zonas; de apariencia algodonosa al centro de la colonia, a los 4 días la colonia alcanzó desarrollar a un diámetro de 25 mm.

Según, Eden (2000) reporta que el micelio es cenocítico, observándose solo raramente la presencia de algunos tabiques que normalmente se encuentran separando de las partes viejas carentes de protoplasma. Además que en los medios de cultivo el micelio se presenta aéreo, el cual puede ser marcadamente radiado o ligeramente estrellado, presentándose los bordes de la colonia redondeados o sinuosos y sumergido en el medio siendo precisamente en este último en el que pueden diferenciarse las protuberancias y engrosamientos, más o menos notable

Existen algunas especies en las cuales, bajo ciertas condiciones de cultivo, el micelio se presenta toruloso, con protuberancias y vesículas como por ejemplo en *P. cinnamomi*, *P. cactorum* y *P. cryptogea* (Eden, 2000).



Fig. 7. A) Aislamiento de *P. palmivora* por el método de pétalos de clavel a partir de raíces del cultivo de cacao, se aprecia pétalos transparentes con inicio de colonización en un 30 a 50% B) Colonización al 100% de los pétalos de clavel, observándose desarrollo del micelio en la superficie y en los bordes.

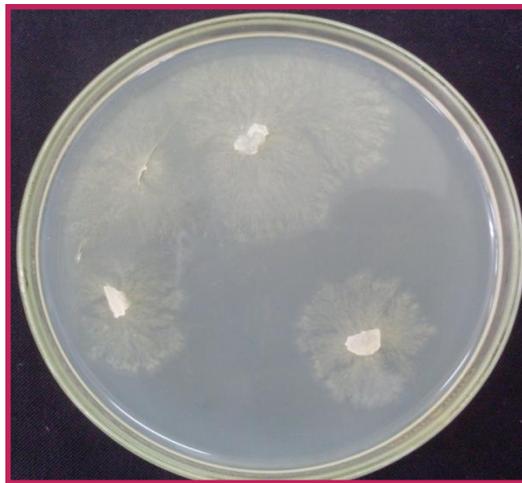


Fig. 8. Desarrollo micelial de color blanco grisáceo del hongo *P. palmivora* en medio de cultivo PDA.

4.1.7 Características morfométricas de *Phytophthora palmívora*

En el microscopio se observó que el hongo forma esporangios numerosos de forma periforme a elipsoide ($43.5 \times 33 \mu\text{m}$, $L/A=1.32$), algunos esporangios fueron de forma alargada todos ellos tenían papilas muy pronunciadas (fig. 9). Los esporangioforos tenían un crecimiento simpodial en trechos dio origen a esporangios caducos con pedicelos muy cortos. Se observó la formación de clamidosporas numerosos de forma redondeada en medio de cultivo PDA, cuyo tamaño promedio fue de $30 \mu\text{m}$, con doble pared y no se observó la formación de Oosporas. Con las características observadas se llegó a identificar al hongo *Phytophthora palmívora* (Butler, 1910).

P. palmívora: las hifas de esta especie son completamente uniformes, pocas veces sobrepasan los $5\mu\text{m}$ de diámetro. A menudo, esta especie produce Clamidosporas con diámetro entre $30-35\mu\text{m}$ en abundancia y en las primeras fases de desarrollo. Los esporangioforos son estrechos, simpodiales y con paredes muy bien definidas. Los esporangios se forman fácilmente sobre medio de cultivo, estos son elipsoides u ovoides con un tamaño de $35-60 \mu\text{m} \times 20-40\mu\text{m}$ y puede llegar hasta $90 \times 45 \mu\text{m}$. No se encuentran normalmente oogonios en cultivos puros, pero abundan cuando son aislados de compatibilidad opuesta (A1 y A2) y se aparean. Presenta anteridios anfígenos, esféricos u ovales con un tamaño de $14 \times 15 \mu\text{m}$. Las oosporas casi llenan el oogonio, tienen una pared de $2 \mu\text{m}$. Los cultivos *in vitro* son uniformes, ligeramente radiados con escaso micelio aéreo. La temperatura de crecimiento mínima es de 11°C , la óptima está entre 27° y 32°C , y la máxima es de 35°C o menos (Stamps, 1998).

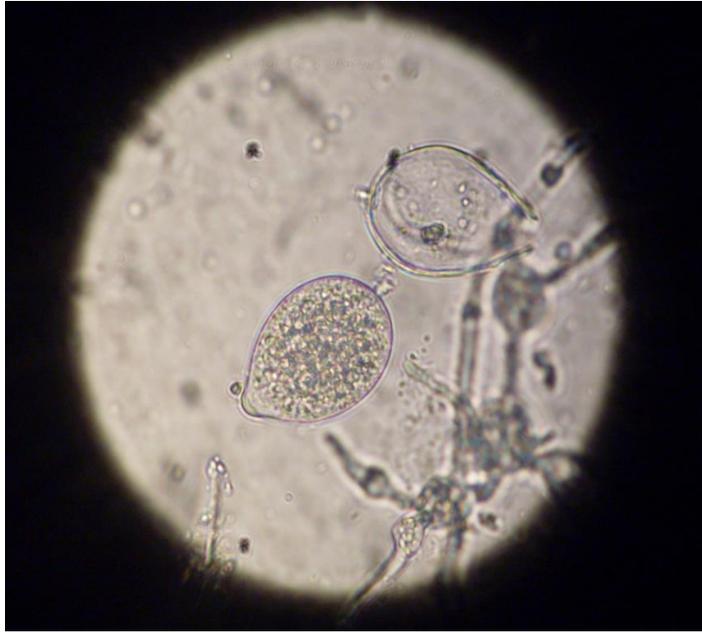


Fig. 9. Esporangios del hongo *Phytophthora palmivora* de forma elipsoide y con presencia de pedicelo corto.



Fig. 10. Esporangios del hongo *P. palmivora* con la presencia de un pedicelo corto (flecha violeta).

4.1.8 Ensayo de patogenicidad

A los 10 días después de la inoculación (ddi) se observó los primeros síntomas de la enfermedad, apreciándose marchitez de las plántulas de cacao, mientras que las plántulas no inoculadas no mostraron ningún síntoma de enfermedad. Como síntoma principal se apreció pudrición de raicillas y cuello de la plántula (fig 11).



Fig. 11. Prueba de patogenicidad, imagen del margen izquierdo se observa plántulas con síntomas de marchitez, previa inoculación con *P. palmivora*, imagen del lado derecho testigo sin inoculación.



Fig. 12. Prueba de patogenicidad en plántulas de cacao, margen izquierdo se observa plántula sana, margen derecho se aprecia plántulas con síntomas de necrosis de raíces, tallo, marchitez y muerte de la plántula previa inoculación con el hongo *P. palmivora*.

4.1.9 Rango de hospedantes

a) En frutos

A los 4 días después de la inoculación se observó como síntoma característico pudriciones de diferente coloración, todos ellos de consistencia blanda, en los siguientes hospedantes: tomate, papaya, manzana, naranja, piña, mango, berenjena, pimiento, sandía y papa previamente inoculadas con el hongo *P. palmivora*. Estas observaciones coinciden con la investigación realizada por (Tsao, 1970), como resultado de la infección de los frutos por especies de *Phytophthora* aparecen manchas pardas, más o menos circulares y firmes (semejantes al cuero en apariencia y consistencia), además de la presencia de un olor aromático característico.

Se pudo apreciar en los frutos de mango y sandía y en tubérculos de papa el crecimiento y desarrollo micelial de color gris de aspecto algodonoso sobre la superficie del tejido infectado. Según (Hammerschmidt, 1999) reporta que en condiciones de elevada humedad atmosférica el hongo esporula en la superficie de las manchas formando un moho blanquecino que puede observarse a simple vista.

(Tsao, 1970) reporta que las especies de *Phytophthora* que causan la pudrición parda de los frutos son las mismas que producen gomosis y podredumbre de las raíces en los cítricos. Sin embargo *P. citrophthora* es la que más frecuentemente se asocia con esta enfermedad, lo cual puede explicarse debido a que esta especie produce esporas más rápido y abundantemente en los fruto infectados que *P. parasitica*.



Fig. 13. Sintomatología producida por el hongo *Phytophthora palmivora* en los frutos de A) papaya, B) tomate, C) manzana y D) mango.

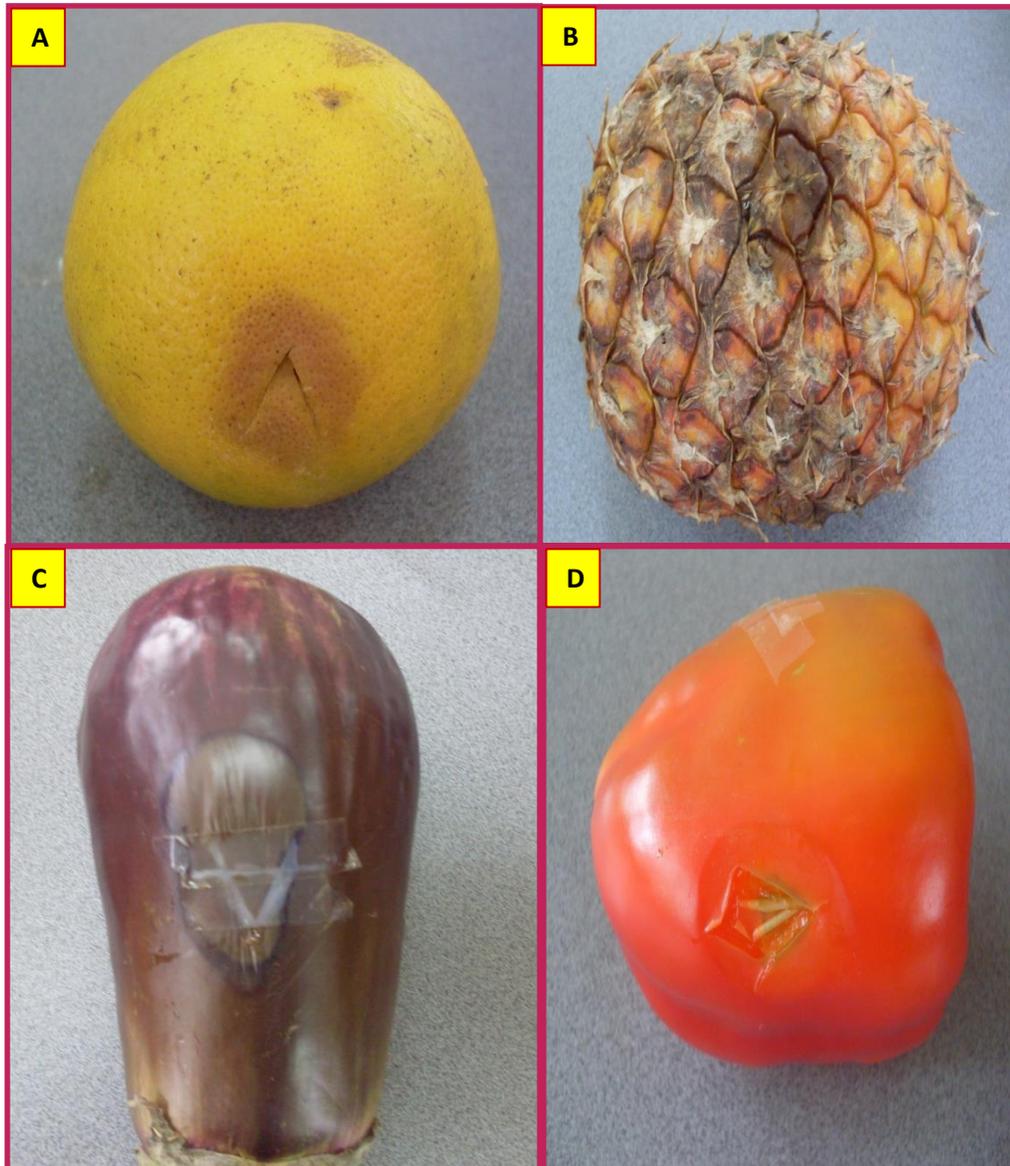


Fig. 14. Sintomatología producida por el hongo *P. palmivora* en frutos de A) naranja, B) piña, C) berenjena y D) pimiento.

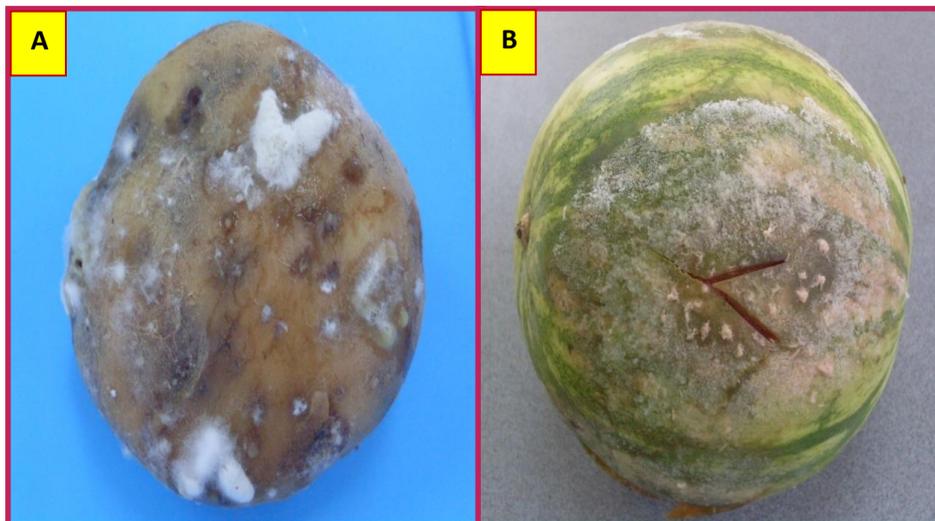


Fig.15. Sintomatología producida por el hongo *Phytophthora palmivora* en A) tubérculos de papa y B) fruto de sandía.

b) En plántulas

A los 7 y 10 días después de la inoculación se observó como síntoma secundario epinastia de las hojas basales y marchitez generalizado. En el sistema radicular se apreció pudriciones de color marrón, además se observó lesiones hundidas a nivel del cuello de las plántulas, y a los 12 ddi ocasiono colapso y muerte de plántulas. Mora y Morales (1980) reportan que cuando la enfermedad producida por *Phytophthora* se encuentra en sus estados iniciales, se manifiesta como una pudrición seca, color café oscuro en el ápice de las raíces. En estados avanzados se observa ausencia de raíces secundarias y una pudrición ascendente del pivote central de la raíz, que pierde su consistencia, sufriendo además desintegración de los tejidos; su coloración normalmente es café oscuro y presenta olor desagradable.

Valenzuela, (1985) reporta que la pudrición de las raíces por *P. cinnamomi* provoca un declinamiento progresivo de las plántulas, en el cual se observan hojas más pequeñas de lo normal, usualmente de color verde pálido o amarillentas a menudo se marchitan y mueren, además reporta que el hongo ataca raíces alimenticias (o raíces absorbentes) observándose pudrición, ennegrecidas, quebradizas y finalmente la planta sufre colapso y muerte.

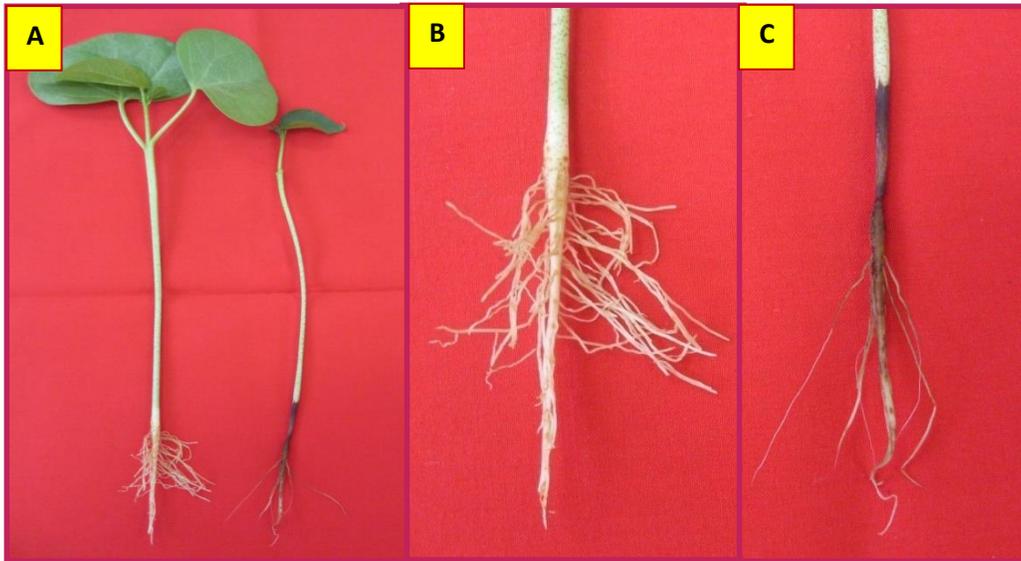


Fig. 16. Sintomatología producida por *P. palmivora* en algodónero, A) Plántula con síntomas de marchitez B) raíz sana (testigo) C) pudrición de raíces y parte del tallo.

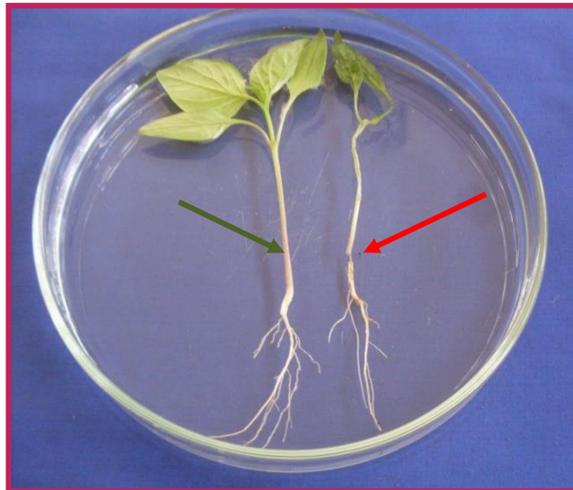


Figura 17. Sintomatología producida por *P. palmivora* en plántulas de ají, margen izquierdo (flecha verde) plántula sana, margen derecho (flecha roja) lesiones hundidas a nivel del cuello de la plántula, marchitez y muerte.

Cuadro 1: Patogenicidad de *P. palmivora* en diferentes hospedantes.

Hospedante	Nombre científico	Hospedante
Ají	<i>Capsicum annum</i>	Infectada
Algodón	<i>Gossypium barbadense</i>	Infectada
Tomate	<i>Lycopersicum esculentum</i>	No infectada
Arveja	<i>Pisum sativum</i>	No infectada
Frijol caupi	<i>Vigna unguiculata</i>	No infectada
Zarandaja	<i>Lablab purpureus</i>	No infectada
Melón	<i>Cucumis melo</i>	No infectada

4.2 Monitoreo de la pseudohongo *P. palmivora*

Las zonas muestreadas de la sub cuenca del río Bigote, se encuentran a una altitud de 200 a 800 msnm, detectándose la presencia del hongo *P. palmivora*, (Cuadro 1), probablemente el hongo ha sido diseminado con mucha facilidad a través del agua de riego y agua de lluvia, donde en los meses. de diciembre, enero, febrero, marzo y hasta mediados de abril se presentan precipitaciones pluviales continuas, según Agrios (1995), indica que los esporangios y las zoosporas pueden ser diseminadas en dirección descendente por el agua de lluvia, probablemente es la razón por la cual el hongo se encuentre distribuido en todas las zonas cacaoteras muestreadas en la sub cuenca del río Bigote.

Cuadro 2. Zonas cacaoteras muestreadas para detectar a *P. palmivora* en la sub cuenca del Río Bigote.

Zonas muestreadas	Nombre del productor	Presencia o ausencia de <i>P. palmivora</i>
Guayaquiles	Luis Huamán Jaime	Presencia
Tunal	Jorge Mejía Zurita	Presencia
Caravelí	David Huamán Tamariz	Presencia
Los Ranchos	Orlando Neyra Majuan	Presencia
La Soccha	Cesar Neira Neira	Presencia
Celia	Miguel Guerrero Guerrero	Presencia
Pajonal	José Córdova Carhuapoma	Presencia
La parteja	Ramón Huachez Bermeo	Presencia
Barrios	Jaime Pintado Cano	Presencia
Bigote	Marcos Moreto García	Presencia

V. CONCLUSIONES

Se ha identificado al hongo *Phytophthora palmivora* como el agente causal de la pudrición radicular en el cultivo de cacao criollo.

Se ha descrito la sintomatología del hongo *Phytophthora palmivora* en el cultivo de cacao criollo.

Los frutos de sandía, manzana, naranja, berenjena, papa, tomate, pimiento, piña, mango y papaya son susceptibles a *Phytophthora palmivora*

Los cultivos de algodón y ají son susceptibles a *Phytophthora palmivora*.

Se ha identificado al hongo *Phytophthora palmivora* en el monitoreo realizado en el distrito de San Juan de Bigote – Provincia de Morropón.

VI. RECOMENDACIONES

Implementar un plan de manejo integrado de la enfermedad de pudrición de raíces producida por el hongo *Phytophthora palmivora* en el cultivo de cacao criollo.

Realizar monitoreo de campo para detectar al hongo *P. palmivora* en todas las zonas cacaoteras del departamento de Piura.

Realizar ensayos con aplicación de fungicidas a nivel de campo en la zona de San Juan de Bigote.

Realizar estudios de monitoreo para detectar otras enfermedades en el cultivo de cacao.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS.1980. Desarrollo y Control de las Enfermedades de las Plantas. Control de Plagas de Plantas y Animales. Vol 1. Editorial Limusa. México. 223 p P. Article biodiversidad de los hongos fitopatogenos del suelo de México pag 2.
2. AGRIOS, G. N. 1995. Fitopatología, traducida de la tercera edición en inglés por Manuel Guzmán Ortiz. Editorial Limusa, S.A. de C. V. México. 837 pp.
3. ALMEIDA O, CHIACCHIO F, ROCHA H. 1997. Sobrevivência de *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer em vassouras secas de cacaeiros (*Theobroma cacao* L.) do estado da Bahia. *Agrotropica* 9:23-28.
4. ALVIM, P. 1967. Eco-physiology of the cocoa tree. In Conference International Sur les echerches Agronomiques Cacaoyères 1965. Abidjan. p. 23-35.
5. ARANZAZU F. 1987. Comportamiento de los frutos de cacao afectados por monilia dejados sobre el suelo. 10ª Conferencia Internacional de Investigación en Cacao. Santo Domingo, República Dominicana. 457-460.
6. ASHA R. Y ARÉVALO G. Manejo Integrado para el control de monoliasis del caco en el Perú 34Pag.
7. ASHWORTH, L.J., HUISMAN, O.C., WEINHOLD, A.R.& HANCOCK, J.G. 1981 Y AGRIOS, G.N. 1988. Estimating Yield Losses Caused by Soil-Borne Fungi. In: Crop Loss Assessment Methods. Supplement 3. Chiarappa, L. (ed.) pP. 91-95. FAO. CAB. England, U. K.. Article biodiversidad de los hongos fitopatogenos del suelo de México pag 2.
8. Asociación de Pequeños Productores de cacao de Piura (APPROCAP) , 2008.
9. BARNETT, H. L. and B. B. HUNTER (1998). Illustrated genera imperfect fungi. Editorial Burgess Publishing Company. USA. 241 pp.
10. BARROS, O. & SANCHEZ, J.A. (1979). Un método de aislamiento del hongo *Monilia roleri* Cif. & Par. *El Cacaotero Colombiano* 11:27-40.

11. BASTOS C. (1994). Capacidad de *Crinipellis pernicioso* producir basidiósporos viáveis em vassouras com três anos de idade e de infectar tecidos do cacauero com gemas dormentes. *Fitopatologia Brasileira* 19:585-587.
12. BHATTACHARJEE, R., & KUMAR, P. (2007). Cacao. *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants, Vol 6: Technical crops*. Springer – Verlag Berlin Heidelberg, pp. 127-142.
13. CCI (CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL UNCTAD/GATT) (1991). Resumen para los servicios de Información comercial. Cacao fino o de de aroma. Estudio de la producción y el comercio mundiales. Ginebra 1991. 60 p.
14. CHEE, K. H. (1974). Hosts of *Phytophthora palmivora*. In Gregory, PH. *Phytophthora disease of cocoa*. London, UK, Logman. p. 81-87.
15. COPE, F. W. (1976). Cacao. *Theobroma cacao* L. (Sterculiaceae). *Evolution of crop Plants*. London, UK and New York, US Longman, Ed. NW Simmonds. p. 285-289.
16. CUBILLOS, G. (1981). Exploraciones acerca de la importancia que tienen los frutos enfermos dejados sobre el suelo como fuentes primarias de infecciones de *Moniliophthora roreri* (Cif. y Par.) Evans et al. *El Cacaotero Colombiano* 18:38-43.
17. DONOVAN, J. (2006). Diversification in international cacao markets: opportunities and challenges for smallholder cacao enterprises in Central America. A consultancy report prepared by RUTA. 135 p.
18. DO RIO, C. (2008). Production of calcium oxalate crystals by the basidiomycete *Moniliophthora pernicioso*, the causal agent of Witches' broom disease of Cacao. *Current Microbiology* 56:363- 370.
19. DRENTH & GUEST. 2004. *Diversity and Management of Phytophthora in Southeast Asia*. ACIAR, Canberra.
20. ENRIQUE, S. (1992). Characteristics of cacao "Nacional" of Ecuador. In *International workshop on conservation, characterization and utilization of cocoa genetic resources in the 21st century*. , the cocoa research Unit, the University of the West Indies. Port-of-Spain, Trinidad, TT p. 269-278.

21. ENRIQUE, S. (2004). Cacao Orgánico: Guía para productores ecuatorianos. Quito, EC. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (Manual 54). 360 p.
22. ENRIQUE, S. C. (1987). Manual del Cacao para agricultores. 1^{ra} Edición San José CR. EUNED. Coedición: CATIE-ACRI-UNED. 150 p.
23. EDEN, M. A., HILL, R. A., & GALPOTHTHAGE, M. (2000). An efficient baiting assay for quantification of *Phytophthora cinnamomi* in soil. *Plant Pathology* (49): 515-522.
24. ERWIN, D. C., BARTNICKI- GARCÍA, S., & TSAO, P. H., (1983). *Phytophthora: Its biology, taxonomy, ecology and pathology*. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota.
25. ERWIN, D. C., & RIBERIRO, O. K. (1996). *Phytophthora diseases Worldwide*. St paul, Minnesota, USA: APS Press.
26. EVANS, H. (1980). Pleomorphism in *Crinipellis pernicioso*, causal agent of witches broom disease of Cacao. *Transactions of the British Mycological Society* 74:515-523.
27. EVANS, H, & BASTOS, C. (1980). Basidiospore germination as a means of assessing resistance to *Crinipellis pernicioso* (Witches broom disease) in cocoa cultivars. *Transactions of the British Mycological Society* 74:525-536.
28. EVANS, H. (1981). Pod rot of Cacao caused by *Moniliophthora (Monilia) roreri*. *Phytopathological Pappers* N° 24. Kew, England. Commonwealth Mycological Institute 44 p.
29. EVANS, H. (1986). A reassessment of *Moniliophthora roreri* (Monilia) pod rot of cocoa. *Cocoa Grower´s Bulletin* 37:34-43.
30. EVANS, H. (2007). Cacao diseases – The trilogy revisited. *Phytopathology* 97:1640-1643.
31. EVANS, H., BASTOS C. (1979). Uma reavaliação do ciclo da vida da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*) do cacau. *Fitopatologia Brasileira* 4:104.

32. FERNANDO GARCIA ARENAL. 1992. Manual de enfermedades de las plantas.
33. FINET, A. PAZ, C. 2004. Diagnostico con un enfoque Organizacional de la Cadena productiva del cacao en Perú. CICDA Centro Internacional de Cooperación para el Desarrollo Agrícola.
34. FLOOD J, MURPHY R. 2004. Cocoa futures: A source book of some important issues facing the cocoa industry. The commodities Press. 163 p.
35. FRENCH, E. R. Y T. T. HEBERT. 1980. Métodos de investigación fitopatológica. Editorial IICA. San José, Costa Rica. 277 pp.
36. FUNDACITE (Fundación para la ciencia y la Tecnología). 1998. Plan para el manejo del cacao. FUNDACITE-ARAGUA.Maracay, Estado Aragua, VE. 9p.
37. GALINDO, JJ. 1986. Efecto de poda sanitaria y prácticas culturales sobre el combate de mazorca negra y moniliasis del cacao. In seminario taller de fitopatología (1986, Panamá). Memorias del taller de fitopatología. Panamá, AID IROCAP. P. 58-66. Article IDENTIFICACIÓN DE HONGOS FITOPATÓGENOS QUE AFECTAN EL CULTIVO DE CACAO (Theobroma cacao L.) EN LA FINCA BULBUXYA, SAN MIGUEL PANAN SUCHITEPÉQUEZ pág 15-1
38. GREGORY, PH. 1972. Cocoa: The importance of black pod disease. Journal of the Agricultural Society of Trinidad y Tobago (Trinidad) 72(2):155-160.
39. GRIFFITH, G.H. AND SHAW,D.S. 1998. Polymorphism in phytophthora infestan: Four Mitochondrial haplotips are detected after PCR Amplification of DNA from pure cultures or from Host lesions. Aplied of Enveronmental Microbiology. 64(10): 4007-4014. MONOGRAFIA SOBRE Phytophthora infestans (MONT) DE BARY
40. HAMMERSCHMIDT, R. 1999. Phytoalexins: What have we learned after 60 years. Ann.Rev. Phytopathol (37): 285-306.

41. HERNÁNDEZ, T.A.; E. ARÉVALO G. Y E. ARÉVALO G. 1987. Análisis epidemiológico de la Escoba de Bruja en el Cacao, causado por *Crinipellis perniciosa* en Tingo María, Perú. *Fitopatología* 22:54.
42. HOLLIDAY P. 1957. Spread of pod rot of Cacao, *Monilia roleri*, a dangerous pathogen. *Commonwealth. Phytopathology News* 3:12.
43. HOLLIDAY P. 1998. *Crinipellis perniciosa*. CMI Description of pathogenic fungi and bacteria N°223. Set N°23.
44. J.J.OCHSE-M.J. SOULE JR. M.J. DIJKMAN-C. WEHLBURG. 1991. *Cultivo y Mejoramiento de Plantas Tropicales y Subtropicales*.
45. LOPES M, MARTINS E. 2005. Principais doenças do cacauero no Brasil. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC/SEFIT. 132 p.
46. MCMAHON P, PURWANTARA A. 2004. Major crops affected by *Phytophthora*. En André Drenth y David Guest. *Diversity and Management of Phytophthora in Southeast Asia*. ACIAR Monograph 114. 104-105 p.
47. MAXIMICE. 2005. Perfil de Mercado y Competitividad. Exportación de cacao.
48. MEINHARDT L, 2008. *Moniliophthora perniciosa*, the causal agent of witches' broom disease of Cacao: what's new from this old foe? *Molecular Plant Pathology* 9:577-588.
49. MEIRELLES S. 2002. Epidemiologia da vassoura-debruxa (*Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer) em cacaueros enxertados em Uruçuca, Ba (tesis de Maestría) Universidad de Saõ Paulo. 53 p.
50. MERCHÁN V. 1981. Avances de la investigación de la moniliasis del cacao en Colombia. *El Cacaotero Colombiano* 16:26-41.
51. MONT, R. M. 1993. Principios de control de enfermedades de las plantas. Centro Preuniversitario de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 287 pp.
52. MORA, D.: MORALES, F. 1980. Etiología de la pudrición radical de la papaya en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 4 (2): 191-193.

53. MOTAMAYOR, J.C. (2001). Etude de la diversité génétique et de la domestication des cacaoyers du groupe criollo (*Theobroma cacao* L.) à l'aide de marqueurs moléculaires. Le grade de Docteur en Sciences. Université Paris XI. 177 p.
54. MOTAMAYOR J, RISTERUCCI A, LOPEZ P, ORTIZ C, MORENO A, LANAUD C. 2002 Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity* 89:380-386.
55. OFICINA REGIONAL DE LA FAO. 1985. Manual para patólogos vegetales. Traducido de la primera edición en inglés por la facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad de Chile. Editorial Pacific Press. S.A. 441 pag.
56. PAREDES, A. (2009). Manual del cultivo del cacao. 100 pag.
57. PORRAS V. (1983). Epifitología de la moniliasis (*Monilia roreri* Cif. y Par.) del cacao y su relación con la producción del árbol en la zona de Matina. *El Cacaotero Colombiano* 25:28-29.
58. PROAMAZONIA, (2003). Caracterización de las zonas productoras de cacao en el Perú y su competitividad. Informe final. Lima, diciembre 2003.
59. RAM, A. (2004). A monilia do cacauero. São Paulo, SP. Fundação Cargill. 36 p.
60. ROCHA, H. & WHEELER, B. (1985). Factors influencing the production of basidiocarps and the deposition and germination of basidiospores of *Crinipellis perniciosa*, the causal agent of witches' broom disease on cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Plant Pathology* 34:319-328.
61. RUDGARD S, BUTLER D. 1987. Witches' broom disease in Rondonia, Brazil: pod infection in relation to pod susceptibility, wetness, inoculum, and phytosanitation. *Plant Pathology* 36:515-522.
62. SÁNCHEZ, P.A. (1994). Establecimiento y Manejo de cacao con Sombra. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, CR. (Serie Técnica. Manual Técnico no 10. 82 p.)

63. SCARPARI, L. (2005). Biochemical changes during the development of witches' broom: the most important disease of cocoa in Brazil caused by *Crinipellis pernicioso*. *Journal of Experimental Botany* 56:865-877.
64. SORIA, V. J. (1966). Obtención de clones de cacao por el método de índices de selección. *Turrialba* 16(2): 119-124.
65. STAMPS, J. (1998). *Phytophthora palmivora*. CMI Description of pathogenic fungi and Bacteria N° 831. Set N° 84.
66. TECNOLOGÍA PARA EL MEJORAMIENTO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CACAO. (2000). Compiladores Luis Antonio Mejía Florez; Orlando Argüello Castellanos. Publicación CORPOICA Ministerio de Agricultura. Ed. Impresiones Colombianas. Bucaramanga, CO. 2000. p.144.
67. TSAO, P. H. (1970). Selective media for isolation of pathogenic fungi. *Ann Rev Phytopathology* (8): 157-186.
68. URQUILLAS, L. (2004). Inducción de la germinación para mejorar la eficiencia de dos agentes antagónicos para el control de la monilia (*Crinipellis roreri*) del cacao (*Theobroma cacao*) (tesis de Maestría) Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 72 p.
69. VALENZUELA, J. G. (1985). Manejo integrado de la tristeza (*Phytophthora cinnamomi*) del aguacatero en Atlixco, Pue. *Revista Mexicana de Fitopatología*, No 1.
70. WALKER, C., & VAN WEST, P. (2007). Zoospore development in the oomycetes. *Fungal Biology Reviews* 21:10-18.
71. WATERHOUSE, G. M. (1977). Whence *Phytophthora palmivora*. *Phytophthora Newsletter* 5:3-5.
72. WOOD, A. R., BA; DTA. (1985). *From harvest to store, Cocoa*, 4th ed. New York, USA, Longman, 444-504 p.4.

ANEXOS



Fig. 18. Dificil acceso a las parcelas experimentales



Fig.19. Realizando muestreos



Fig. 20. Observando las estructuras que forma el agente causal



Fig. 21. Repiques en placas con medio de cultivo



Fig. 22. Inoculando el patógeno a los hospedantes



Fig. 23. Aislando *Phytophthora palmivora* con el método de los pétalos de clavel.



Fig. 24. Monitoreo de *Phytophthora palmivora* en zonas productoras de cacao