

**UNIVERSIDAD DE GUANTÁNAMO**  
**FACULTAD AGROFORESTAL**

**Título: Hongos endófitos como alternativa de control biológico frente a *Phytophthora palmivora* en Sistemas Agroforestales en el municipio de Baracoa.**

Tesis en opción al título de Ingeniero Forestal

**Autora:** Mariatne Borgellá

**Tutores:** DraC. Yurelkys Fernández Maura

MsC. Irladis Urgellez Cardoza

Guantánamo, Cuba

2020



***Pensamiento***

*La naturaleza es una esfera infinita cuyo centro está en todas partes y la circunferencia en ninguno, en ella no hay recompensas ni castigos, hay consecuencias*

*Blaise Pascal y Bob Ingersoll*

***Dedicatoria***

**Nada es imposible de lograr, cuando tu propio empeño por hacerlo, está acompañado de la voluntad, el amor y la esperanza de quienes te aprecian y estiman, por eso quiero dedicar esta obra:**

- Dios, mi mayor tesoro, mi ayudador y mi proveedor.
- A mi esposo Carlos Yoan Delgado Gainza, mi amor y mi complemento.
- A toda mi familia porque de una forma u otra me han ayudado a llegar hasta aquí.
- A mi tutora, DraC. Yurelkys Fernández Maura por ser una buena hermana y amiga.
- A mi compañero Alejandro Barrera por ser tan paciente conmigo

## **Agradecimientos**

- A Dios porque es el que me ha dado las fuerzas y la sabiduría para culminar mis estudios.
- A mi esposo Carlos Yoan Delgado Gainza por ser mi apoyo, mi ayuda, por amarme y soportarme.
- A mis padres y abuelos en especial mi abuela Caridad Vargas por estar siempre pendiente de mí y brindarme todo su amor y dedicación.
- A mis suegros Lourdes Gainza Hernández y Rafael Delgado Vernier por quererme como a una hija.
- A toda mi FAMILIA.
- A mi tutora Dra.C. Yurelkys Fernández Maura y su familia por soportarme tanto, quererme y mimarme. Por brindarme su amistad, tiempo y conocimiento, por todas esas horas de dedicación
- A mis profesores en especial a Orfelina Rodríguez y Yaimé Leyva que se esforzaron para formar la profesional que soy hoy.
- A mis compañeras de cuarto: Mileydis Romero, Yusnavis Benavides, Rosangela Pupo, Yarelis Solís y Lismaris Maure por sus consejos.
- A mis hermanos en Cristo del Grupo Universitario.
- A mis compañeros de aula por haber formado parte de una nueva familia para mí, por todas esas vivencias que compartimos aun cuando la vida nos ponía obstáculos que logramos vencer a pesar de las dificultades, por su amistad y solidaridad, En especial a Alejandro Barrera y Felipe Díaz.
- A los trabajadores del Centro de Desarrollo de la Montaña.

En fin a todos aquellos que de una forma u otra contribuyeron a la realización y culminación de este trabajo de diploma

## **Resumen**

Las plantaciones de cacao en Cuba son afectadas por la podredumbre oscura de la mazorca, enfermedad causada por varias especies de *Phytophthora*. Diferentes métodos de protección de cultivos son empleados para reducir el impacto de esta enfermedad, entre ellos las prácticas culturales, los métodos químicos y los genéticos. No obstante, el control biológico es una alternativa importante. Actualmente los hongos endófitos aparecen como una opción para el control de la podredumbre oscura de la mazorca. Este estudio se realizó con el objetivo de identificar hongos endófitos presentes en cacao que pueden ser utilizados como una fuente de control biológico para esta enfermedad.

Los hongos endófitos fueron aislados de hojas aparentemente sanas de *Theobroma cacao*, durante extensas colectas de campos en Baracoa, Cuba. Para los aislamientos se utilizó el método de triple esterilización.

Finalmente fueron seleccionados 110 aislados para la realización de la identificación taxonómica por los caracteres morfológicos. Encontrándose como especies más comunes *Colletotrichum gloesporioides* seguida por *Xylaria* spp. Se requieren futuros estudios para seleccionar entre estas cepas las que poseen potencialidades como agentes de control biológico de *Phytophthora palmivora* agente causal de la podredumbre oscura en Cuba.

**Palabras claves:** Hongo endófito, *Theobroma cacao*, *Phytophthora*

**Abstract**

Cuban cocoa plantations are variously affected by black pod disease, caused by several species of *Phytophthora*. Different forms of crop protection are employed to reduce the impact of this disease, cultural practices such as pod stripping and the use of pesticides. However, biological control is an important alternative. Nowadays, fungal endophytes seem to be a serious option for black pod disease control. This study was undertaken with the objective to identify fungal endophytes present in cocoa to use them in the context of integrated management systems for disease control. During extensive field surveys in Baracoa, Cuba, endophytic fungi were isolated from healthy leaves of *Theobroma cacao* following the method of triple sterilization. One-hundred-ten isolates were finally selected for taxonomic identification by morphological characteristics. The most common species were *Colletotrichum gloesporioides* followed by *Xylaria* spp. Further studies are required to screen selected strains for their potential as biocontrol agents of *Phytophthora palmivora*, causal agent of black pod disease in Cuba.

**Keywords:** Endophytic fungi, *Theobroma cacao*, *Phytophthora*

## Índice

### Contenido

I. Introducción .....	1
II. Revisión Bibliográfica .....	5
<b>2.1. Sistemas agroforestales (SAF)</b> .....	5
2.1.1. Clasificación de los sistemas agroforestales .....	6
2.1.2. De acuerdo al tiempo y el espacio .....	6
<b>2.2. Sistemas agroforestales cacaoteros</b> .....	7
<b>2.3. Reseña histórica del cacao</b> .....	9
<b>2.4. Cultivo del cacao</b> .....	10
2.4.1. Origen e Importancia .....	10
2.4.2. Aspectos generales del cultivo de cacao .....	11
2.4.3. Distribución del cacao en el mundo .....	11
2.4.4. Producción y consumo mundial de cacao .....	12
2.4.5. Tipos de cacao en el Mundo .....	13
2.4.6. Introducción y distribución del cacao en Cuba .....	14
2.4.7. La producción del cacao en Cuba .....	18
2.4.8. Tipos de cacao en Cuba .....	19
<b>2.5. Descripción botánica y taxonomía del cacao</b> .....	<a href="#">2022</a>
2.5.1. Taxonomía: .....	<a href="#">2022</a>
2.5.2. Género <i>Theobroma</i> .....	<a href="#">2023</a>
2.5.3. Morfología de <i>Theobroma cacao</i> L. ....	21
2.5.4. Requisitos edafoclimáticos para el cultivo de cacao .....	21
<b>2.6. Principales plagas y enfermedades en el cultivo del cacao:</b> .....	24
2.6.1. Plagas .....	24
2.6.2. Enfermedades .....	25
2.6.3. La mazorca negra ( <i>Pythophthora sp.</i> ) .....	25
<b>2.7. Control de la podredumbre oscura causada por <i>Phytophthora</i></b> .....	29
2.8. Microorganismos endófitos .....	30
2.9.2. Rol de los endófitos en la protección del huésped .....	31
2.9.3. Hongos endófitos como agentes de control biológico en el control de los patógenos del <i>Theobroma cacao</i> .....	31
III. Materiales y Métodos .....	35
<b>3.1. Colecta de muestras de hojas de cacao</b> .....	35

3.2. Aislamiento de hongos endófitos.....	36
3.3. Método de Triple esterilización.....	37
3.4. Identificación taxonómica de hongos endófitos .....	38
3.5. Aislamiento de cepas de <i>Phytophthora palmivora</i> .....	38
IV. Resultados y Discusión .....	40
V. Conclusiones .....	47
VI. Recomendaciones.....	48
VII. Bibliografía.....	49



## I. Introducción

Los sistemas agroforestales (SAF) constituyen una alternativa ante la problemática de los monocultivos; permiten desplazarlos debido a que implican la combinación de árboles forestales con otros cultivos, o con animales domésticos, o ambos. Optimizar la producción por unidad de área mientras que al mismo tiempo se respeta el principio de obtener rendimientos sostenibles (Torres *et al.*, 2014). Por medio de la integración de árboles en las fincas y paisajes agrícolas, se diversifica y sustenta la producción para incrementar los beneficios sociales, económicos y ambientales de agricultores de todos los niveles (Mata, 2012; citado por Mata D. *et al.*, 2017).

En los últimos años los sistemas agroforestales han tenido el éxito de ser ampliamente aceptados en muchos países del trópico. La razón principal de esta aceptación ha sido su alta adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales y socioeconómicas, una flexibilidad de estrategias y prácticas y su orientación directa hacia la solución de los problemas. En el caso de Cuba los sistemas agroforestales constituyen alternativas viables para el escenario rural, con vistas a satisfacer de forma sostenida las necesidades elementales de alimentación y las condiciones de vida de la población, mediante diferentes formas de adopción según las características propias del ecosistema donde se implanten.

El estudio del cultivo de cacao en asociación con árboles de sombra tiene mucha importancia, ya que en el Trópico de América Latina los sistemas agroforestales con cacao son muy comunes y aproximadamente el 70% de la producción de cacao proviene de pequeños agricultores (Álvarez, Rojas y Suárez, 2012). Según Márquez JJ. Aguirre MB. (2008) y citado por Arvelo MA *et al.* (2017) plantean que el exceso de sombra trae consecuencias la plantación de cacao; ejemplo de esto es la incrementación en el índice de enfermedades como las del género *Phytophthora*.

La especie *Theobroma cacao* L. es originaria de los bosques húmedos neotropicales de América y constituye una de las contribuciones más importantes a la agricultura de los trópicos (De la Cruz *et al.*, 2015; citado por Mata D. *et al.*, 2017).

Según Llach *et al.* (2007), actualmente la producción mundial de cacao se distribuye, básicamente, en 3 regiones con el siguiente aporte a la producción mundial: África (66 % - 70 %), Asia (16 % - 18 %), América y Caribe (14 % - 16 %). Son los africanos y en especial Costa de Marfil, los principales productores de cacao en el mundo.

La mayor causa de afectación a la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) a nivel mundial son las enfermedades. La podredumbre oscura de la mazorca es la enfermedad que mayores daños causa al cacao y se encuentra en todos los países productores (Evans, 2007; Guest, 2007; citado por Arvelo MA. 2017). Esta enfermedad es causada por varias especies del género *Phytophthora*, con pérdidas cercanas al 90\_% de la producción en ausencia de medidas de control y dependiendo de las condiciones climáticas (Bowers et al., 2001).

*Phytophthora* puede sobrevivir en el suelo y en partes infectadas de la planta por lo que es casi imposible eliminar este patógeno y se requieren de planes de control a largo plazo (Evans & Prior, 1987; Salinas, 2014). Existen varios métodos de control como: los culturales, químicos y genéticos, pero estos no han sido lo suficientemente efectivos para el control de esta enfermedad ya sea porque requiere de un trabajo intensivo (Opoku et al., 2000); los costos son muy elevados (Deberdt et al., 2008; Gockowski et al., 2010) o no se ha reportado un clon con una resistencia completa frente a la podredumbre oscura de la mazorca (Guest, 2007; Efombagn et al., 2013; Lachenaud et al., 2015; citado por Abreu N. 2018).

Por lo tanto, se exploraron otras opciones alternativas de control. Una de estas opciones es el control biológico de las enfermedades del cacao (Holmes et al., 2004; citado por Abreu N. 2018).

Estudios recientes brindan evidencias de que los hongos endófitos juegan un rol importante en las interacciones planta-patógeno y que pueden neutralizar el desarrollo del patógeno; entre ellos la producción de antibióticos que inhiben el crecimiento del patógeno (Aneja et al., 2005; Herre et al., 2007; citado por Abreu N. 2018); inducen mecanismos de defensa que pueden reducir el impacto del ataque de patógenos Mejía et al. (2014); competencia por espacio y recursos y actúan como micoparásitos. Después se realizaron otros estudios para evaluar el potencial biocontrolador de hongos endófitos frente a la podredumbre oscura en *T. cacao* y mostraron un decrecimiento en la severidad de la enfermedad (Arnold et al., 2003; Hanada et al., 2009; citado por Abreu N. 2018).

Cuba no es un productor de cacao a escala mundial, en comparación con otros países productores, sin embargo en el municipio de Baracoa en la región más oriental del país se produce cerca del 75 %, ya que esta área posee condiciones climáticas apropiadas para

este cultivo; alto nivel de precipitaciones, humedad y temperatura ( Hartmann y Larramendi, 2011).

Pero estas plantaciones son severamente afectadas por la podredumbre oscura de la mazorca, enfermedad causada por varias especies de *Phytophthora*. Actualmente son empleadas diferentes formas de protección a este cultivo que reducen el impacto de esta enfermedad, tales como las técnicas culturales (poda de los árboles, eliminación de las mazorcas enfermas, manejo de la sombra) y el uso de pesticidas y siguen existiendo perdida en la producción de cacao, esto conlleva a que se desarrollara un programa de rehabilitación del sector productivo cacaotero liderado por el Ministerio de la Agricultura

En este contexto, los métodos de control biológico emergen como una alternativa importante, menos agresiva al agroecosistema cacaotero y especialmente frente a nuestras limitaciones económicas (Peixoto-Neto, 2002; citado por Abreu N. 2018).

### **Problema**

La alta incidencia de *Phytophthora palmivora* en las plantaciones de cacao que provoca pérdidas económicas al ser el agente causal de pudrición negra de la mazorca.

### **Hipótesis**

La identificación de hongos endófitos foliares permitiría contar con una herramienta para el control biológico de *Phytophthora palmivora*, causante de la podredumbre oscura de la mazorca en *T. cacao*.

### **Objetivo general**

Identificar hongos endófitos de *T. cacao* que pueden servir como una fuente de agentes de control biológico frente a *P. palmivora*.

## Objetivos específicos

- Aislar cepas de *Phytophthora palmivora* que afectan al *Theobroma cacao* en las plantaciones cubanas.
- Aislar hongos endófitos de las diferentes muestras de cacao colectadas de las plantaciones seleccionadas.
- Identificar taxonómicamente los hongos endófitos aislados.

## II. Revisión Bibliográfica

### 2.1. Sistemas agroforestales (SAF)

Los agroecosistemas difieren de los ecosistemas naturales debido a la manipulación del hombre para obtener un beneficio; pueden presentar características similares pero simplificadas (Gliessman, 2002, citado por Romero E. 2016). Los SAF tienen atributos como cualquier otro sistema: límites (bordes físicos), componentes (elementos físicos, biológicos y socioeconómicos), interacciones (intercambios de energía entre los componentes), ingresos (energía solar, insumos, mano de obra), egresos (frutos, madera, cultivos) una jerarquía (posición del sistema con respecto a otros) y una dinámica (Mendieta y Rocha, 2007, citado por Romero E. 2016). Los SAF son agroecosistemas donde existe un conjunto de arreglos o asociaciones en que los componentes principales son especies vegetales leñosas, uno o varios cultivos anuales o perennes, y animales, manejados por el hombre (Zequeira, 2014, citado por Romero E. 2016).

Según la FHIA (2014) y citado por Bueso M.(2018) un sistema agroforestal sirve para mantener buena fertilidad en el suelo, se utiliza menos fertilizante químico, mayor protección contra la erosión, diversificación de la producción, autoabastecimiento en productos maderables, mejor aprovechamiento de la mano de obra familiar, aprovechamiento de la parcela a cultivar permite la asociación de rubros de ciclo corto, mediano y a largo plazo, proporciona seguridad alimentaria a la familia, es sustentable, económico, ambiental y social.

Dada la diversidad de arreglos posibles que se pueden generar bajo el esquema de la agroforestería, existen diversos tipos de clasificación agroforestal. Para Ospina (2003), Mendieta y Rocha (2007) y citado por Romero E. (2016), hay cuatro criterios básicos para su clasificación los cuales son complementarios:

El socioeconómico: se refiere a los aspectos sociales, culturales y económicos.

El estructural: se refiere a las características físicas de mayor duración y permanencia.

El ecológico: se refiere a los aspectos de conservación o deterioro de la naturaleza.

El funcional: se refiere a los bienes y servicios generados.

Y pueden darse en distintos niveles: regional, finca o territorio comunitario, y tecnologías o prácticas agroforestales. El más utilizado es el criterio estructural; que nos indica además, el carácter biológico y el acomodo espaciotemporal de los componentes (Gliessman, 2002; citado por Romero E. 2016).

### **2.1.1. Clasificación de los sistemas agroforestales**

De acuerdo a la naturaleza de los componentes, los SAF pueden ser: agrosilvícolas, silvopastoriles y agrosilvopastoriles (Nair, 1997). Asimismo, se resalta su contribución a los servicios ambientales (Anguiano et al., 2013; Morán et al., 2014; Leonor M. et al., 2016 y citado por Bueso M. 2018).

- Sistemas agrosilvícolas: consisten en alternar árboles y cultivos de temporadas (anuales o perennes).
- Sistemas silvopastoriles: consisten en alternar árboles y pastizales para sostener la producción animal.
- Sistemas agrosilvopastoriles: consisten en alternar árboles, cultivos de temporada y pastizales para sostener la producción animal.

Los atributos ideales para los SAF son tres: Productividad (el sistema produce bienes, mercancía y servicios requeridos por los productores). Sostenibilidad (el sistema se mantiene o aumenta su productividad en el tiempo, “producir conservando y conservar produciendo”). Y Adoptabilidad (el sistema es aceptado por el agricultor, aun con las limitaciones económicas y biofísicas impuestas por el medio) (Gliessman, 2002; Mendieta y Rocha, 2007; citado por Romero E. 2016).

### **2.1.2. De acuerdo al tiempo y el espacio**

De acuerdo al tiempo y el espacio, los sistemas agroforestales se clasifican en:

- 1) Sistemas agroforestales secuenciales: En esta categoría se encuentran: Sistema de agricultura migratoria y Sistema Taungya.
- 2) Cercas vivas y cortinas rompe viento
- 3) Sistemas agroforestales simultáneos: En un sistema simultáneo, los árboles y las cosechas agrícolas o los animales crecen juntos, al mismo tiempo en el mismo pedazo de terreno. Estos son los sistemas en los cuales los árboles compiten principalmente por luz

agua y minerales. La competencia es minimizada con el espaciamiento y otros medios. Los árboles en un sistema simultáneo no deben crecer tan rápido cuando la cosecha está creciendo también rápidamente, para reducir la competencia. Los árboles deben tener también raíces que lleguen más profundamente que las de los cultivos, y poseer un dosel pequeño para que no los sombreen demasiado (Rivas 2005). En esta categoría se encuentran:

- ❖ Árboles en asociación con cultivos anuales,
- ❖ Huertos familiares mixtos,
- ❖ Sistemas agrosilvopastoriles,
- ❖ Árboles en asociación con cultivos perennes: Este sistema diversifica la producción y aumenta la productividad a través de algunas interacciones con el componente arbóreo. Se consideran los sistemas de explotación comercial de cocotero, hule, árboles maderables o frutales con café o cacao. Los árboles que se utilizan son principalmente especies maderables, árboles de sombra y palmas; por ejemplo, especies de los siguientes géneros: *Bactris*, *Bracatinga*, *Cedrela*, *Diphysa*, *Erythrina*, *Inga*, *Persea* y *Spondias* (Rivas 2005; Sánchez 2014; citado por Bueso M. 2018).

## **2.2. Sistemas agroforestales cacaoteros**

Los SAF de cacao se encuentran extendidos en las zonas tropicales húmedas de América Latina y África (De la Cruz et al., 2010). Los cacaotales incluyen además del cacao, a los otros cultivos asociados y las plantas del dosel de sombra (Somarriba, 2002; citado por Romero E. 2016). Tradicionalmente se cultivan de manera diversificada, donde el cacao comparte espacio y recursos con otras especies de interés para el agricultor; árboles que además de brindar sombra, proporcionan algunos otros bienes y servicios (Rice y Greenberg, 2000;). Comúnmente se establecen, ya sea en reductos del bosque secundario o acahual (Wood, 1985), o en plantaciones junto con otras especies arbóreas (Rice y Greenberg, 2000; Somarriba, 2004; citado por Romero E. 2016).

Al igual que el cacao, muchos cultivos perennes que se encuentran a lo largo de los trópicos se cultivan bajo el dosel de los árboles, como el café, la vainilla, y la pimienta; los cuales son parecidos entre sí en su estructura agroecológica (Rice y Greenberg, 2000; Somarriba, 2002; citado por Romero E. 2016). Cuando se cultivan diversas especies de manera intercalada y multiestratificada, el sombreado está dominado por unas pocas especies que conforman la “columna vertebral” del componente de sombra (Rice y

Greenberg, 2000). Estas especies usualmente son plantas de rápido crecimiento, ya sea maderables o leguminosas fijadoras de nitrógeno (Rice y Greenberg, 2000; Paredes y Montero, 2004; Enriquez, 2006; citado por Romero E. 2016)

Estos sistemas soportan una gran diversidad biológica, pero la elección de árboles de sombra se rige más por la necesidad de diversificar la producción y abastecer de madera, frutos, y leña, entre otros; que por sus ventajas ecológicas (Mendieta y Rocha, 2007; citado por Romero E. 2016).

Los árboles del dosel también brindan protección contra el impacto de la lluvia, y por lo tanto, contra la erosión del suelo; además las hojas que caen proveen de una fuente de materia orgánica, lo que incrementa la aireación, la infiltración y el drenaje del suelo (Rice y Greenberg, 2000), favoreciendo el ciclado de los nutrientes requeridos por el cultivo (Mendieta y Rocha, 2007; citado por Romero E. 2016).

La sombra que proporciona el dosel tiene un efecto protector-regulador en el desarrollo de las plantas de cacao. Las especies de cobertura propician las condiciones ideales para su buen desarrollo al modificar el microclima subyacente (Enríquez, 2006; Somarriba et al., 2011). Estas interacciones entre las plantas de cacao y los árboles del dosel se explican mediante el proceso de facilitación; el cual se describe como el efecto de una especie en el ambiente que beneficia el desarrollo de otra (no necesariamente de manera recíproca) (Vandermeer, 1984; citado por Romero E. 2016). Dos cultivos creciendo juntos dentro de un agroecosistema, son similares a dos especies coexistiendo en un ecosistema no agrícola. Dos especies coexistirán si su competencia interespecífica es menor que su competencia intraespecífica. Las plantas que están interactuando unas con otras pueden interpretarse como un proceso de dos etapas: La especie A, tiene un efecto en el ambiente E; la especie B es afectada por el ambiente E; por lo tanto, A modifica a B, obteniendo:  $E = f(A)$  y  $B = f(E)$  (Vandermeer, 1989; citado por Romero E. 2016).

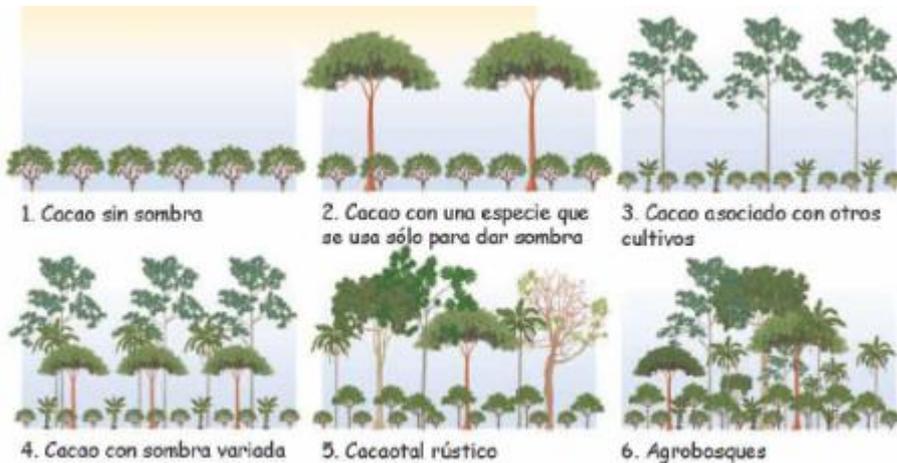
### **2.2.1. Tipos de cacaotales en función de la sombra**

La clasificación de los cacaotales está en función de la cobertura del dosel y de las especies que se encuentran asociadas. Según Rice y Greenberg (2000) Y citado por Romero E (2016) puede ser de tres tipos:

Cacao con manejo rustico, cuando se cultiva dentro del bosque secundario, formando un sistema dentro del bosque tropical altamente modificado.

Cacaotal con “sombra plantada”, estos varían entre el policultivo tradicional de muchas especies de sombra hasta cultivos comerciales en los que unas cuantas especies conforman el dosel de sombra especializada.

Cacaotales tecnificados sin sombra.



**Figura 1. Tipos de cacaotales según los árboles de sombra con los que se encuentran asociados. Tomado de: “La Sombra del Cacao” (Somarriba et al., 2011).**

Somarriba et al. (2011) y citado por Romero E (2016) proponen una clasificación de seis tipos de cacaotales (Figura 1): (i) Sin sombra; (ii) con una sola especie de sombrero; (iii) con otros cultivos de valor comercial de manera intercalada; (iv) con varias especies de sombra, árboles frutales o maderables; (v) cacaotales rústicos o “cabrucas”: se encuentran entre el bosque natural raleado; (vi) agrobosques: son cacaotales en sitios reocupados que fueron invadidos por el bosque.

### 2.3. Reseña histórica del cacao.

Según Márquez (2007) y citado por Abreu N. (2018), plantea que el propio nombre de la planta ya nos remite a sus deliciosas cualidades. La ciencia ha preferido llamar al árbol del cacao *Theobroma cacao*, que liberalmente significa “alimentos de los dioses”, quizá por el reflejo de las creencias mayas que suponían que esta planta era un regalo de los dioses a la humanidad. Los primeros árboles del cacao crecían de forma natural a la sombra de las selvas tropicales de las cuencas del Amazona y el Orinoco, hace unos 4000 años; pero los primeros en cultivarlos fueron los pueblos Olmecas y posteriormente los mayas, que emigraron a Yucatán en el siglo 7 d.C.

Cuando el imperio maya cayó bajo dominación azteca, los mayas siguieron cultivando el cacao para ellos ya que los aztecas impusieron un sistema feudal en el que las tribus mayas debían pagar los impuestos en forma de granos de cacao.

Corrían los tiempos de los grandes descubrimientos y el explorador español Hernán O. Cortés y sus hombres buscaban en tierras americanas las grandes cantidades de oro de un lugar conocido como El Dorado. Encontraron un imperio riquísimo, el de los aztecas.

Bernal Díaz del Castillo, dejó testimonios del aprecio que le tenían los indígenas al cacao, que junto con el oro servía para la compra de esclavos, los indios y caciques comúnmente tenían cantidad de indios e Indias por esclavos y los vendían y contrataban Conillos como se contrata cualquier mercancía y andaban indios mercaderes de plaza en plaza y de mercado en mercado vendiéndolos y trocándolos a oro, mantas y cacao.

La costumbre de usar el cacao como moneda no logró ser eliminada a la llegada de los españoles, porque si bien el último emperador azteca, Moctezuma y el primer blanco Hernán Cortés, personifican un cambio de poder y de civilización; las costumbres indígenas no pudieron ser eliminadas totalmente.

El cacao como alimento para los pueblos precolombinos, era secado al aire conservándolo en esas condiciones para después tostarlo en básicas de tierra, con lo que empezaba a desprender su aroma y se podía entonces descascarar fácilmente a mano. Luego se molía en una piedra rectangular llamada *metate*, bien frío, para prepararlo en polvo, o bien caliente, a fin de formar una masa redondeada.

El cacao no era consumido solo, sino mezclado principalmente con maíz molido como emulsionante básico para absorber la manteca de cacao y servía añadiéndole otros ingredientes como ají, clavo, canela y aún miel, que tanto abundaba en los bosques de la meseta del Anahuac, este brebaje lo llamaban Xocolatl, que liberalmente significa “*agua amarga*” y era servido en vasijas fabricadas con el fruto del *Totumo*.

Poco se sabe sobre cómo era cultivado el cacao de los pueblos aztecas, pero es probable que se limitaran a la siembra en un terreno libre de inundaciones y ligeramente desboscado, así se limitaban las labores a la simple recolección del fruto.

## 2.4. Cultivo del cacao

### 2.4.1. Origen e Importancia

El género *Theobroma* es originario de la cuenca alta del río Amazonas. Posee algunas especies de gran relevancia económica en los trópicos, principalmente *Theobroma cacao* y en mucho menor grado *T grandiflorum* y *T bicolor*. Las semillas de *T. cacao* se han empleado a lo largo de la historia para la preparación de bebidas y otros alimentos, como moneda, bebida ceremonial y tributo a reyes. Esta especie se encuentra actualmente distribuida a lo largo de las regiones lluviosas de los trópicos, desde los 20° de latitud norte hasta los 20° de latitud sur, es decir desde México, hasta el sur de la Amazonia en Brasil y Bolivia (ICCO, 2003; Badrie N. *et al.*, 2013; citado por Muñoz JC, 2019).

Según León (2000) y Melnick RL. *et al.* (2011), el cacao es un cultivo estrictamente tropical, pero se elabora y consume más en regiones templadas, principalmente como bebida estimulante y como alimento energético (chocolate) por su contenido de teobromina y trazas de cafeína.

Hoy se reconoce la importancia del cacao por su valor alimenticio, nutritivo y calórico. La gran importancia alimentaria del cacao se deriva de la composición química de su componente principal "El grano", que posee un rico contenido de grasa, siendo la cantidad de manteca en los granos no fermentados y secos superior al 50 %, pudiendo alcanzar un 55 %. Estas grasas contienen una gran cantidad de ácido esteárico, que a diferencia de otros ácidos, no aumenta el nivel de colesterol en la sangre, previniendo así los trastornos cardiovasculares y la estimulación de las defensas del organismo (Mcfadden, 2008; Manuel G. 2013).

### 2.4.2. Aspectos generales del cultivo de cacao

*Theobroma cacao* fue el nombre dado por Linnaeus al árbol de cacao en la primera edición de *Species Plantarum*. La primera palabra del nombre de esta especie significa "alimento de los dioses" (Toxopoeus, 1985; Baker, 1891). El género *Theobroma* se divide en seis secciones que contienen 22 especies, de estas *T. cacao* es la única que es cultivada ampliamente (Toxopoeus, 1985).

La especie vegetal cacao, señalada en términos científicos como *Theobroma cacao* L. por el botánico Lineo, quien la catalogó así, siendo esta planta originaria del trópico de América

y su nombre científico procede del griego “Theos” que significa “Dios” y “Broma” que significa “alimento”. *Theobroma* se ha dividido en veinte y dos especies de que T. el cacao es la más conocida (ICCO, 2013).

#### **2.4.3. Distribución del cacao en el mundo**

El nombre científico del cacao es *Theobroma cacao* Lin., es originario del continente americano y se considera que su punto de origen está en las cuencas del Amazonas y el Orinoco. Cuando los españoles descubrieron México vieron que allí se utilizaba el grano de cacao como moneda y para preparar una bebida. Después el cacao se extendió por América, el Caribe, África y Oceanía. Actualmente la zona africana es la más productora y los países que más producen son Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Brasil y Nigeria (Ramos G, Ramos y Azócar, 1999; Zhang D, Motilal L., 2016).

#### **2.4.4. Producción y consumo mundial de cacao**

Al inicio del siglo XX, el cacao todavía se producía predominantemente en las Américas y los mayores productores eran Ecuador, Brasil y Trinidad y Tobago. Sin embargo, este panorama pronto se modificó con la aparición de la región productora de África Occidental, que luego llegaría a ser, durante el resto del siglo, la región dominante.

La producción africana comenzó a superar a la de las Américas en 1920. En aquella época, Ghana producía más de 100 000 t.año<sup>-1</sup> y a finales del año 1970 Costa de Marfil desplazó a Ghana del primer lugar como productor de cacao durante los 20 años siguientes, llegando a alcanzar a mediados del decenio de 1990 más de un millón de toneladas anuales. Los últimos dos decenios del siglo XX presenciaron el aumento de la producción en Asia Sudoriental, primero en Malasia y más tarde en Indonesia. Recientemente la región de Asia y Oceanía ha superado a América Latina, convirtiéndose en la segunda región productora de cacao del mundo (ICCO, 2010; Manuel G. 2013).

Actualmente la producción mundial de cacao se distribuye, básicamente, en 3 regiones con el siguiente aporte a la producción mundial: África (66 % - 70 %), Asia (16 % - 18 %), América y Caribe (14 % - 16 %). Son los africanos y en especial Costa de Marfil, los principales productores de cacao en el mundo (Llach et al., 2007).

Por lo general, el consumo en los países productores es reducido, con la notable excepción de algunos países andinos, Brasil y algunas islas del Pacífico. El mercado

individual más importante del cacao en grano es los Estados Unidos. Sin embargo, la Unión Europea, es el importador neto mayor de cacao en grano (Serrano, 2006).

La producción mundial de cacao ha tenido importantes ascensos, pero a partir del año 2007 la Organización Internacional del Cacao (ICCO) informó sobre un déficit mundial de cacao de 103 000 toneladas, comparado con un superávit de 176 000 toneladas en el 2006 (ICCO, 2007). La organización destacó que el clima seco inusual en el oeste de África y otras regiones, provocó el recorte de los programas de cosecha, situación que se agudiza cada año en los agroecosistemas de países productores (ICCO, 2006). Por ese motivo los precios actuales en el mercado internacional se encuentran alrededor de 2 239,24 USD.ton<sup>-1</sup> (ICCO, 2013).

#### **2.4.5. Tipos de cacao en el Mundo.**

Las plantas de *Theobroma cacao* L. se dividen en tres grandes grupos botánicos o genéticos (Aranzazú, 2009; Dosert *et al.*, 2012): El Criollo, el Forastero y el Trinitario. Esta clasificación se originó en Venezuela hace más de 100 años (De la Cruz *et al.*, 2010) y no define totalmente la variabilidad de la especie, la mayoría de las formas de cacao cultivadas actualmente alrededor del mundo son híbridos de orígenes diversos que no pueden incluirse completamente en alguno de estos grupos clásicos. Al mismo tiempo, se reconocen dos subespecies dentro de *Theobroma cacao* L. (Dosert *et al.*, 2012; citado por Romero E. 2016).

**Criollo:** Las formas Criollo fueron probablemente domesticadas primero por los Mayas hace más de 3000 años (Hall H *et al.*, 2010; M & O Consulting, 2008; Ndukwu C, Ogunlowo S y Olukunle J., 2010; Zhang D *et al.*, 2011). Hasta la mitad del siglo XVIII esta era la forma de cacao más frecuentemente cultivada. El cacao Criollo comprende árboles delgados; los frutos tienen típicamente una cubierta delgada y escultrada y una pigmentación rojiza. Las formas Criollo muestran signos de depresión endogámica y, frecuentemente, más bajos rendimientos y mayor susceptibilidad a plagas. En países de habla hispana de América, ‘Criollo’ es frecuentemente traducido como ‘nativo’ y comprende no sólo las formas típicas de Criollo, sino además todos los cultivares tradicionales. El cultivo comercial se desarrolla principalmente en las áreas de origen, en Venezuela, México, Nicaragua, Guatemala y Colombia. El 5—10 % de la producción mundial de cacao se origina de las formas Criollo (Rufino L. 2008; Dostert N *et al.*, 2012; citado por Romero E. 2016).

**Forastero:** Son árboles robustos y grandes de hojas pequeñas, provenientes de la Cuenca Amazónica (INTA, 2010). Estos a su vez se dividen en dos grupos (Aranzazú et al., 2009): (i) Los que son de la parte alta de la cuenca del Amazonas, son frutos de diversas formas y tamaños, con granos de color violeta oscuro. (ii) Los de la región baja del Amazonas, son amelonados y de color amarilló al madurar, de corteza gruesa, granos pequeños y aplanados de color púrpura claro y oscuro. Corresponden a *Theobroma cacao* L. subsp. *sphaelocarpum* (Chev.) Cuatrec. (Dosert et al., 2012). Son tolerantes a las plagas y se adaptan bien a diversos ambientes (INTA, 2010). Se cultivan principalmente en Brasil, África Occidental, América Central y el Caribe. Dominan la producción mundial con cerca del 80% (Aranzazú et al., 2009; Dosert et al., 2012; citado por Romero E. 2016).

**Trinitario:** este grupo presenta una gran variabilidad debido a que se origina de las cruces naturales entre Forasteros del bajo Amazonas y Criollos. Esta hibridación natural generó frutos polimórficos que normalmente son robustos, ahora conocidos como Cundeamor, Angoleta y Calabacillo (Aranzazú, 2009); sus semillas son de color violeta claro a oscuro. Representa del 10-15% de la producción mundial (Dosert et al., 2012; citado por Romero E. 2016).

#### **2.4.6. Introducción y distribución del cacao en Cuba.**

Mucho se ha escrito en Cuba, y fuera, acerca de la caña de azúcar, del tabaco y hasta del café. Pocos, por el contrario, mencionan al cacao, sin embargo, este fue uno de los primeros cultivos introducidos por los españoles en la isla, en los tiempos iniciales de la colonización; y algunos aseguran que se daba silvestre en nuestras fértiles tierras. Y aunque su importancia económica como cultivo comercial, comparado con la caña de azúcar o el tabaco fue menor, el cacao ocupó un lugar principal en la alimentación tradicional en Cuba hasta el siglo XIX durante el cual el chocolate compartió la preferencia con el café, hasta ser desplazado por este y es innegable su importancia en la historia y la cultura nacional (Núñez y González, 2005).

Puede afirmarse que su introducción se produjo durante la primera mitad del siglo XVI (Nosti, 1970; citados por Núñez y González, 2005), cuando la incipiente colonia experimentó un breve período de florecimiento que, además de la búsqueda de oro y la explotación ganadera intensiva, incluyó el desarrollo de una diversificada agricultura de subsistencia (Núñez y González, 2005).

El cacao se introdujo en Cuba en 1540, por Cabaiguán, municipio de la actual provincia de Santi Spiritus, desarrollándose las primeras plantaciones en la región central de Cuba. Con el decursar del tiempo y por diversas causas el cacao se asentó en la región oriental. Esta región tiene dos grandes macizos montañosos, donde se cultiva el cacao: la mejor zona en el macizo Nipe-Sagua-Baracoa, donde los vientos Alisios del norte, cargados de humedad, descargan bastante lluvia en la parte centro norte de este territorio, y otra zona en el macizo Sierra Maestra, con áreas muy buenas, pero menos húmedo y con más pendientes. La mayor parte de las plantaciones están ubicadas en terrenos con pendientes, con tendencia a la erosión y una parte más pequeña en terrenos llanos afectados en determinadas épocas del año por problemas de drenaje, fundamentalmente en el municipio Baracoa, mayor productor de cacao en Cuba (UNCTAD/GATT, 1991).

Según Hernández (1987), algunas hipótesis plantean que el cacao fue introducido por los españoles en 1540 desde México, y sembrado por primera vez en la finca "Mi Cuba" en Cabaiguán, en el centro del país (versión repetida por otros especialistas del cacao del Ministerio de la Agricultura); mientras otros apuntan a su introducción por los franceses en la zona de "Ti Arriba" en Oriente: De las primeras ha sido imposible encontrar evidencias documentales. Y contra las segundas abundan las referencias en la literatura, como se verá más adelante.

Después de 1959, con el triunfo de la Revolución Cubana, se dio un notable impulso a las exigencias de diversificación agrícola que venían planteándose de siglos anteriores; y el cacao se incluyó en los nuevos planes de desarrollo. Instituciones del gobierno revolucionario se dieron a la tarea de estimular el rescate de plantaciones cacaoteras en la región oriental, con la entrega de posturas, fertilizantes, productos para el tratamiento de enfermedades, etc. Además, teniendo en cuenta que hasta esa fecha el "desconocimiento de las más elementales prácticas de atención de la planta" y del procesamiento de los frutos había incidido en los bajos rendimientos, (Núñez y González, 2005); se planteó la superación de los trabajadores que enfrentarían los nuevos retos.

Así como se publicaron diversas obras de corte técnico en función de cubrir la necesidad de preparar un personal capaz de llevar a cabo la transformación técnica y social del campo; entre las que se encuentran algunas destinadas a preparar técnicos medio y obreros calificados en el cultivo del cacao.

También desde entonces se ha formado la experimentación, tanto en la obtención de variedades clonales más resistentes a enfermedades de mayor importancia económica que disminuyan las pérdidas de las cosechas y de mayor calidad, como es en la esfera del aprovechamiento de otros derivados del cacao.

Las plantaciones de cacao se encuentran distribuidas fundamentalmente en la precordillera de los macizos montañosos Nipe-Sagua-Baracoa y Sierra Maestra, además del creciente desarrollo en la zona Central y Occidental de nuestro país. Siendo parte del sustento de más de 4000 familias dedicadas a este cultivo (Caro, 2005; Márquez y Aguirre, 2006).

**Tabla 1. Distribución territorial actual del cacao en Cuba**

Provincias	Municipios	Zonas
Guantánamo	Baracoa	Jamal
		Mosquitero
		Sabanilla
		Cabacú
		Mabujabo
	Maisí	La Tinta
		Los Gallegos
		Vertiente
	Imías	El Jobo
		El Bagá
		Veguita
	San Antonio del Sur	Dos Brazos
		La Zona
		Puriales
		El Chocolate
Yateras	Los Negros	
Santiago de Cuba	Tercer Frente	La Jibarera
		La Mandarina
		Brazo Escondido
		El Sur
		Los Lageales
	Guamá	La Zarza
		Guamá
	Santiago de Cuba	Malayeguas
		Hongolosongo
	Palma Soriano	Dos Palmas
		La Cala
	Songo La Maya	Ti Arriba
	Contramaestre	* disperso

	Buey Arriba	Arroyón
		Limonos
		Montero
		San Miguel
Granma	Campechuela	Los Manantiales
		El Yarei
		Rancho de Guá
		Las Malangas
	Bartolomé Masó	* disperso
Holguín	Frank País	El Culero
	Sagua de Tánamo	Cañamaso
		Cupeyes
		Naranjo
	Moa	Farallones
Sancti Spíritu	Fomento	El Pedrero
Pinar del Río	Bahía Honda	Quiñones

Según Márquez *et al.* (2008), el porcentaje mayor de las plantaciones de cacao del país se concentra en la región oriental, fundamentalmente en la provincia Guantánamo. Baracoa posee el mayor porcentaje de las áreas, 52 % (4 425 há) y el 75 % de la producción nacional. En el gráfico 1 Y 2, se muestran la distribución de las áreas y el porciento que representan a nivel nacional, respectivamente.

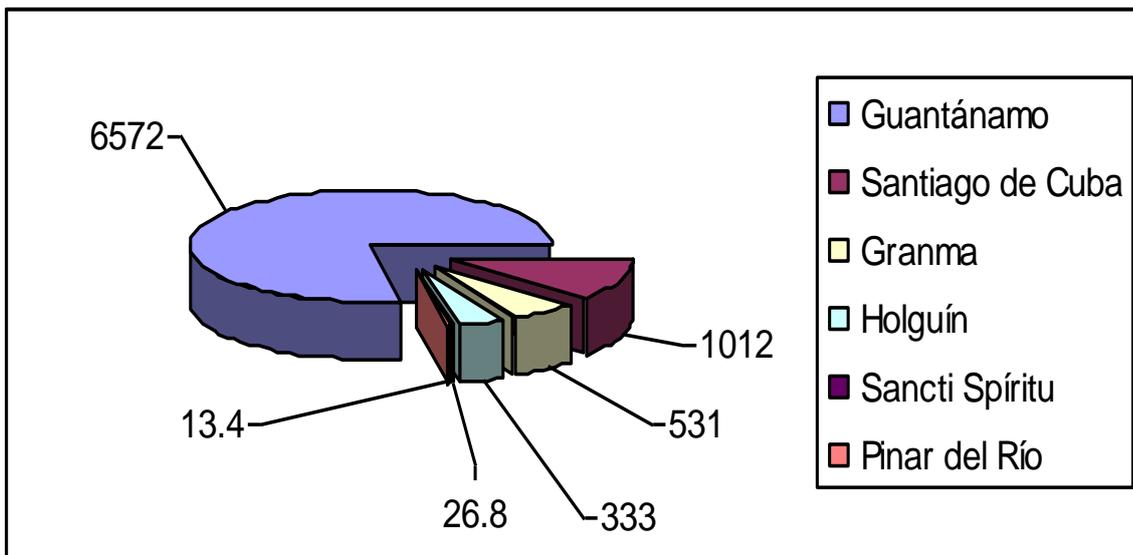
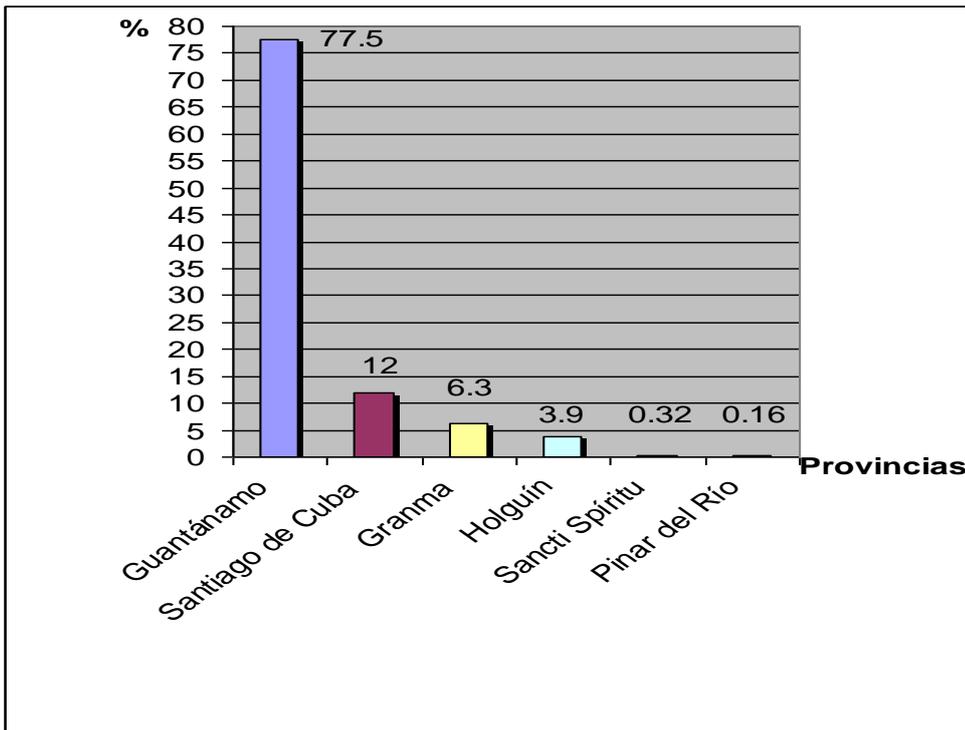


Figura 1. Distribución de las áreas de cacao en Cuba (ha), hasta febrero de 2008.



**Figura 2. Porcentaje del área total del cultivo de cacao, hasta febrero de 2008**

#### 2.4.7. La producción del cacao en Cuba

En Cuba, el cacao se cultiva principalmente en la región oriental y se dedican actualmente más de 8 500 hectáreas siendo la provincia de Guantánamo, donde se encuentra la mayor superficie y producción dedicada al cultivo, con un 76 % y 91 %, respectivamente; distribuida en seis municipios. En la provincia de Santiago de Cuba se dedican cuatro municipios; en Granma y en Holguín tres municipios (MINAG, 2012).

Las unidades productivas se distribuyen en: 28 CPA, 32 UBPC, 76 CCS que incluyen a 476 usufructuarios, tres Granjas Integrales Militares (EJT) y cinco Granjas Estatales. La producción es atendida por 13 empresas agropecuarias, que realizan la fermentación y el secado del grano cosechado (MINAG, 2011).

Históricamente la producción de cacao ha tenido etapas de altas y bajas, con un pico máximo en 1961 de 3 973 t de cacao seco y uno mínimo en 1963 con 816,5 t. Los rendimientos actuales son considerados de muy bajos si éstos se comparan con el de los países productores de cacao en el mundo, cuyos rendimientos se encuentran por encima de 2 t.ha<sup>-1</sup>. La existencia de áreas cultivadas con más de 20 años, la deficiencia en el manejo de las plantaciones y el establecimiento del cultivo en zonas que no suplen sus

exigencias, son entre otros los factores que han originado los bajos rendimientos (Manuel G. 2013).

#### **2.4.8. Tipos de cacao en Cuba.**

Según UNCTAD/GATT (1991) y citado por Abreu N. (2018), existen en el país diferentes tipos de cacao, obtenidos o introducidos de diversos lugares, propagados por varios métodos, establecidos bajo diferentes sistemas de sombreado, en regiones con condiciones de clima y suelo que no son iguales, poseyendo diferentes edades. El cacao que se produce comercialmente en Cuba corresponde al Grupo “Trinitario”, aunque se han introducido clones forasteros y existen algunos árboles criollos.

El cacao que existe en el país se agrupa en tres clasificaciones:

**Tradicional:** Reproducidos por semillas durante muchos años; muchas de las plantaciones tienen 40 años o más. Quedan pocas áreas en los municipios cacaoteros, fundamentalmente quedan plantaciones en fincas de campesinos de los municipios Baracoa, Maisí, e Imías y plantas intercaladas con café en el resto de los municipios cacaoteros.

Sus mazorcas tienen diferentes tamaños y colores: verde, verde oscuro, verde claro, rojo claro, rojo púrpura; tienen diferentes formas: Angoleta, Cundiamor, Amelonado y Calabacillo, predominando el Amelonado. Los granos por lo general son pequeños, alrededor de un gramo o menores, con coloración violeta, aunque puede ser mayor o menor la intensidad del violeta

**Híbridos:** Introducidos al país de semillas (hijos de TSH) y producidos por semilla híbrida de padres conocidos y polinizados manualmente, por la Estación de Investigaciones de Cacao de Baracoa. Existen dos grupos: los hijos de T. S. H., introducidos en 1974 de Trinidad-Tobago y establecidos en las provincias de Granma, Santiago de Cuba, Holguín y en Guantánamo en los municipios de San Antonio del sur y El Salvador.

Las zonas de Imías, Baracoa y Maisí sólo tienen algunas pequeñas plantaciones establecidas con semilla obtenidas de este cacao en otras zonas.

El otro grupo lo integran los obtenidos por semillas de los bancos de semilla híbridas de cacao de Baracoa, Tercer frente, Velasco en Holguín, Sancti Spíritu y Pinar del Río. Estos son hijos de clones trinitarios y forasteros, cruzados por polinización manual. Estas

plantaciones se comenzaron establecer a partir de 1990. Son altamente productivos, pero como híbridos, existen plantas con diferentes portes, producciones y características de sus mazorcas en tamaño, forma y color.

Sus granos también tienen diferente tamaño y color, predominando el violeta intenso. Dentro de la población de plantas hay muchas con buen tamaño del grano, pero hay otras que tienen un peso de alrededor de un gramo o menos.

**Clones:** Introducidos al país en su gran mayoría, reproducidos por injertos o estacas. Predominan los “UF “introducidos de Costa Rica en 1955 (Márquez y Aguirre, 2003). Existen plantaciones de hijos de T. S. H. propagadas por injerto, de plantas seleccionadas, pero bastante heterogéneas las características de sus frutos. Están en los municipios Buey Arriba, Tercer Frente, Frank País y San Antonio del sur.

El cacao clonal predominante es el UF, propagado fundamentalmente, por injerto, existente en los municipios: Baracoa, Imías y Maisí; con pequeñas áreas en Tercer Frente y Frank País. Estos clones tienen mazorcas grandes, con granos muy grandes, con una coloración de grano: violeta, violeta claro y algunos de ellos color crema con vetas violetas. Por lo general, aunque la mazorca tenga un tamaño pequeño los granos son grandes, pues se reduce la cantidad de granos, pero no el tamaño de éstos, lo que ocurre fundamentalmente, cuando la planta produce muchas mazorcas.

## **2.5. Descripción botánica y taxonomía del cacao**

### **2.5.1. Taxonomía:**

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Malvales

**Familia:** Malvaceae

**Género:** *Theobroma*

**Especie:** *Theobroma cacao* L.

### **2.5.2. Género *Theobroma***

Este género comprende veintidós especies, y todas ellas crecen bajo el dosel de los bosques tropicales lluviosos. Se distribuyen naturalmente desde la región meridional de México, hasta la cuenca del Amazonas, donde se considera su centro de origen y diversidad. Las especies de este género son árboles ramificados con hojas simples y frutos carnosos indehiscentes llamados mazorcas. La especie más importante comercialmente es *Theobroma cacao* L., el resto es usado solo de manera local (Dosert *et al.*, 2012). El vocablo “*Theobroma*”, proviene de *Theos* (dios) y *bróma* (alimento), o sea “alimento de los dioses” (Hall H. *et al.*, 2010; citado por Romero E. 2016).

### 2.5.3. Morfología de *Theobroma cacao* L.

Es un árbol de talla pequeña, perennifolio, de cuatro a siete metros de altura cuando es cultivado. El cacao silvestre puede crecer hasta 20 m o más. Es hermafrodita, (Hall H. *et al.*, 2010; citado por Romero E. 2016), angiosperma y dicotiledónea. Su tamaño depende mayormente de las condiciones edafoclimáticas en las que se desarrolla (López, 2011).



**Figura 1. Morfología de la planta de cacao: 1) Planta, 2) Flor, 3) Fruto, 4) Semilla. Foto 1, tomada en la parcela de Nuevo Ojital, Papantla. Fotos 2, 3 y 4: Tomadas de “Guía Tecnológica del Cultivo del Cacao” (INTA, 2010).**

### 2.5.4. Requisitos edafoclimáticos para el cultivo de cacao

**Temperaturas:** Debe estar alrededor de los 25° C (entre 20° y 32° C). Cuando esta se reduce, también lo hace el metabolismo de la planta. La temperatura controla el crecimiento y el brote de flores, frutos y raíces; así como la absorción de agua (Paredes y Montero, 2004). Por debajo de los 15° C la actividad de las raíces disminuye. Algunos estudios sugieren que su cultivo de forma comercial no se realice en sitios que alcancen este punto (Paredes y Montero, 2004; Enríquez, 2006). La temperatura mínima absoluta es

de 10° C, luego de los cuales la planta empieza a recibir daño (Duke, 1983; Dosert *et al.*, 2012; citado por Romero E. 2016).

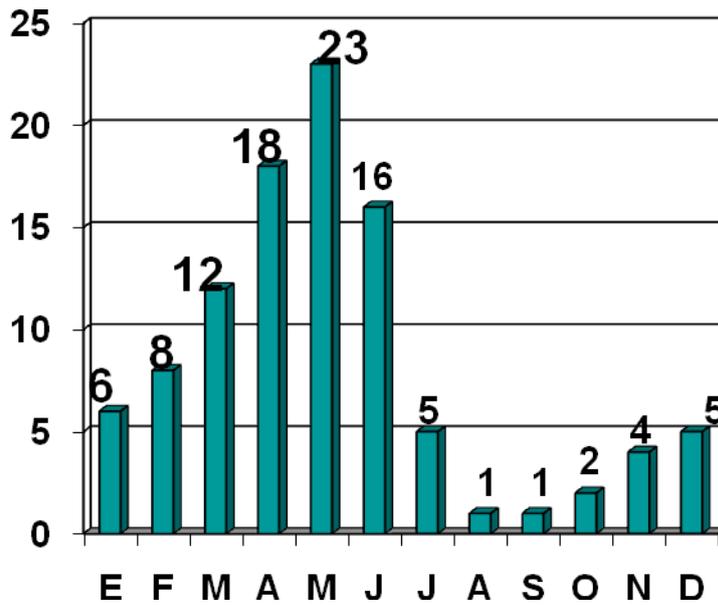
En Cuba se recomiendan como óptimo que tengan temperaturas entre 22 y 28 °C, con un límite frío de 15 °C y un límite cálido de 30 °C (Suárez GM. 2006; citado por Arvelo MA. *et al.*, 2017).

**Precipitaciones:** El cacao es una planta con altos requerimientos de agua. Necesita entre 1,600 a 2,500 mm anuales de lluvia; si excede los 2,600 puede verse afectado (Paredes y Montero, 2004). Si la precipitación mensual cae por debajo de los 100 mm, sufre de escases de agua y sus hojas empiezan a caer (De la Cruz *et al.*, 2010; López, 2011). Puede resistir un periodo seco de hasta tres meses (INTA, 2010; Zequeira, 2014). Estas cantidades varían dependiendo de las condiciones de cada lugar (Enríquez, 2006; citado por Romero E. 2016).

En Cuba las zonas que aprueban para plantar cacao no podrán tener un régimen de precipitaciones menor de 100 mm mensuales, con valores anuales superiores a 1500 mm, con altitudes entre los 0 a 700 metros. Reportan que las zonas con mayores rendimientos se encuentran entre los 10 y 550 msnm (Suárez GM. 2006; citado por Arvelo MA. *et al.*, 2017).

En los últimos tiempos el déficit de precipitaciones se sucede con mayor frecuencia, dando lugar a frecuentes períodos de sequía, tanto meteorológica como agrícola; en este sentido los sistemas de irrigación juegan un papel determinante para la estabilidad productiva del cultivo. En los últimos años las cantidades y distribución han sido desfavorables fundamentalmente en la Sierra Maestra y en las zonas cacaoteras del sur de la cordillera Nipe – Sagua – Baracoa, de ahí que un déficit hídrico prolongado en el cultivo provocaría la erosión fisiológica de las plantaciones, con la consecuente afectación en los niveles de producción (Ochoa ,2007).

Respecto al municipio Baracoa: ...las mayores producciones de cacao se concentran en los meses de Abril a Junio (gráfico 3), lo cual corresponde (6 meses antes) con los meses de mayores registros pluviométricos (Octubre a Diciembre), Ochoa (2004).



**Grafico 3. Comportamiento anual de la producción de cacao en Baracoa (serie histórica, 1998- 2003).**

**Humedad relativa:** El cacao requiere de un ambiente húmedo, que oscile entre el 70% y 80% anual (De la Cruz *et al.*, 2010; López, 2011), generado por los bosques tropicales o la sombra artificial (De la Cruz *et al.*, 2010). En periodos secos puede ayudar a cubrir parte de la demanda de agua, reduciendo el estrés de la planta y la evapotranspiración. Este factor no debe ser menor al 60% en estos periodos (INTA, 2010; citado por Romero E. 2016).

**Viento:** Este determina la velocidad de evapotranspiración de las hojas de la planta. Con vientos elevados se presenta la defoliación de las hojas. Cuando la velocidad es de 1.0 a 2.0 m s<sup>-1</sup> (~3.6 a 7.2 km h<sup>-1</sup>), no se presentan caídas de hojas (Paredes y Montero, 2004). Cuando es mayor a 4.0 m s<sup>-1</sup> (~15 km h<sup>-1</sup>) puede recibir daños debido a la pérdida de humedad (Enríquez, 2006; INTA, 2010; citado por Romero E. 2016).

**Altitud:** El cacao crece en zonas tropicales, pero es un factor secundario siempre que cuente con las condiciones óptimas de humedad y temperatura. Se le puede encontrar desde el nivel del mar hasta los 1,400 m (Paredes y Montero, 2004); a diferencia del cafeto, prospera en sitios fértiles de baja altura (Mendieta y Rocha, 2007; citado por Romero E. 2016).

**Luminosidad:** El cacao es una planta umbrófila (Somarriba, 2002; Paredes y Montero, 2004) y requiere más sombra en sus primeros meses de desarrollo, ya que es afectada por la incidencia directa de la luz en estas etapas. Su fotosíntesis ocurre a una baja intensidad lumínica (Paredes y Montero, 2004), las plantas se saturan a una intensidad de flujo fotónico de entre 400 y 600  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (25-30% de radiación máxima en un día despejado) (Jaimez *et al.*, 2008). La cantidad de luz que debe recibir un cultivo de cacao depende de la disponibilidad de agua y los nutrientes del suelo, altas intensidades en suelos pobres y sin fertilizar agotan a las plantas. Se necesita más sombra en suelos pobres y más luz en suelos fértiles; por lo que se estima que cinco horas de brillo solar, son las necesarias para el desarrollo óptimo de este cultivo (INTA, 2010; citado por Romero E. 2016).

## 2.6. Principales plagas y enfermedades en el cultivo del cacao:

### 2.6.1. Plagas

Cualquiera que sea la forma de alimentación de la plaga, el perjuicio que causa a la planta se concreta en pérdida de su capacidad de producción, en su total destrucción, o en la inutilización de los órganos que se desea producir o cosechar (Salvador N. *et al.*, 2012).

Algunas de las plagas más importantes son (Salvador N. *et al.*, 2012; citado por Arvelo MA. 2017).

- **Ácaros:** Arañitas, habitualmente de color rojo o café, que se localizan en el envés de la hoja. Atacan los brotes jóvenes, especialmente en el vivero. Producen atrofia, malformación y desolación de los brotes terminales (Enríquez 2001).
- **Chinches** (*Monalonium dissimulatum*): Los adultos como las ninfas se alimentan sobre las mazorcas de cualquier tamaño y color. La hembra, perfora la corteza del fruto, introduciendo el aparato ovopositor y depositando los huevecillos blanquecinos, luego de 6 a 10 días nacen las ninfas y comienzan a alimentarse causando daños a la mazorca. Las mazorcas atacadas, presentan manchas necróticas circulares, causadas por la picadura del insecto. En infestación alta, estas manchas se unen entre sí, teniendo las mazorcas una apariencia seca y petrificada.
- **Barrenador del tallo** (*Cerambycidae sp.*): Existen dos tipos de barrenador. El ataque de la mayoría de estos insectos es un ataque secundario. Algunas especies logran matar plantas jóvenes (menores de un año de edad). La hembra raspa la

corteza tierna en la parte terminal del tallo y pone sus huevos. Al desarrollarse las larvas, penetran en el tallo y se alimentan internamente, formando pequeñas galerías. Alcanzan su estado de pupas después de varios meses, provocando la muerte de las plantas y ramas afectadas (Mendoza C. 2013).

- **Trips** (*Selenothrips rubrocinctus*): Es una plaga que ataca hojas y frutos. El daño más importante se genera en el follaje pues raspan las hojas las cuales se amarillean y caen, si el ataque es intenso se puede producir una defoliación constante y progresiva de la planta. En frutos el daño avanza y toma una coloración anormal, debido a la deposición de excrementos y a las heridas causadas por el insecto, ocasionando dificultad al momento de la cosecha, pues se hace difícil determinar si el fruto ha llegado a su condición de maduración (Colonia LM.2012).
- **Barrenadores del fruto** (grupo Marmara): Las hembras ponen los huevos en los frutos inmaduros y las larvas hacen galerías dentro de ellos, provocando una coloración parda oscura o café oscuro que invade parcial o totalmente la mazorca (ANACAFE, 2004).

### 2.6.2. Enfermedades.

Las enfermedades impactan negativamente la producción mundial de cacao, causando pérdidas considerables que pueden llegar a ser 30% o más del potencial productivo. Un ejemplo de esto es el impacto devastador de la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*), enfermedad que ocasionó en un periodo de 10 años la reducción de 70% de la producción de cacao en Brasil. Otra enfermedad con igual efecto devastador es la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao, la cual afecta las plantaciones de Centro y Sur América (Jaimes Y.- Aranzazu F. 2010).

### 2.6.3. La mazorca negra (*Pythophthora sp.*)

La *Phytophthora sp.* Es una especie que ataca a diversas plantas, esta enfermedad ocasiona pudrición radicular, frutos, cornos y al ahogamiento de planta, afecta a la planta generándoles tallos cortos y degenerando algunos. Algunas especies atacan al fruto y yemas (Griffith, 1998; citado por Muñoz JC, 2019).

Presenta sintomatología similar en algunas plantas y distintos en otras plantas, algunas especies son específicas en su ataque a determinadas plantas, posee un amplio rango de ataque (Griffith, 1998; citado por Muñoz JC, 2019).

El género *Phytophthora* sp. Presenta diversas especies patógenas. En cultivo se ha visualizado el hongo de la especie de *Phytophthora palmivora*, en plantas silvestres y variedades cultivadas de cacao, en mayor cantidad en las regiones sub tropical y en gran número tropicales del mundo, especialmente en el cultivo de cacao y palma aceitera (Griffith, 1998; citado por Muñoz JC, 2019).

La *Phytophthora* sp. produce daños en la mazorca y en toda la planta, algunas especies ataca directamente al cacao, se detecta por la presencia de manchas decoloradas en la mazorca. (ICA, 2012; citado por Muñoz JC, 2019).

### **Origen de la enfermedad**

Hasta los años de 1990 se ha descubierto cincuenta y cuatro especies de *Phytophthora* spp, descritos en todo el mundo (Ho-Hing, 1990; citado por Muñoz JC, 2019).

Estudios moleculares indican que el centro de origen de este microorganismo se encuentra en África, y sugieren que la especialización de esta especie por el cacao se originó al momento de la introducción de las primeras plantas al continente americano (Salinas, 2014).

El conocimiento de los hongos de la especie de *Phytophthora*. Es una enfermedad presentes en plantas y árboles ha estado prosperando rápidamente. En Europa se ha descubierto 23 variedades de taxones, en los bosques y los ecosistemas semi-naturales, de los cuales oficialmente 13 han sido descritos (Kamoun, 2002; citado por Muñoz JC, 2019).

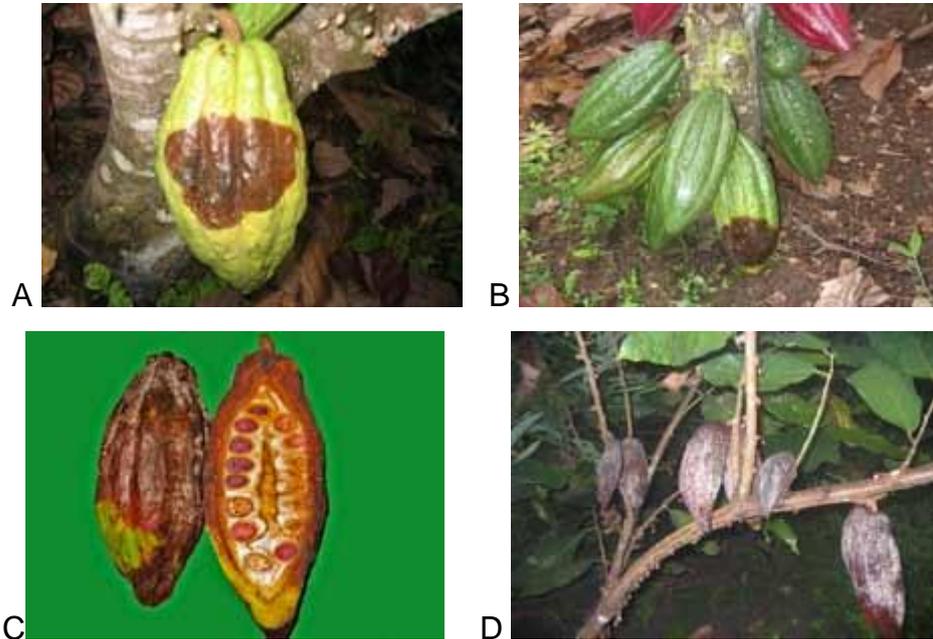
### **Características del género *Phytophthora***

El phylum Oomycota, perteneciente al reino cromista, comprende más de 700 especies, las cuales no tienen pigmentos fotosintéticos, poseen dos flagelos en las zoosporas y los gametos masculinos, con paredes formadas por celulosa o polímeros similares a celulosa y tienen hábitos acuáticos y terrestres, aunque siempre necesitan la presencia del agua, (Griffith, 1998; citado por Muñoz JC, 2019).

### **Sintomatología**

La alta humedad da inicio a la infestación en las mazorcas. “Unas 30 horas después de ocurrida la infección se manifiesta manchas de apariencia acuosa, que luego se torna de color café(figura 5 A y B), las cuales avanzan rápidamente hasta cubrir la totalidad de la mazorca(figura 5C Y D). El borde de la lesión avanza unos 12 mm en 24 horas. La

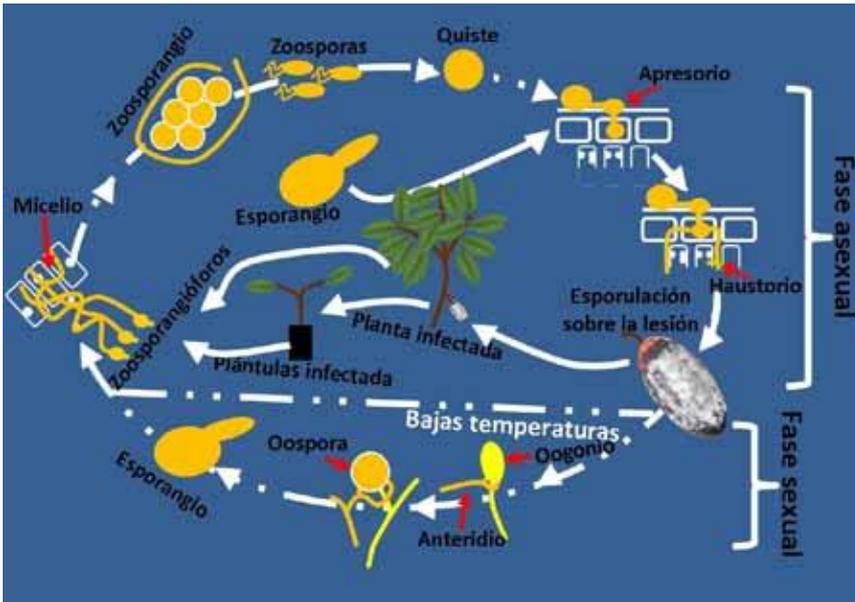
infección puede ocurrir en cualquier parte del fruto, pero por lo general empieza en los extremos de la mazorca, donde se acumula agua” (figura 5B) (Galindo, 1986; citado por Muñoz JC, 2019).



**Figura 2. Síntomas de mazorca negra: (A) y (B) mancha chocolate; (C) pudrición del tejido interno y (D) pelusa blanquecina.**

### Ciclo de vida

El ciclo de vida de *Phytophthora sp.* involucra tanto el estado asexual como el sexual, que se presentan dependiendo de las condiciones ambientales. Predomina el estado asexual, el cual inicia cuando la estructura vegetativa o esporangio germina, y en condiciones óptimas de humedad (agua libre) y temperatura ( $15^{\circ} - 38^{\circ} \text{C}$ ) libera las zoosporas (figura 4). Éstas son estructuras (esporas) móviles, de vida corta y poseen dos flagelos, uno anterior y otro posterior. El anterior es el responsable de movilizar la zoospora a través del agua (hasta 1,5 cm), mientras que el flagelo posterior actúa como una hélice que le da la dirección a la célula (Judelson y Blanco, 2005; Walker y Van West, 2007; Salinas, 2014).



**Figura 2. Ciclo de vida de *Phytophthora sp.* en *Theobroma cacao*.**

El hongo mantiene en el suelo su población afectado repetitivamente a las raíces vigorosas. Los ambientes favorables de temperatura y grado alto de humedad, le da condiciones favorables para producir esporas que luego libera a las zoosporas móviles, siendo atraído por la formación de nuevas raíces, las raíces exuda naturalmente nutrientes. En contacto con la enfermedad empieza su infección en el córtex y a avanzar la pudrición en la raíz; produciendo que las plantaciones mueran (Drenth & Guest, 2004; citado por Muñoz JC, 2019).

La sobrevivencia de la *Phytophthora spp* se da en periodos desfavorables en restos de la raíces de la planta. La pudrición del córtex se desprende, producido el hongo clamidosporas, que sobrevive largos periodos de tiempo en el suelo. El retorno de ambientes favorables empieza la germinación de las clamidosporas, indirectamente produciendo esporangios y las zoosporas, posteriormente produciendo el micelio del hongo. Como esporangios y micelio, todas las especies de *Phytophthora spp* sobrevive en las paredes gruesas y en las raíces vivas como clamidosporas (Drenth & Guest, 2004; citado por Muñoz JC, 2019).

**2.7. Control de la podredumbre oscura causada por *Phytophthora*.**

Existen algunas formas para el control de plagas en las plantaciones de cacao, una de ellas es el uso de agroquímicos, otra forma de manejo son las practicas fitosanitarias, otras

prácticas incluyen la creación de variedades resistentes y más recientemente el uso de controladores biológicos.

Actualmente no existen cultivares de cacao completamente resistentes a ninguna de las enfermedades que atacan este cultivo, caracterizadas por la variedad de patógenos y alta variabilidad genética de estos (Figura 3).



**Figura 3. Mazorcas de cacao con síntomas de la pudrición negra.**

Generalmente se utilizan diferentes formas de protección tales como las prácticas culturales, el control químico con el uso de pesticidas y los agentes de control biológico. El control cultural, involucra la manipulación del medio ambiente para que el patógeno no se pueda establecer en el cultivo, estas prácticas incluyen el saneamiento de las plantaciones mediante la eliminación de las mazorcas enfermas y momificadas, reducción de la sombra, cosechar de manera regular las mazorcas maduras y sanas. También es esencial mantener una buena poda para evitar la propagación de las enfermedades (Purdy & Schmidt, 1996). Por otro lado un control mediante el uso de la genética consiste en la selección de árboles con los mejores rasgos fenotípicos como la resistencia a una plaga, mayor producción o mejor calidad de la semilla y reproducirlos mediante propagación vegetativa obteniendo un clon exacto del árbol padre, según Bailey *et al* (2001).

El control de enfermedades mediante productos químicos se ha venido utilizando desde hace más de 50 años en cacao. El uso de estos compuestos es una solución a corto plazo, pero los agricultores confían en este método porque tienen una acción rápida aunque éste cause problemas en la salud a quienes los aplican así como al medio ambiente

(Orellana, 1995; Adejumo, 2005). Como agente de control químico se utilizan fungicidas a base de metalaxyl de cobre los cuales resultan efectivos (Imagen 4). Sin embargo, estos fungicidas proveen una protección limitada, particularmente durante la estación lluviosa donde las fuertes lluvias arrastran el producto (Gockowski *et al.*, 2010).



**Figura 4. Uso de fungicidas**

Recientemente se ha comenzado a usar el control biológico de patógenos, el cual consiste en una variedad grande de técnicas en la que se usan organismos que actúan como enemigos naturales de las plagas para su control por lo que este tipo de organismos son beneficiosos para los agricultores (Helye & Cattlin, 2014; Waage *et al.*, 1998). Los que emergen como una solución a largo plazo en el contexto del manejo integrado de plagas y enfermedades (Holmes *et al.* 2004). Algunos estudios muestran evidencias que el uso de hongos endófitos restringe el crecimiento de patógenos del cacao (Rubini *et al.*, 2005; Tondje *et al.*, 2007).

## **2.8. Microorganismos endófitos**

El termino endófito fue acuñado en 1866 para describir hongos que colonizan los tejidos internos de las ramas y hojas y luego ha sido ampliado para incluir tanto a bacterias como a hongos que por definición son internos y asintomáticos. Actualmente se presenta a los hongos endófitos como hongos que durante parte o todo su ciclo de vida vivan de tejidos vegetales vivos y causan infecciones asintomáticas completamente dentro del tejido vegetal. Dado que algunas asociaciones micorrízicas deforman la raíz, permitiendo detectar los síntomas de su infección, ellas quedan excluidas en esta definición. Sin embargo, la definición de un endófito se ha ampliado ahora por muchos investigadores y pueden incluir organismos que viven en los tejidos de la planta, sin importar que sean neutrales, benéficos o patógenos (Backman & Sikora, 2008; citado por Abreu N, 2018).

Los endófitos pueden infectar virtualmente el 100% de su huésped. Además, estos pueden transmitirse de una generación a la siguiente a través del tejido de la semilla o del propágulo del huésped. Sin embargo, la mayoría de los endófitos se transmiten de manera horizontal, externas al tejido del huésped por medio de esporas este es el caso del cacao (Carrol & Fungal, 2013)

### **2.8.1. Rol de los endófitos en la protección del huésped**

Los hongos son los organismos causantes de muchas enfermedades en plantas, sin embargo muchas veces los hongos pueden proveer de propiedades mutualistas como resistencia a enfermedades o a plaguicidas (Backman & Sikora, 2008) algunos endófitos tienen la capacidad de potencializar el crecimiento de la planta huésped (Redman *et al.*, 2001; Kharwar *et al.*, 2009) mientras que otros pueden ayudarla a soportar niveles de estrés (Kharwar *et al.*, 2009).

### **2.8.2. Hongos endófitos como agentes de control biológico en el control de los patógenos del *Theobroma cacao***

El endofitismo es una fase en el ciclo de vida de numerosas especies de hongos que habitan de manera asintomática en varios órganos de las plantas, tales como las raíces, troncos, ramas, hojas, flores y frutos, en los cuales forman micro colonias. Los más representativos pertenecen a Ascomycota, seguidos por Basidiomycota.

En el suelo existen diversos microorganismos con capacidad antagónica hacia microorganismos fitopatógenos, pero el más estudiado es *Trichoderma*, debido a su fácil y rápido crecimiento además de sus características de micoparasitar a otros hongos (Howell y Stipanovic, 1995). Sin embargo, existen otras especies fúngicas que potencialmente pueden inhibir o limitar el crecimiento de los patógenos (Paul, 1999a; 1999b), como es el caso de algunas especies de *Aspergillus* (Alfonso *et al.*, 1992; Suárez-Estrella *et al.*, 2007).

Los hongos endófitos forman con sus hospederos relaciones simbióticas complejas, y en la actualidad existe un gran número de interrogantes acerca del funcionamiento de esta simbiosis. En primera instancia se desea saber qué beneficio recibe cada uno de los participantes por estar involucrado en esta relación simbiótica. En los trópicos no hay ningún ejemplo comprobado de mutualismo entre endófitos y sus hospederos, pero se cree

que sí hay casos. Existe un grupo de hongos endófitos en pastos de las zonas templadas que les proveen protección contra herbívoros y depredación de semillas mediante producción de toxinas. A cambio reciben alimento, un lugar donde vivir y, en algunos casos, dispersión a través de la semilla de su hospedero.

Los hongos endófitos han sido hallados en una gran variedad de plantas. Ellos han co-evolucionado con las plantas a través del tiempo. Se ha documentado la presencia de uno o más endófitos habitando diversas especies de plantas formando una relación mutualista donde la planta le ofrece albergue y nutrientes al hongo, mientras éste provee resistencia contra herbívoros, insectos, hongos patógenos, enfermedades y sequía (Wilson, 1995; Hyde & Soyong, 2008).

En realidad, se sabe muy poco acerca de la distribución de los hongos endófitos en los tejidos de un mismo órgano. Por ejemplo, es posible encontrar diferentes especies en cada uno de los tejidos de una hoja: parénquima, haces vasculares, dermis, etc. Esta preferencia por tejidos vegetales también podría interpretarse como la capacidad de cada especie de usar ciertos substratos específicos.

El conocimiento de los roles y las interacciones biológicas de los hongos endófitos con sus hospederos está incompleto. Sin embargo, se ha observado que le confieren resistencia al hospedero frente a patógenos (Mejía *et al.*, 2008; Rodríguez *et al.*, 2009).

La diversidad de la comunidad de hongos endófitos del cacao ha sido estudiada en diferentes áreas, para su validación como control biológico frente a enfermedades (Mejía *et al.*, 2008). La mayoría de los estudios conciernen a América del Sur y América Central y fueron realizados para buscar el efecto bio-controlador de los hongos endófitos frente a la Podredumbre parda de la mazorca (*Phytophthora* sp) y la Escoba de bruja (Arnold *et al.*, 2003; Evans *et al.*, 2007; Holmes *et al.*, 2004; Mejía *et al.*, 2008;). Teniendo todos como resultado la selección de cepas de *Trichoderma* (De Souza *et al.*, 2008; Krauss *et al.*, 2006, 2010; Sriwati *et al.*, 2015; Tondje *et al.*, 2007). Esta selección incluye *Trichoderma asperellum* (para el control de la podredumbre parda causada por *P. megakarya* en Africa) (Mbarga *et al.*, 2014; Tondje *et al.*, 2007), *Trichoderma ovalisporum* (para el control de *Moniliophthora roreri*) (Krauss *et al.*, 2010) y *Trichoderma stromaticum* (para el control de la Escoba de bruja causada por *M. pernicioso*) (Pomella *et al.*, 2007). En Brasil se ha registrado un producto para control biológico llamado Trichovab® a base de *T. stromaticum* (Pomella *et al.*, 2007). Álvarez *et al.* (2014), reportó la presencia de especies

de *Colletotrichum* en Colombia. Arnold *et al.* (2003), observaron un significativo decrecimiento en la necrosis en hojas cuando fueron inoculadas con hongos endófitos para el enfrentamiento a una cepa patogénica de *Phytophthora*. Especies de *Trichoderma*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Pestalotiopsis* y *Tolypocladium* fueron aisladas de tejidos de árboles de *T. cacao* y *T. grandiflorum* y testadas frente a *P. palmivora*, resultando en un significativo decrecimiento en la severidad de la enfermedad.

El hongo endófito *Gliocladium catenulatum* aislado de *T. cacao* en Brasil fue testado para evaluar su efecto antagónico frente a *M. pernicioso*, el agente causal de la enfermedad llamada Escoba de bruja, observándose una reducción de los síntomas (Rubini *et al.*, 2005).

Existen evidencias que muestran que varias especies de endófitos de árboles tropicales como *Acremonium*, *Clonostachys*, *Trichoderma* y *Fusarium* tienen potencial como control biológico (Driesche & Bellows, 1996; Harman, 2004, 2006; Odintsova *et al.*, 2009).

No obstante, *Trichoderma* es el mayor ejemplo. *Trichoderma koningiopsis*, aislada en Brasil de árboles de *T. cacao* fue relativamente efectiva frente a *M. roreri* (Holmes *et al.* 2004). *Trichoderma theobromicola* y *T. paucisporum* fueron testadas frente a *M. roreri* *in vitro* y en mazorcas para evaluar los posibles mecanismos de control biológico. Ambas especies producen un antibiótico volátil y difusible que inhibe el desarrollo de *M. roreri* (Samuels *et al.* 2006).

Otro estudio encontró que varios aislados de *Trichoderma* producen metabolitos inhibitorios que parasitan cultivos de *M. roreri* (Bailey *et al.* 2008). En este contexto los árboles de cacao tienen una gran ventaja ya que poseen una comunidad de hongos endófitos con una alta diversidad. Debido a la complejidad entre las interacciones entre los agentes de control biológico, los patógenos, la planta, la comunidad microbiana y el medio ambiente, es una ventaja utilizar aislados de hongos endófitos nativos, que estén adaptados a las condiciones medio ambientales y a la comunidad microbiana. Adicionalmente, la utilización de hongos endófitos nativos puede evitar el potencial impacto negativo de introducir especies ajenas en el ecosistema.

En la actualidad, los hongos endófitos son una buena alternativa para el apropiado control de la podredumbre parda de la mazorca en cacao, evitando las grandes afectaciones en las plantaciones y pérdidas en las cosechas, al garantizar mazorcas sanas para el proceso post-cosecha.

En Panamá una evaluación del hongo endófito *Colletotrichum gloesporioides* frente a la podredumbre parda mostró una significativa disminución de las pérdidas en las fincas (Mejía *et al.* 2008). Este resultado fundamenta la tesis de que el uso de hongos endófitos en cacao puede disminuir las afectaciones causadas por esta enfermedad.

Sin embargo, existen limitaciones para la aplicación de hongos endófitos en campo. Se debe realizar una cuidadosa evaluación de los efectos antes de la comercialización de los endófitos como agentes bio-controladores; evaluando su efecto sobre todas las plantas en el agroecosistema de cacao y desarrollar formulaciones efectivas para su aplicación.

### III. Materiales y Métodos

El experimento se realizó en áreas pertenecientes a la Estación de Investigaciones de Cacao Baracoa y de la Empresa Agroforestal de cacao, de la Provincia de Guantánamo (ver tabla 2).

#### 3.1. Colecta de muestras de hojas de cacao

Las hojas de cacao se recolectaron de 10 plantaciones de *T. cacao* en Baracoa, Cuba. Se seleccionaron un total de 1050 hojas aparentemente sanas, sin daños visibles por herbívoros o patógenos (Arnold & Herre, 2003). Se conservaron a 4 °C y hasta su transportación al Laboratorio de Microbiología del Centro para el Desarrollo de la Montaña en Guantánamo.

**Tabla 2. Localización geográfica de las áreas de colecta de Hongos endófitos en Baracoa, Cuba.**

Zona	Coordenadas geográficas
Boris Miraflores, El Porvenir	20°13'47,20"N 74°26'45,90"W
Lomo de Camagüay	20°30'41,12"N 74°42'34,90"W
Juan Romero	20°12'25,86"N 74°23'17,08"W
Arroyo de la vieja finca	20°12'29,52"N 75°38'27,42"W
Capiro, Nueva vista	20°13'06,24"N 74°23'29,34"W
Esteban Silot	20°13'34,49"N 74°30'21,89"W
Los hoyos de Sabanilla	20°16'51,32"N 74°27'52,87"W
Cayayal	20°15'44,02"N 74°27'51,28"W
Paso de Cuba	20°20'03,72"N 74°28'05,66"W
Santa Rosa	20°21'20,47"N

	74°31'58,65"W
Mabujabo, Silina	20°19'06,92"N 74°26'49,33"W
Guayabo	20°26'24,98"N 74°36'12,74"W
Saibá	20°26'02,89"N 74°36'27,70"W
San Luis, Victor Prieto	20°18'11,43"N 74°25'56,35"W
Jamal	20°16'34,65"N 74°25'32,35"W
Jobo Dulce	20°19'22,55"N 74°26'46,31"W
Sabanilla	20°16'42,11"N 74°27'52,86"W

### 3.2. Aislamiento de hongos endófitos.

Para el aislamiento de los hongos endófitos se tomaron muestras de hojas de 50 árboles de poblaciones de *Theobroma cacao* (cacao) tradicional y criollo en Baracoa, región oriental de Cuba. Estas plantas se escogieron en base a cuatro criterios: apariencia saludable, buen estado nutricional, y fisiológico, y libres de la aplicación de cualquier producto químico o biológico. Se utilizó el método de la Triple esterilización (Arnold *et al.*, 2001).

#### Protocolo de aislamiento

1. Al recoger las hojas se lavan meticulosamente con agua corriente.
2. Agitar las hojas en un frasco con 200 ml de agua destilada con la adición de dos gotas de TWEN 80.
3. Luego las muestras son sumergidas en etanol al 75 % durante 1 min.

4. Seguidamente deben ser sumergidas las hojas en hipoclorito de sodio al 3 % por 10 min.
5. Nuevamente lavadas en etanol al 75\_% durante 30 s.
6. Finalmente las hojas se lavaron 3 veces en agua destilada y se secaron con toallas de papel estéril.
7. Las hojas esterilizadas se lavaron con MEAC antes de incubarlas en placas a temperatura ambiente por 3 semanas.
8. Después de la esterilización las hojas se cortaron en fragmentos pequeños de aproximadamente 2x2 usando un bisturí esterilizado en llama.
9. Se colocan con un máximo de 20 piezas por placa.
10. Las placas se sellaron e incubaron a temperatura ambiente.

### **3.3. Método de Triple esterilización**

Las hojas se lavaron, se secaron con papel y se cortaron en piezas de 2 cm<sup>2</sup>. Las piezas de las hojas se esterilizaron sucesivamente con los siguientes agentes: etanol al 95 % durante 30 s, hipoclorito de sodio al 3% durante 10 min y etanol al 75% durante 2 min. Luego se lavaron tres veces con agua destilada estéril y se secaron con papel estéril (Ishak *et al.*, 2004). Este método de triple esterilización de la superficie mostró una alta efectividad eliminando bacterias, levaduras y *Zygomycetes* de rápido crecimiento y otros organismos de cultivos de endófitos (Arnold *et al.*, 2000; Schulz *et al.* 1993; citado por Abreu N. 2018).

Las hojas tratadas se cortaron en discos de 5 mm de diámetro con un bisturí estéril. Se colocaron 5 discos de cada hoja de cacao en una placa Petri con 2 % de agar extracto de malta (MEA), un medio utilizado comúnmente en estudios de endófitos (Schulz *et al.* 1993; citado por Abreu N. 2018). Las placas se sellaron inmediatamente con parafilm y se incubaron a una temperatura de 25-30 °C, bajo un fotoperíodo de 12h de luz/12h de oscuridad para inducir la producción de esporas, durante un periodo de 3 a 15 días, con tubos de luz fluorescente (40 W) ubicados a una distancia de 60 cm sobre las placas. La incubación se detuvo ante el crecimiento de la hifa mayor de 5 mm de longitud, en ninguno de los casos excedió las dos semanas. Entonces un fragmento de la hifa de 5 mm de

longitud fue cortado y transferido a nuevas placas Petri conteniendo medio PDA. Estas muestras se incubaron a 30°C para promover la esporulación bajo los mismos ciclos de luz anteriormente descritos.

#### **3.4. Identificación taxonómica de hongos endófitos.**

Se observaron varios caracteres morfológicos de las cepas (micelio, esporangio, esporas) con un microscopio Olympus BX50. Se tomaron fotografías de las estructuras fúngicas con el programa Ulead Photo explore SE (V 7.0). El crecimiento del micelio se observó en placa Petri para cada individuo.

#### **3.5. Aislamiento de cepas de *Phytophthora palmivora* de *Theobroma cacao*.**

Se realizaron varios aislamientos de mazorcas con síntomas de enfermedad en plantaciones de cacao de Baracoa, Guantánamo.

Estos aislamientos fueron sembrados bajo condiciones estériles, en cajas de Petri con diferentes medios de cultivo estériles, con el fin de seleccionar aquel donde mejor crecían los hongos:

- Papa-Dextrosa-Agar (PDA = papa 200 g, dextrosa 20, agar 15 g., 1 L agua destilada),
- Avena-Agar (AA = avena 20 g, agar 30 g, 1 L agua destilada),
- Medio V8 (Jugo V8 180 mL, CaCO<sub>3</sub> 2 g., agar 15 g., 1 L agua destilada),
- Agar Extracto de Malta (Merck) (Malta 30 g, agar 15 g., 1 L agua destilada).
- Agua-Agar (agar 20 g., 1 L agua destilada)

Las cajas sembradas se sellaron con parafilm y colocadas en una incubadora a 25 °C en la oscuridad, ya que la mayoría de las especies probadas en los estudios de crecimiento muestran la mayor tasa de crecimiento en estas condiciones [Shearer y Zare-Maivan, 1988]. Algunos hongos se expusieron a la luz cercana a UV con objeto de promover su esporulación (Vinnere, 2004).

El crecimiento del micelio de cada hongo se evaluó a los 5 y 10 días, marcando, en cada ocasión, los diámetros observados en la parte posterior de la caja de Petri con

un marcador indeleble. Se observaron a detalle los micelios tomando en cuenta todas sus características macroscópicas (textura, color, velocidad de crecimiento, producción de exudado o pigmentos) y posteriormente, se clasificaron utilizando claves taxonómicas (Sutton, 1980; Barnett y Hunter, 1998). Los hongos que no esporularon se clasificaron como Mycelia Sterilia. Para los fitopatógenos que esporularon se observaron, además, las características microscópicas (esporomas y medida de esporas) utilizando un microscopio Olympus BX50.

#### **IV. Resultados y Discusión**

Se aislaron noventa cepas de *Phytophthora* de mazorcas con síntomas de pudrición negra, durante varias expediciones a diferentes plantaciones en Baracoa (Tabla 1). Los aislados se mantuvieron en agar V8 en un rango de temperatura de 24-29°C.

**Tabla 1.** Cepas de *Phytophthora* colectadas en Baracoa.

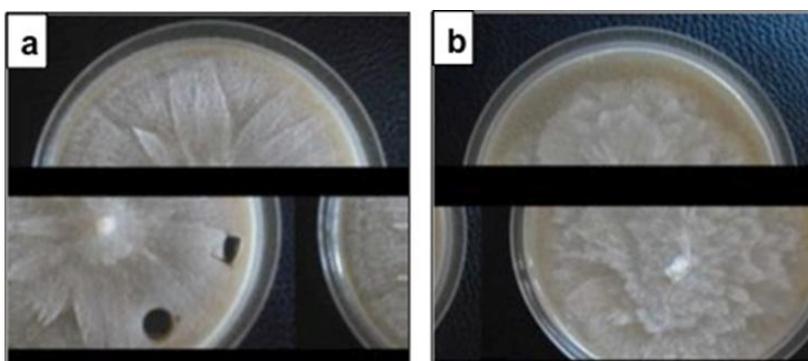
Zona	Localidad	Cepas	Zona	Localidad	Cepas
Poa, El Chocolate	20°17'19,39"N 74°27'56,10"W	PHYTO15	Arroyo de la vieja finca	20°12'29,52"N 75°38'27,42"W	CU/09-56
		PHYTO16			CU/0957
		PHYTO17			CU/09-61
		PHYTO18			CU/09-62
		PHYTO19	Capiro, Nueva vista	20°13'06,24"N 74°23'29,34"W	CU0958
		PHYTO20			CU/09-59
		Poa1	Esteban Silot	20°13'34,49"N 74°30'21,89"W	CU/09-
		Poa2			SILOT3
		Poa3			CU/09-
		Poa5			SILOT5
Boris Miraflores, El Porvenir	20°13'47,20"N 74°26'45,90"W	PHYTO25	Los hoyos de Sabanilla	20°16'51,32"N 74°27'52,87"W	Est1
		PHYTO26			Est2
		PHYTO27			Est3
		PHYTO28			Est4
		PHYTO29			Est5
		PHYTO30			Est6
		PHYTO31			Est7
		PHYTO32	Cayayal	20°15'44,02"N 74°27'51,28"W	Cay1
		PHYTO33			Cay2
		PHYTO34			
Lomo de Camagüay	20°30'41,12"N 74°42'34,90"W	CU/09-41	Paso de Cuba	20°20'03,72"N 74°28'05,66"W	P-C1
		CU/09-			P-C2
		PL6812			P-C3
		CU/09-	Santa Rosa	20°21'20,47"N 74°31'58,65"W	S-R1
		PL6813			S-R2
		CU/09-42	Mabujabo, Silina	20°19'06,92"N 74°26'49,33"W	Mab1
		CU/09-43			Mab2
		CU44	Guayabo	20°26'24,98"N 74°36'12,74"W	Gua1
		CU0944			Gua2
		CU/0944c	Saibá	20°26'02,89"N 74°36'27,70"W	Sai1
CU/09-44d					
Juan Romero	20°12'25,86"N 74°23'17,08"W	CU/09-50	San Luis, Victor Prieto	20°18'11,43"N 74°25'56,35"W	S-L2
		CU/09-60			
		CU/09-63	Jamal	20°16'34,65"N 74°25'32,35"W	Jam1
		CU/09-71A			Jam2
			Jobo Dulce	20°19'22,55"N	Job2

		CU/09-71B		74°26'46,31"W	
		CU/09-73		20°16'42,11"N	
		CU/09-74		74°27'52,86"W	
		CU/09-75			
		CU/09-76			
		CU/09-77			
		CU/09JR06			
		CU09JR08			
		CU/09JR10B			
		CU/09JR11A			
			Sabanilla		Hur1

### Caracterización morfológica de las cepas de *P. palmivora*

Las observaciones microscópicas mostraron todas las cepas tienen un patrón de crecimiento petaloide en medio V8. Dos de las cepas (CU58 y PHYTO40) mostraron un patrón de crecimiento en crisantemo, en medio V8 (figura 1).

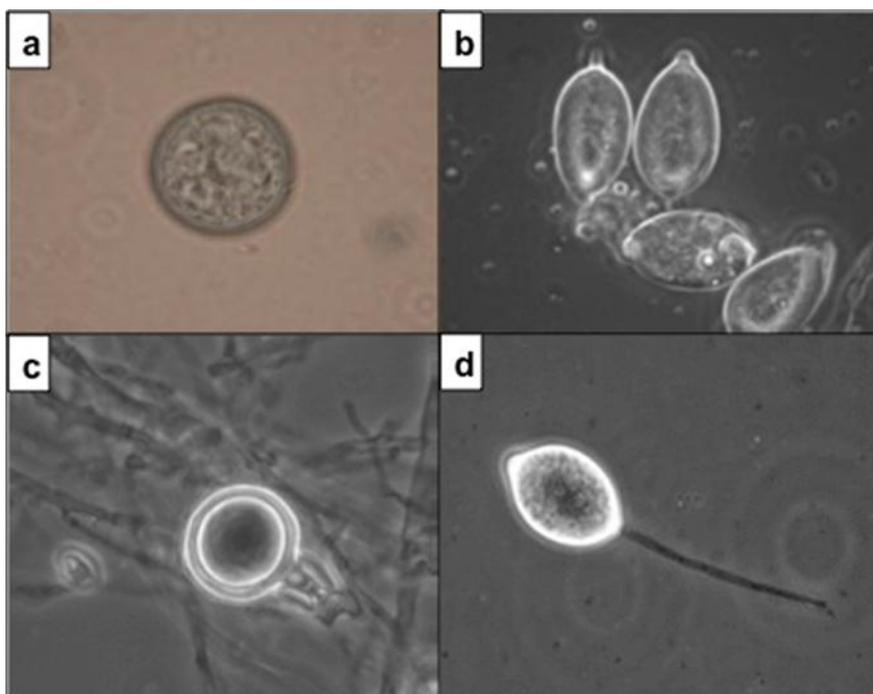
Al microscopio, se observó abundante producción de esporangios, de formas ovoides a elipsoidal, (pedicelio  $\leq 4 \mu\text{m}$  de longitud), los cuales tienen un rango entre 38-60  $\mu\text{m}$  en longitud y 27-40  $\mu\text{m}$  de ancho, con un radio L / A (largo / ancho) que varió desde 1.25 a 1.92 (figura 2a). En la figura 2c se observan las clamidosporas formadas, las que presentaron un diámetro de 32,5-43,5  $\mu\text{m}$ . Estas características morfológicas observadas en los aislados, corresponden a las observadas en *P. palmivora* (Ali *et al.*, 2014; Bush *et al.*, 2006).



**Figura 1.** Características morfológicas de las especies de *Phytophthora* aisladas de cacao en medio agar V8 después de 4 días de crecimiento a 24-29°C, en la oscuridad. **a:** forma petaloide (cepa MAB1). **b:** forma crisantemo (cepa CU58)

En dos aislados (CU58 y PHYTO40) y en todos los aislados de la Guyana Francesa, los esporangios midieron 37-50  $\mu\text{m}$  de longitud y 22-32  $\mu\text{m}$  de ancho, con un radio L / A en una relación 1.8-2.4.

En estos esporangios se observó una larga hifa (longitud de 50  $\mu\text{m}$ ) (figura 2d). Acorde a estas características estas cepas pertenecen al complejo *P. capsici* - *P. tropicalis* cuyos caracteres morfológicos no permiten distinguirlos (Aragaki y Uchida, 2001).



**Figura 2.** Estructuras morfológicas de las cepas de *P. palmivora* y *P. tropicalis* aisladas en Cuba. a: oosporas de *P. palmivora* (cepa MAB2) b: esporangio ovoide-elipsoidal de *P. palmivora* (cepa MAB2): c: clamidosporas (cepa MAB2). d: esporangio de *P. tropicalis* (cepa PHYTO40)

### **Aislamiento y caracterización de hongos endófitos**

En el estudio 345 hongos endófitos cultivables fueron aislados de hojas sanas de cacao. Luego de la caracterización morfológica se escogieron 110 aislados. Estos 110 aislados fueron seleccionados agrupando los que poseían iguales características morfológicas.

Se identificaron un total de 7 especies diferentes. *Colletotrichum gloesporioides* y *Xylaria* sp fueron las especies prevalecientes con 36 (32.7%) y 13 (11.8%) aislados, respectivamente.

Seis géneros fueron representados por un simple aislado (Table 2). Excluimos los aislados de las especies de *Aspergillus* y *Penicillium* por asumirlas como contaminantes, basados en su presencia en el ambiente. Una selección de 23 aislados pertenecientes a los géneros *Colletotrichum* y *Xylaria* fueron conservados para futuros estudios de su evaluación como potenciales agentes de control biológico contra *Phytophthora*.

**Tabla 2.** Identificación de los hongos endófitos aislados.

<b>ID basada en secuencia ITS</b>	<b>Número de aislados</b>
<i>Colletotrichum gloesporioides</i>	36
<i>Xylaria</i> sp	13
<i>Trametes maxima</i>	9
<i>Colletotrichum tropicale</i>	6
<i>Phomopsis</i> sp	5
<i>Diaporthe phaseolorum</i>	4
<i>Colletotrichum siamense</i>	4
<i>Phlebiopsis cf. flavidoalba</i>	4
<i>Cylindrocladium</i> sp	3
<i>Colletotrichum</i> sp	3
<i>Cylindrocladium insulare</i>	2
<i>Hypoxylon monticulosum</i>	2
<i>Phlebiopsis</i> sp	2
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	2

<i>Daldinia clavata</i>	2
<i>Colletotrichum fructicola</i>	2
<i>Earliella scabrosa</i>	1
<i>Colletotrichum theobromicola</i>	1
<i>Cochliobolus</i> sp	1
<i>Corynespora</i> sp	1
<i>Daldinia eschsholzii</i>	1
<i>Fusarium solani</i>	1
<i>Mycosphaerella</i> sp	1
<i>Phanerochaete sordida</i>	1
<i>Xylaria globosa</i>	1
<i>Xylaria hypoxylon</i>	1
<i>Xylaria feejeensis</i>	1

---

Este estudio encontró 27 hongos endófitos foliares habitando plantas de *Theobroma cacao* en Baracoa, Cuba. Las plantas tropicales poseen una gran diversidad de microorganismos endofíticos (Strobel & Daisy 2003), incluyendo cacao (Crozier et al. 2006, Thomas et al. 2008). La explicación para esta alta diversidad de endófitos puede ser el sistema agroforestal existente en las plantaciones, donde se encuentra una variedad de especies de plantas asociadas al cacao (Redman et al. 2001).

La presencia de *Colletotrichum* y *Xylaria* como géneros predominantes es consistente con previos estudios que reportan a *Colletotrichum*, *Fusarium* y *Xylaria* como los tres géneros más frecuentes encontrados en colectas de endófitos en cacao en Sur América y Centroamérica (Strobel & Daisy 2003, Arnold & Here 2003, Rubini et al. 2005, Tejesvi et al. 2007). Estos reportes muestran a *Colletotrichum tropicale* como la especie dominante aislada de hojas sanas de cacao (Rojas et al. 2010). Las especies de *Xylaria* son los

endófitos más comunes aislados en las regiones tropicales (Rodrigues & Petrini 1997, Guo et al. 2003). Sin embargo, en este estudio, la presencia de *Fusarium* no fue significativa (0.9%).

La comunidad de hongos endófitos del cacao está siendo estudiada para fines de control biológico de patógenos de plantas y la producción de compuestos con propiedades farmacológicas (Peixoto-Neto 2002). Las especies de *Trichoderma* están entre las mejor conocidas y más prometedoras como agentes de control biológico. Muchas especies de *Trichoderma*, como *T. stromaticum*, *T. koningiopsis* (Samuels & Druzhinina IS 2006), *T. theobromicola* y *T. paucisporum* (Samuels & Evans 2006), *T. evansii* (Samuels & Ismaiel 2009) y *T. asperellum* (Tondje et al. 2007) fueron encontradas como endófitos en cacao. Varias de estas especies endofíticas muestran actividad antagónica frente a patógenos del cacao. El endófito *Trichoderma ovalisporum* fue utilizado en el control de la enfermedad frosty pod rot en cacao, causada por *Moniliophthora roreri* (Crozier et al. 2015, Krauss et al. 2010). Otras especies como *Trichoderma martiale*, controla el avance de la podredumbre oscura de la mazorca (Hanada et al. 2008). No obstante, dentro de las especies halladas en este estudio no se encontró *Trichoderma*.

Una posible explicación puede ser que las especies de *Trichoderma* son halladas frecuentemente como organismos colonizadores de las raíces de las plantas, y en este estudio aislamos hongos endófitos de las hojas. Las especies de *Colletotrichum* y *Pestalotiopsis* se describieron como productoras de sustancias bioactivas, mostrando actividad antifúngica frente a patógenos de plantas (Dinget al. 2008, Inacio et al. 2006, Ishak et al. 2004, Li et al. 2008, Tejesvi et al. 2007). Este estudio muestra un gran número de aislados de *Colletotrichum* isolates, pero no se detectaron especies pertenecientes a *Pestalotiopsis*. El tratamiento de las mazorcas enfermas con *C. gloesporioides* redujo significativamente los síntomas de la podredumbre oscura bajo condiciones de campo controladas en Panamá (Mejía et al. 2008) y durante experimentos en invernadero (Arnold & Here 2003). Un resultado reciente de Mejía et al (2014), inoculando *Colletotrichum tropicale* a hojas de cacao mostró un incremento en la resistencia a daños del patógeno.

Para determinar el potencial biocontrolador de los aislados cubanos de *C. gloesporioides* y *Xylariase* requieren futuros estudios. A pesar de que las cepas de *C. gloesporioides* fueron aisladas de hojas sanas, no podemos desechar la posibilidad de que puedan ser patogénicas para otros miembros del agroecosistema cacaotero (banana, coco, cítricos).

*Colletotrichum gloesporioides* ha sido reportado como uno de los más importantes patógenos y la principal causa de antracnosis (Giblin et al. 2010, Hindorf 2000, Hyde et al. 2009, Sreenivasaprasad & Talhinhas 2005). Después de confirmar su efecto biocontrolador, deben ser descartados los posibles efectos patogénicos en otras especies de plantas del ecosistema.

## V. Conclusiones.

- Los hongos fitopatógenos que esporularon, sembrados en los diversos medios de cultivo utilizados en la presente investigación y sometidos a los otros tratamientos, temperatura, luz UV y oscuridad, coinciden en sus características morfológicas con el género *Phytophthora*.
- Fueron aislados un total de 345 hongos endófitos cultivables de hojas sanas de cacao de la región oriental de Cuba. Se identificaron un total de 7 especies diferentes. *Colletotrichum gloesporioides* y *Xylaria sp* fueron las especies prevalentes con 36 (32,7 %) y 13 (11,8 %) aislados, respectivamente.

## VI. Recomendaciones

1. En el presente trabajo investigativo se determinaron 27 especies de hongos endófitos del cacao. Se recomiendan realizar futuras investigaciones para identificar entre las 27 especies, aquellas que posean un mayor potencial como agentes de control biológico de *P. palmivora* en el contexto socioeconómico de Cuba.
2. Recomendamos realizar un estudio de resistencia de las variedades locales frente a *P. palmivora*, que nos permita seleccionar variedades resistentes a este patógeno. Dichas variedades seleccionadas serían promovidas por la Estrategia de manejo integrado de plagas, para su propagación en las áreas productivas.

Bibliografía

1. Abreu N. (2018). Hongos endófitos de *Theobroma cacao* L, en el control integrado de *Phytophthora*. Pp 1-30
2. Almeida, A.A. y Valle, R.R. (2007). Ecophysiology of cacao tree. Braz. J. Plant Physiology, 19(4), 425-448.
3. Alvarado, R. & J. Soria. (1975). Evaluación de 4 métodos de polinización artificial en el aumento de la producción de cacao (*Theobroma cacao*, Lin). V Conferencia Internacional de Investigaciones de Cacao. Ibadan, Nigeria, P.1-12.
4. Alvarado, R. (1973). Efecto de la polinización artificial en el enfundamiento de mazorcas sobre el rendimiento en cultivares de cacao. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Manabí, Ecuador. Universidad Técnica de Manabí. P.54.
5. Álvarez, F; Rojas, J; Suárez J. (2012) Simulación de arreglos agroforestales de cacao como una estrategia de diagnóstico y planificación para productores. Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu. 145-150.
6. Arvelo MA, González D, Maroto S, Delgado T, Montoya P. (2017). Manual Técnico del Cultivo de Cacao: Prácticas Latinoamericanas. Pp 24-80.
7. ANACAFÉ, 2004. Programa de Diversificación de Ingresos en la Empresa Cafetalera. Cultivo de cacao. P. 3. Consultado el 26 de marzo 2019 en la página: <http://www.infoagro.com/herbáceos/industriales/cacao.asp>.
8. Aneja M, Gianfagna TJ, Hebbar PK (2005). *Trichoderma harzianum* produces nonanoic acid, an inhibitor of spore germination and mycelial growth of two cacao pathogens. Physiological and Molecular Plant Pathology 67, 304–307.
9. Anguiano, J. M.; Aguirre, J. y Palma, J. M. (2013). Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril de *Cocus nucifera*, *Leucaena leucocephala*, var. *cunnigham* y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115. Revista Avances en Investigación Agropecuaria 17 (1):149-160.
10. Aranzazu-Hernandez, F., Martínez-Guerrero, N., Rincón-Guarín, D. A. y Palencia-Calderón, G. (2009). Materiales de cacao en Colombia, su

- compatibilidad sexual y modelos de siembra. Bucaramanga, Colombia: FEDECACAO-CORPOICA.
11. Arnold AE, Herre EA (2003). Canopy cover and leaf age affect colonization by tropical fungi endophytes: ecological pattern and process in the *Theobroma cacao* L. (Malvaceae). *Mycology* 95: 388– 398.
  12. Arnold AE, Maynard Z, Gilbert GS, Coley PD, Kursar TA (2000). Are tropical fungal endophytes hyperdiverse? *Ecology Letters* 3: 267–274.
  13. Backman P. Sikora R. 2008. Endophytes: An emerging tool for biological control. *Biological Control*. 46: 1-3
  14. Badrie N, Bekele F, Sikora E, Sikora M. (2013). Cocoa Agronomy, Quality, Nutritional, and Health Aspects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. DOI: 10.1080/10408398.2012.669428.
  15. Baker, W. (1891). The chocolate plant (*Theobroma cacao*) and its products. Cambridge, England, Jhon Wilson. 164 p
  16. Bowers JH, Bailey BA, Hebbar PK, Sanogo S, Lumsden RD (2001). The impact of plant disease on world chocolate production. *Plant Health Progress On-line* [<http://www.apsnet.org/online/feature/cacao>].
  17. Bueso M. (2018). SISTEMAS AGROFORESTALES Y SILVOPASTORILES Y SU CONTRIBUCIÓN SOCIOAMBIENTAL EN LAS COMUNIDADES DE LA DALIA Y ALTA CRUZ EN JOCÓN, YORO, HONDURAS. Pp.16-22
  18. Carleto, G.A., W. R. Monteiro & B.G.D. Barthey (1983). Criterios para selecao de híbridos com cacaeiro. *Theobroma* 13(14): 315-320.1983.
  19. Caro, P. (2005). La experiencia cubana en el cultivo del cacao orgánico. 3. Encuentro Latinoamericano y del Caribe sobre Cacao y Chocolate. CICTA-9.
  20. Crespo del Campo, E. y Crespo, F. (1997). Cultivo y Beneficio del Cacao CCN 5i. Quito: Editorial El Conejo. P. 27 – 101.
  21. Cuba. Ministerio de la Agricultura. (1985). Conferencia impartida sobre el Beneficio del Cacao. Estación de Investigaciones de Cacao, Baracoa.
  22. Colonia LM.(2012).Guía técnica: Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de cacao. UNALM, Agrobanco. Perú. 23 p.

23. Deberdt P, Mfegue C V, Tondje P R, Bon M C, Ducamp M, Hurard C, Begoude D, Ndoumbe-Nkeng M, Hebbar P K, Cilas C. (2008). Impact of environmental factors, chemical fungicide and biological control on cacao pod production dynamics and black pod disease (*Phytophthora megakarya*) in Cameroon. *Biological Control* 44, 149-159.
24. De la Cruz-Medina, J., Vargas-Ortiz, M.A. y Del Ángel Coronel, O.A. (2010). Cacao: Operaciones Postcosecha. Veracruz, México: Instituto Tecnológico de Veracruz, Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, FAO.
25. De la Cruz, E; Córdova, V; García, E; Bucio, A; Jaramillo, J. (2015). Manejo agronómico y caracterización socioeconómica del cacao en Comalcalco, Tabasco. *Foresta Veracruzana*, 33-40.
26. Dias LA, Rocha RB, Toledo Picoli AE. (2005). Distinctness of cacao cultivars using yield component data and RAPD markers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 5(1):47-54.
27. Dosert D, Roque J, Cano A, Torre M, Weigend M. (2012). Hoja Botánica: Cacao (*Theobroma cacao*). 5-20pp.
28. Drenth y Guest. (2004). Compendium of Tropical fruit diseases. APS press, st Article *Phytophthora palmivora* pests and diseases of American Samoa Number 12 paul, MN. Community College Community & Natural resources cooperative Research & Extension. American Samoa.
29. Dugama B, Gockowski J, Bakala J. (2001). Smallholder Cacao (*Theobroma cacao* Linn.) cultivation in agroforestry systems of West and Central Africa: challenges and opportunities. *Agroforestry Systems* 51:177–188.
30. Duke, JS. (1983). *Theobroma cacao* L. Handbook of Energy Crops. unpublished. [http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke\\_energy/Theobroma\\_cacao.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Theobroma_cacao.html) [19.09.2019]
31. Efombagn M I B, Nyassé S, Biéy D & Sounigo O (2013). Analysis of the resistance to *Phytophthora* pod rot within local selections of cacao (*Theobroma cacao* L.) for breeding purpose in Cameroon. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 4, 111-119.
32. Enríquez, G. (1983). La incompatibilidad en cacao. En: El cultivo del Cacao. CATIE. P. 22-29.
33. Enríquez G. A (2001). Manual del Cacao para agricultores. Editorial UNED, México. Pp 16-23.

34. Enríquez, G. A. (2006). Fenología y fisiología del cacao. Seminario Taller Internacional, Producción, calidad y mercadeo de cacao especiales. Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
35. Eskes, AB; Engels, JMM; Lass, RA. (2000). Working procedures for cocoa germplasm evaluation and selection. IPGRI. Roma, Italia. 176 p.
36. Evans HC. and Prior C. (1987). Cocoa pod diseases: Causal agents and control. *Outlook on Agriculture* 16:35-41.
37. Evans HC. (2007). Cocoa diseases - The trilogy revisited. *Phytopathology* 97:1640-1643.
38. FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2014. Servicios de asistencia técnica que evolucionan el sector cacaotero hondureño. San Pedro Sula, Honduras (en línea). Consultado 25 feb. 2020. Disponible en [www.fhia.org.hn/downloads/fhia\\_informa/fhia\\_informa\\_junio\\_2014.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/fhia_informa/fhia_informa_junio_2014.pdf)
39. 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". Panama, AID IROCAP. P. 58-66.
40. Gliessman, S.R. (2002). Agroecología, procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
41. Gockowski J, Tchatat M, Dondjang J-P, Hietet G, Fouda T (2010). An empirical analysis of the biodiversity and economic returns to cocoa agroforests in Southern Cameroon. *Journal of Sustainable Forestry*, 29, 637-670.
42. 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. *Applied of Enveronmental microbiology*" new Zeeland.
43. Guest D (2007). Black Pod: Diverse pathogens with global impact on cocoa yield. *Phytopathology* 97, 1650-1653.
44. Hall H, Yuncong Li, Comerford N, Arévalo Gardini E, Zuniga Cernades L, Baligar V, Popenoe H. (2010). Covercrops alter phosphorus soil fractions and organic matter accumulation in a Peruvian cacao agroforestry system. *Agroforestry Systems* 80(3):447-455
45. Hanada RE, Pomella AWV, Soberanis W, Loguercio LL, Pereira JO (2009). Biocontrol potential of *Trichoderma martiale* against black-pod

- disease (*Phytophthora palmivora*) of cacao. *Biological Control* 50: 143-149.
46. Herre E A, Mejía L C, Kylo D A, Rojas E, Maynard Z, Butler A & Van Bael S A (2007). Ecological Implications of anti-pathogen effects of tropical fungal endophytes and mycorrhizae. *Ecology* 88, 550-558.
47. Hernández, C. 1987. Ecología del cacao. Factores climáticos. Luz. Ed. Revolucionaria, La Habana, 238 p.
48. Ho-Hing, H. (1990). *Phytophthora*. "Artículo *phytophthora*: características, diagnóstico y daños que provoca en algunos cultivos tropicales. Medidas de control". Taiwán.
49. Holmes KA, Schroers H-J, Thomas SE, Evans HC, Samuels GJ (2004). Taxonomy and biocontrol potential of a new species of *Trichoderma* from the Amazon basin of South America. *Mycological Progress* 3: 199-210.
50. ICA. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo de cacao (en línea). Primera Bogotá, Fedecao. 43p. disponible en <https://www.ica.gov.co/getattachment>.
51. ICCO (2003). Organización Mundial del Cacao. Boletín trimestral de estadísticas del cacao. Vol. XXXVI No. 2
52. ICCO. (2006). Informe anual 2006/2007. Factores que afectaron la producción mundial de cacao. Consultado 17/2/2020. Disponible en: [http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat\\_view/1-annual-report/25-icco-annual-report-in-spanish.html](http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat_view/1-annual-report/25-icco-annual-report-in-spanish.html).
53. ICCO.(2007). Informe anual 2007/2008. Consumo mundial de cacao. Consultado 17/2/2020. Disponible en: [http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat\\_view/1-annual-report/25-icco-annual-report-in-spanish.html](http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat_view/1-annual-report/25-icco-annual-report-in-spanish.html)
54. ICCO. (2010). Informe anual 2010/2011. Superficie mundial de cacao. Consultado [19-2-2020]. Disponible en: [http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat\\_view/1-annual-report/25-icco-annual-report-in-spanish.html](http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat_view/1-annual-report/25-icco-annual-report-in-spanish.html)
55. ICCO. (2013). Precio anual de cacao. Consultado 19-2-2020. Disponible en: [http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat\\_view/1-annual-report/25-icco-annual-report-in-spanish.html](http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat_view/1-annual-report/25-icco-annual-report-in-spanish.html)

56. ICCO (2013). Creciendo Cacao. Recuperado el 2015, de Orígenes de Cacao y su Difusión en todo el Mundo. Consultado el 26 de marzo 2019 en la página: <http://www.icco.org/about-cocoa/growing-cocoa.htm>
57. INTA (Ed.). (2010). Guía Tecnológica del Cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.) (4ta ed). Managua, Nicaragua.
58. Ishak Z, Anika FB, Furtek DB, MohdJaaffar AK (2004). Antifungal activity of endophytic fungi isolated from the cocoa tree against *Phytophthora palmivora* and *Oncobasidium teobromae*. MSMBB Scientific Meeting 19 – 21 July 2004, Century Mahkota, Melaka, Malaysia.
59. Jaimes Y. y Aranzazu F. (2010). Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) EN Colombia, con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*). 26-50pp.
60. Jaimez, R.E., Tezara, W., Coronel, I. y Urich R. (2008). Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): su manejo en el sistema agroforestal, sugerencias para su mejoramiento en Venezuela. Revista Forestal Venezolana, 52(2), 253-258.
61. Johnson JM. Bonilla JC. Agüero CL. (2008). Manual de manejo y producción del cacaotero. León, Nicaragua.
62. Kamoun, S. (2002). Basic biology: information of mechanisms that make phytophthora infestans a pathogen. In: GILB 02 CONFERENCE Late blight: managing the global Threat. Germany.
63. Lachenaud Ph, V Rossi, J-M Thevenin, F DOARE (2015). The Guiana genetic group: a new source of resistance to cacao (*Theobroma cacao* L.) black pod rot caused by *Phytophthora capsici*. *Crop Protection* 67: 91-95.
64. LEÓN, J. (2000). Botánica de los cultivos tropicales. 3 ed. San José, CR. Editorial Agroamérica del IICA. Pp. 522.
65. Leonor M, Mora A y González G. (2016). Sistemas agroforestales con especies de importancia maderable y no maderable, en el trópico seco de México. Pp 58-68.
66. Llach, L.; Villegas, O.; Martínez, P. L. y Solano, O. M. (2007). Caracterización de la Agrocadena Cacao. Informe ejecutivo; Dirección Regional Huetar Norte, Costa Rica. Marzo, 2007. Consultado [11-2019]. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Disponible en: <<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a000083.pdf>>

67. López-Andrade, P. (2011). Paquete Tecnológico Cacao (*Theobroma cacao* L.), Producción de planta. Huimanguillo, Tabasco: Centro de Investigación Regional-Golfo Centro, INIFAP.
68. M & O Consulting. (2008). Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en el Perú. Informe de consultoría. Proyecto de cooperación UE-Perú en materia de asistencia técnica relativa al comercio – Apoyo al programa estratégico nacional exportaciones (PENX 2003-2013).
69. Manuel G. (2013). Zonificación edafoclimática de *Theobroma cacao* L. n el macizo montañoso Nipe- Sagua-Baracoa. 14-15pp.
70. Márquez J.J; Aguirre M.B. (2008). Manual técnico de manejo agrotécnico de las plantaciones de cacao. La Habana. 64 p.
71. Márquez, J.J & María B. Aguirre. (2006). Manual Técnico de Propagación del Cacao. Producciones Gráficas MINREX. Cuba. P. 49.
72. Márquez J.J; Matos G.; Ochoa P.; Lambertt W.; Selva F.; Matos Y. (2008). Programa de Desarrollo del Cacao en Cuba. Documento aprobado Consejo Científico, Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao, III Frente. P. 20.
73. MÁRQUEZ L.M., REDMAN R.S., RODRÍGUEZ R.J., ROOSSINCK M.J., (2007). A virus in a fungus in a plant: three-way symbiosis required for thermal tolerance. *Science* 315, 513-515.
74. Mata D, (2012). Análisis socio-económico de los sistemas agroforestales con cacao en la parroquia La Unión, Cooperativa Seis de Agosto y parroquia El Vergel del cantón Valencia, Provincia de los Ríos. Proyecto de investigación, 15p.
75. Mata D, Rivero M, Segovia EL. (2017). Agroforestry systems with fine aroma cocoa cultivation: socio- economic and productive environment. Pp 104-105.
76. Matos G. A y G. Blaha (1989). Pérdidas por *Phytophthora palmívora* y otros agentes en plantaciones de cacao para las condiciones de Baracoa. *Cienc.Téc.Agric. Café Cacao* 1(2):7-11.
77. Mayea, S., Y. Herrera & C.M. Andréu. (1983). *Enfermedades de las plantas cultivadas en Cuba*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación. P. 425
78. Mcfadden, C. (2008). Historia del chocolate. El chocolate como medicina [en línea]. Avizora: Publicaciones, 2008 [Consultado: 25-11-2019].

Disponible:[http://www.avizora.com/publicaciones/gastronomia/textos/0038\\_historia\\_chocolate.htm](http://www.avizora.com/publicaciones/gastronomia/textos/0038_historia_chocolate.htm)

79. Mejía L C, Herre E A, Sparks P, Winter K, García M N, Van Bael S A, Stitt J, Shi Z, Zhang Y, Gultinan M J & Maximova S N (2014). Pervasive effects of a dominant foliar endophytic fungus on host genetic and phenotypic expression in a tropical tree. *Frontiers in Microbiology* 5, 1-16.
80. Mejía LC, Rojas EI, Maynard Z, Van Bael S, Arnold AE, Hebbar P, Samuels GJ, Robbins N, Herre EA (2008). Endophytic fungi as biocontrol agents of *Theobroma cacao* pathogens. *Biological Control* 46: 4-14.
81. Melnick RL, Suárez C, Bailey BA, Backman PA. (2011). Isolation of endophytic endospore-forming bacteria from *Theobroma cacao* as potential biological control agents of cacao diseases. *Biological Control*.;57:236-245.
82. Mendoza C. (2013). El cultivo de cacao: opción rentable para la selva — Lima: Equipo técnico del Programa Selva Central – Desco. 48 p.
83. Mendieta-López, M. y Rocha-Molina, L.R. (2007). Sistemas Agroforestales. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
84. Menéndez, M., G. Matos, W. Lambertt, A. Nariño, P. Pérez, A. Columbié, Mercedes Pierra & F. Martínez. (2000). Informe Final PN 00703025. Obtención y Comercialización de Clones e Híbridos de *Theobroma cacao* Lin. Comité de Expertos. CITMA-Habana. 42 p.
85. Menéndez, M., W. Lambertt, A. Columbie, G. Matos, A. Olivero, M. Rodríguez & E. Sanchez. (2002). Selección de clones de *Theobroma cacao* Lin con alto potencial productivo y de calidad industrial. *Café Cacao* 3 (1): 64-66.
86. MINAG. (2011). Diagnóstico realizado a la actividad de cacao en la provincia de Guantánamo. Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña (GEAM), Diciembre 2011. Informe utilizado en investigación, 41 p.
87. MINAG. (2012). Situación de la producción y financiamiento para el cacao en Cuba. Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña (GEAM). La Habana. Noviembre 2012, Informe de producción. Documento interno, 67 p.
88. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia; FEDECACAO (Federación Nacional de Cacaoteros). 2013. Guía ambiental para el cultivo de cacao. 2° ed. Colombia. 124 p.

89. Morán, M.B.; Herrera, A. y López, B. K. (2014). Evaluación socioeconómica y ambiental en tres sistemas agroforestales en el trópico seco nicaragüense. Rev. Científica de FAREM- Esteli. Medio Ambiente. Tecnología y Desarrollo Humano 11 (3): 13-26.
90. Muñoz JC, (2019). Control de *Phytophthora palmivora* en *Theobroma cacao* L. Clon CCN - 51 con fosepil aluminio, hidróxido de cobre y propineb en Satipo. Pp 4-9.
91. Nair, P. K. (1997). Agroforestería. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo, México. 543 pp.
92. Ndukwu MC, Ogunlowo AS, Olukunle, OJ. (2010). Cocoa Bea (*Theobroma cacao* L.) Drying Kinetics. Chilean journal of agricultural research 70(4):633-639.
93. Nosti, J. (1970). Café y Cacao. La Habana: Instituto del Libro. 698 p.
94. Núñez González, Niurka y González Noriega, Estrella (2005): El cacao y el chocolate en Cuba. Ed. Academia. La Habana. 162 p.
95. Ochoa, P. (2004). Perfeccionamiento del sistema de drenaje en la zona Fidelina-Guamá. Proyecto aprobado por el Comité Experto CITMA Guantánamo. P. 25.
96. Ochoa, P. (2007). Efecto de la irrigación subsuperficial en la producción y los rendimientos del cacao. Informe final de proyecto, aprobado por Comité de Expertos CITMA Guantánamo. P. 14.
97. Opoku, I Y, Appiah A A, Akrofi A Y (2000). *Phytophthora megakarya*: a potential threat to the cocoa industry in Ghana. Ghana Journal of Agricultural Science 33, 237-248.
98. Ospina-Ante, A. (2003). Agroforestería, aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal. Valle del Cauca, Colombia: ACASOC.
99. Paredes-Arce, M. y Montero-Palacios, O.R. (Ed.). (2004). Manual de cultivo de cacao. Perú: PROAMAZONIA-MINAG.
100. Peixoto-Neto PAS (2002). Microorganismos endofíticos. Biotecnología Ciencia & Desenvolvimento. XX: 62-76.
101. Phillips M. - Aime W. (2016). Escoba de bruja del cacao; ficha técnica N° 4. SAGARPA; SENASICA. México. 20 p.

102. Ploetz R. (2007). Cacao diseases: Important threats to chocolate production worldwide. *Phytopathology* 97:1634-1639.
103. PURDY, L; SCHMIDT, R. (1996). Status of cacao witches' broom: biology, Epidemiology and Management. *Annual Review of Phytopathology*. 34:573-594.
104. Ramos, G., A. Ramos & A. Azócar.(1999). Manual del productor de cacao. —Mérida, Venezuela. Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado de Mérida. p.14.
105. Rice, R. A. y Greenberg, R. (2000). Cacao cultivation and the conservation of the biological diversity. *AMBIO: A Journey of the Human Environment*, 29(3), 167-173.
106. Rivas, D. (2005). SISTEMAS AGROFORESTALES1 (en línea). Consultado 25 feb. 2020. Disponible en <http://www.rivasdaniel.com/AGROFORESTERIA.pdf>
107. Romero E. (2016). Evaluacion ecomorfologica de cacao ( *Theobroma cacao* L.) sometido a distintas fertilizaciones, en la comunidad de nuevo Ojital, municipio de Papantla, Ven, Mexico.
108. Rufino L. (2008). Fortalecimiento de la cadena productiva de cacao, en las provincias de San Ignacio, Jaén y Celendín. Expediente técnico. Cajamarca.
109. Salinas S. (2014). La Mazorca Negra (*Phytophthora* sp.).
110. Salvador N, Espinoza E, Rojas J. (2012). Manual del cultivo de cacao blanco de Piura. Pp 48-53
111. Sánchez, B. (2014). Una Alternativa para mejorar la Ganadería. Tegucigalpa, Honduras (en línea). Consultado 26 feb. 2020. Disponible en [http://www.cinah.org/wpcontent/uploads/2014/10/Manual\\_sistemas\\_silvo\\_pastoriles.pdf](http://www.cinah.org/wpcontent/uploads/2014/10/Manual_sistemas_silvo_pastoriles.pdf)
112. SENASA (2015). Mazorca negra de cacao.
113. Serrano, F. M. (2006). El cacao en sus primeros pasos hacia la globalización. En: I Congreso nacional ANPE. 8-9 noviembre/2006, p. 8-9. Consultado 20 ene 2020]. Noruega. Disponible en: <http://www.mecd.gob.es/dctm/redele/Material-RedEle.....html>.

114. Schulz B, Wanke U, Draeger S, Aust HJ (1993). Endophytes from herbaceous plants and shrubs: effectiveness of surface sterilization methods. *Mycological Research* 97: 1447–1450
115. Stamps J. (1998). *Phytophthora palmivora*. CMI Description of pathogenic fungi and Bacteria N° 831. Set N° 84.
116. Somarriba, E. (2002). Estimación visual de la sombra en cacaotales y cafetales. *Agroforestería de las Américas*, 9(35-36), 86-94.
117. Somarriba, E. (2004). ¿Cómo evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales? *Agroforestería en las Américas*, (41-42), 120-128.
118. Somarriba, E., Quesada, F., Orozco, L., Cerda, E., Villalobos, M., Orozco-Estrada, S. Astorga-Domian, C., Say-Chávez, O.D.E. y Villegas-Cáceres, R. (2011). *La Sombra del Cacao*. Serie Técnica, Materiales de Extensión, 5. Turrialba, C.R.: CATIE.
119. Suárez GM. 2006. Zonificación agroecológica de *Theobroma cacao*, Lin para el Macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa. CIT- MA. Cuba. 31 p.
120. Suárez Y. – Aranzazu F. (2010). *Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L) en Colombia, con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*)*. Pp 25-50
121. Thorold CA. (1975). *Diseases of Cocoa*, Clarendon Press, Oxford, UK, pp 1-423.
122. Torres, B; Jadán, O; Aguirre, P; Hinojosa; L; Günter, S.(2014). The Contribution of Traditional Agroforestry to Climate Change Adaptation in the Ecuadorian Amazon: The Chakra System. *Handbook of Climate Change Adaptation*: 1-19.
123. Toxopeus, H.( 1985). Botany, types and population. In Wood, GAR; Lass, RA. 1985. *Cocoa*. New York, US, Longman. p. 11-37
124. UNCTAD/GATT (1991). Clasificación Botánica del Cacao. Nombre científico de *Theobroma cacao*. Consultado 16 de marzo de 2018. Disponible en:[www.tropicos.org](http://www.tropicos.org)
125. UNOCD. 2014. Paquete tecnológico del cultivo de cacao fino de aroma. Perú.

126. Urquhart, D. H. (1963). Cacao. La Habana: Edición Revolucionaria. 322 P.
127. Van Der Vossen, H. (1997). *Strategies of variety improvement in cocoa with emphasis on durable disease resistance*. University Of. Reading, Whitington, UK. P. 68 – 91.
128. Vandermeer, J. (1989). The Ecology of Intercropping. Gran Bretaña. Cambridge University Press.
129. Walker C, Van West P. (2007). Zoospore development in the oomycetes. Fungal Biology Reviews 21:10-18.
130. Wood GAR, Lass RA. (1985). Cocoa. Longman: London. Consultado el 26 de septiembre 2019 en la página: <http://www.unctad.org/infocoen-cocoa/htm>
131. Zequeira-Larios, C. (2014). Producción de cacao (Theobroma cacao L.) en México: Tabasco, estudio de caso (Tesis Doctoral en Ecología Tropical). Universidad Veracruzana, CITRO, Xalapa, Veracruz.
132. Zhang, D., and L. Motilal. (2016). Origin, dispersal, and current global distribution of cacao genetic diversity. In: B. Bayley et al., editors, Diseases: A history of old enemies and new encounters. Springer International Publishing, Basel, CHE. p. 3-31. doi:10.1007/978-3-319-24789-2\_1
133. Zhang D, Windson JM, Johnson ES, Somarriba E, Phillips-Mora W, Astorga C, Mischke S, Meinhardt LW.(2011). Genetic diversity and spatial structure in a new distinct Theobroma cacao L. population in Bolivia . Genet Resour Crop Evol online.

**Anexo**

Figura 1. Tipos de cacaotales según los árboles de sombra con los que se encuentran asociados. Tomado de: “La Sombra del Cacao” (Somarriba et al., 2011).....	9
Figura 2. Ciclo de vida de <i>Phytophthora sp.</i> en <i>Theobroma cacao</i> .....	<a href="#">2840</a>
Tabla 1. Distribución territorial actual del cacao en Cuba ....	<a href="#">¡Error! Marcador no definido.19</a>
Tabla 2. Localización geográfica de las áreas de colecta de Hongos endófitos en Baracoa, Cuba.....	<a href="#">3654</a>
Grafico 1. Distribución de las áreas de cacao en Cuba (ha), hasta febrero de 2008.....	<a href="#">1720</a>
Grafico 2. Porcentaje del área total del cultivo de cacao, hasta febrero de 2008 .....	<a href="#">1820</a>
Grafico 3. Comportamiento anual de la producción de cacao en Baracoa (serie histórica, 1998- 2003). .....	<a href="#">2329</a>
Imagen 1. Morfología de la planta de cacao: 1) Planta, 2) Flor, 3) Fruto, 4) Semilla. Foto 1, tomada en la parcela de Nuevo Ojital, Papantla. Fotos 2, 3 y 4: Tomadas de “Guía Tecnológica del Cultivo del Cacao” (INTA, 2010). .....	<a href="#">2125</a>
Imagen 2. Síntomas de mazorca negra: (A) y (B) mancha chocolate; (C) pudrición del tejido interno y (D) pelusa blanquecina. ....	<a href="#">2739</a>
Imagen 3. Mazorcas de cacao con síntomas de la pudrición negra.....	<a href="#">2946</a>
Imagen 4. Cosecha regular de las mazorcas maduras en una plantación de cacao. ....	<a href="#">¡Error! Marcador no definido.47</a>
Imagen 5. Uso de fungicidas .....	<a href="#">3047</a>