



# Revista de Divulgación Técnica Agrícola y Agroindustrial



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS - UNCa

Revista N° 58

ISSN: 1852 - 7086

Año: 2014

## EL CULTIVO DEL CACAO, ENFERMEDADES, IDENTIFICACIÓN DE HONGOS, MODELADO Y MÉTODOS DE CONTROL

Jaime Alioscha Cuervo-Parra<sup>1\*</sup>, Teresa Romero Cortes<sup>1\*\*</sup>, Pablo A. López Pérez<sup>1\*\*\*</sup>, Mario Ramírez Lepe<sup>2\*\*\*\*</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior de Apan, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Apan-Calpulalpan, Km.8., Chimalpa Tlalayote s/n Colonia Chimalpa, Apan, 43900 Hgo. México.

<sup>2</sup>UNIDA-Instituto Tecnológico de Veracruz, M. A. de Quevedo No. 2779, Colonia Formando Hogar. Veracruz, Ver. 91897. México.

Mail de referencia: <sup>\*</sup>[jalioscha@gmail.com](mailto:jalioscha@gmail.com), <sup>\*\*</sup>[tromerocortes@gmail.com](mailto:tromerocortes@gmail.com), <sup>\*\*\*</sup>[save1991@yahoo.com.mx](mailto:save1991@yahoo.com.mx),

<sup>\*\*\*\*</sup>[mario.ramirez.lepe@gmail.com](mailto:mario.ramirez.lepe@gmail.com)

### Resumen

El cacao es una de las plantas de mayor cultivo y valor comercial, debido a que su fruto es la base del procesamiento industrial para la obtención de diversos productos de confitería, bebidas frías y calientes y de grasas para la industria de los cosméticos y medicina. Sin embargo, en México la producción de cacao se ve diezmada debido a la presencia de hongos fitopatógenos, que afectan y juegan un papel importante en la destrucción de los recursos naturales de importancia para la industria cacaotera. Aunque han sido realizados algunos trabajos sobre la identificación de hongos asociados a este cultivo, estos se han llevado a cabo en otros países, no existiendo por tanto ningún reporte para México. Por lo cual, el realizar un aislamiento e identificación morfológica y molecular de hongos asociados a los frutos de plantas de cacao con síntomas de enfermedad permitirá tener una idea más precisa de qué microorganismos están presentes en las plantaciones de cacao en nuestro país, así como saber cuáles aportan un beneficio y cuales son perjudiciales para el cultivo del cacao.

### 1. INTRODUCCION

#### El cacao

En México la planta de cacao que más se cultiva es la variedad forastero, debido a su mayor resistencia a plagas y enfermedades. Los estados de Tabasco y Chiapas aportan el 95% de la producción nacional y para abaratar costos su cultivo es realizado por familias completas, siendo su única fuente de ingreso. Sin embargo, los cacaoteros carecen de asistencia técnica, capacitación y capital para mejorar sus sembradíos. Por tanto, para sobrevivir hacen uso de sus recursos naturales, herramientas y experiencia. Siendo necesario para el control de enfermedades, que los plantíos de cacao tengan un manejo adecuado con control de malezas, sombra, drenaje y poda.

## Características del cacao

El árbol de cacao puede alcanzar una altura de 6 a 9 m bajo condiciones de cultivo; sin embargo, los árboles que crecen en su hábitat natural alcanzan alturas superiores. El árbol produce las flores directamente sobre el tronco o en las ramas principales, la mayoría de las cuales no son polinizadas. El fruto, conocido como mazorca, generalmente tiene forma de baya, de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro. La pared del fruto es gruesa, dura o suave, lisa o acostillada, de consistencia como el cuero y de color rojo, amarillo, morado o café. El contenido de semillas por fruto varía de 20 a 40 y pueden ser planas o redondeadas, de color blanco, café o morado, de sabor dulce o amargo y están rodeadas de una pulpa aromática que procede de sus tegumentos.

## Valor comercial del cacao

Su importancia radica en que a partir de sus semillas se obtienen licor de cacao, manteca de cacao, pasta de cacao, cacao en polvo y chocolate. A pesar de que el mercado de chocolate es el mayor consumidor de cacao en términos de equivalente en grano, productos intermedios tales como el cacao en polvo y la manteca de cacao son utilizados en diversas áreas.

## Enfermedades del cacao

Las enfermedades se observan principalmente sobre la mazorca de cacao y el daño incide directamente en la calidad de las almendras mediante la infección parcial o total de las mismas, sobre todo en el potencial de la producción nacional. Algunas de las principales enfermedades que causan pérdidas en el cultivo del cacao se muestran en la figura 1. De estas enfermedades la mancha negra es la responsable de la mayoría de las pérdidas económicas a nivel mundial<sup>1</sup>, y en América tropical la moniliasis<sup>2</sup> y la escoba de bruja<sup>3</sup> son las enfermedades responsables de la mayoría de las pérdidas en las plantaciones de cacao.



Moniliasis

Mancha negra

Figura 1. Principales enfermedades que afectan al cultivo de cacao

## Macha negra

Es la enfermedad de mayor importancia económica para la producción de cacao, es causada por diversas especies de hongos del género *Phytophthora*, que produce pérdidas de hasta un 30% a nivel mundial<sup>4</sup>. Se conocen cuatro especies principales que causan la enfermedad, las cuales varían tanto en su agresividad y daño causado al fruto<sup>5</sup>. De estas, *P. megakarya* es la más agresiva ya que puede causar pérdidas en la plantación de entre 60 y 100%<sup>6</sup>. La mancha negra, es una enfermedad que preocupa al productor de cacao por su facilidad de expandirse de una plantación a otra.

## Moniliasis

Es producida por el hongo *Moniliophthora roreri*. Esta enfermedad se originó en Colombia por el año 1800 y paso a Ecuador en 1914<sup>2</sup>. Posteriormente se dispersó a diferentes países como: Perú, Bolivia, Venezuela, Panamá, Costa Rica, Honduras, Guatemala, Belice y México a partir del 2005 (Figura 2).



Figura 2. Ruta de avance de la moniliasis

La enfermedad ataca únicamente los frutos del cacao, variando la severidad del ataque según la zona y época del año. Los síntomas generalmente se presentan a nivel externo, donde ocasionan necrosis, deformación y pudrición. La mazorca se torna de color negro o chocolate y cuando las esporas del hongo germinan, se cubre de un polvo blanco o rosa en unos 8 días. Los frutos atacados con esta enfermedad, tienen sus almendras totalmente destruidas.

## **Escoba de bruja**

Es causada por el hongo *Moniliophthora perniciosa*, es una de las enfermedades más devastadoras de este cultivo<sup>3</sup>, siendo responsable de la mayoría de las pérdidas de las plantaciones de cacao en Sudamérica y el Caribe. La infección se inicia cuando *M. perniciosa* penetra los tejidos de la planta. La respuesta del huésped se localiza en el punto de infección donde se da un considerable alargamiento de tejidos y el desarrollo de brotes laterales verdes con forma de escoba. El hongo permanece en su fase primaria (biotrófico, monocariótico) por algún tiempo dentro de las escobas verdes agrandadas, pero después de 6 a 9 semanas las escobas verdes comienzan a mostrar necrosis.

## **2. DESARROLLO**

### **Métodos de control**

El principal método de control contra los hongos que afectan las plantas de cacao, se basa en el uso de agroquímicos. Estos productos, constituyen un grupo de sustancias altamente tóxicas cuya persistencia en el medio conlleva graves problemas ecológicos como la contaminación de las aguas subterráneas y la entrada en la cadena alimenticia, lo cual tiene un fuerte impacto sobre gran cantidad de organismos, incluyendo en último término a los humanos. Además, el uso continuo de estos productos ha provocado la aparición de microorganismos resistentes a los químicos empleados para su control. Ante esta situación, la tendencia actual es la de reducir el uso de estos compuestos en la agricultura. Un método alternativo al uso de agentes químicos es el denominado control biológico, que se basa en el empleo de agentes de biocontrol para reducir la población de los agentes causantes de las enfermedades o evitar sus efectos.

### **Técnicas de Identificación de hongos**

La identificación de los hongos causantes del deterioro de las mazorcas de cacao es imprescindible, debido a que la presencia de algunas especies puede dar lugar a metabolitos secundarios que modifican las propiedades organolépticas del grano de cacao, y por tanto, es importante disponer de buenos métodos de detección para su control.

Tradicionalmente, los hongos han sido clasificados según sus características morfológicas. Entre los criterios morfológicos, se estudia la reproducción vegetativa, tipo de esporulación, aspecto de colonia, etc. Estas técnicas, son complejas y en algunos casos pueden llevarnos a clasificaciones e identificaciones incorrectas, ya que se basan principalmente en el estudio del fenotipo y éste depende de las condiciones ambientales del desarrollo, lo que puede llevar a resultados confusos.

Actualmente existen varios métodos de identificación empleando técnicas de biología molecular con resultados rápidos, confiables y económicos. Estos métodos se basan esencialmente en el análisis directo del ADN de cada microorganismo aislado. La diferencia entre las propiedades de este ADN es necesaria para

diferenciar grupos y especies con características muy similares aparentemente, pero que ocasionan un daño diferente al fruto de cacao.

Para diferenciar las especies, son importantes los ribosomas de las células eucariotas, que están formados por proteínas y ARN ribosómico (ARNr). Los genes ribosomales, presentan una secuencia bastante conservada; es decir, han cambiado muy poco a través del tiempo al nivel de género y especie, por lo que se trata de análisis genéticos muy útiles para establecer relaciones filogenéticas (Figura 3). La técnica consiste en amplificar estas regiones conservadas por PCR (Polymerase Chain Reaction) y posteriormente secuenciar los fragmentos amplificados.

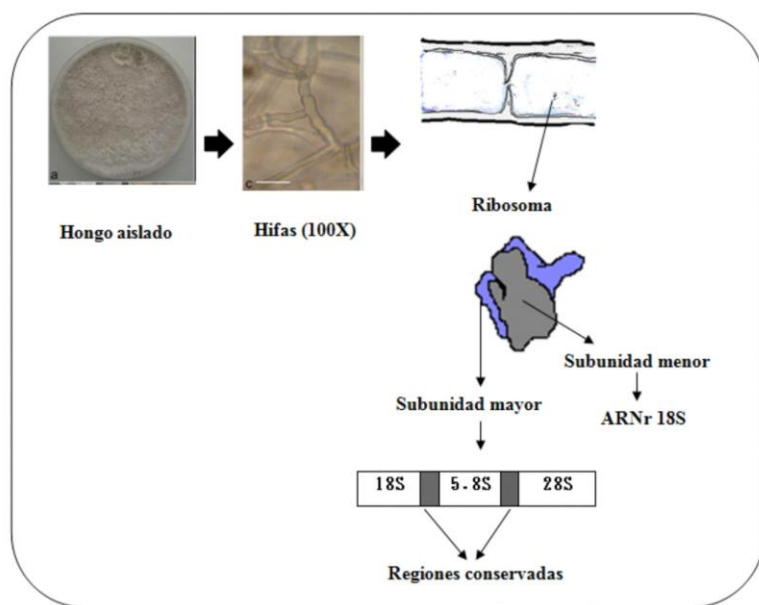


Figura 3. Identificación molecular de hongos

### Microorganismos aislados de mazorcas de cacao

Los hongos causantes de enfermedades como la moniliasis y la mancha negra han sido encontrados en el municipio de Huimanguillo, Tabasco. Sin embargo, como en el país no hay suficiente información de los hongos que se encuentran en las plantaciones de cacao, ha sido interesante identificar molecularmente otros hongos aislados de las mismas mazorcas de cacao. Las especies encontradas como predominantes son *Rhizopus oryzae*, *Moniliophthora roreri*, *Phytophthora megasperma* y *Aspergillus niger*. Además, se confirmó la presencia de otras especies como; *Cochliobolus lunatus*, *C. hawaiiensis*, *Neurospora crassa*, *Fusarium coeruleum*, *F. solani*, *F. verticillioides*, *Phytophthora capsici*, *Corynespora cassicola*, *Penicillium expansum*, *P. chrysogenum*, *Cladosporium cladosporioides*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Bipolaris tetramera*, *Byssochlamys nivea* y *B. spectabilis* (Figura 4).

Con todo lo anterior, se puede observar, la necesidad de hacer ciencia aplicada, que permita trabajar de manera directa con el producto afectado, como el cacao, que es tan importante para México, pero sobre todo para los productores que viven del grano de cacao.

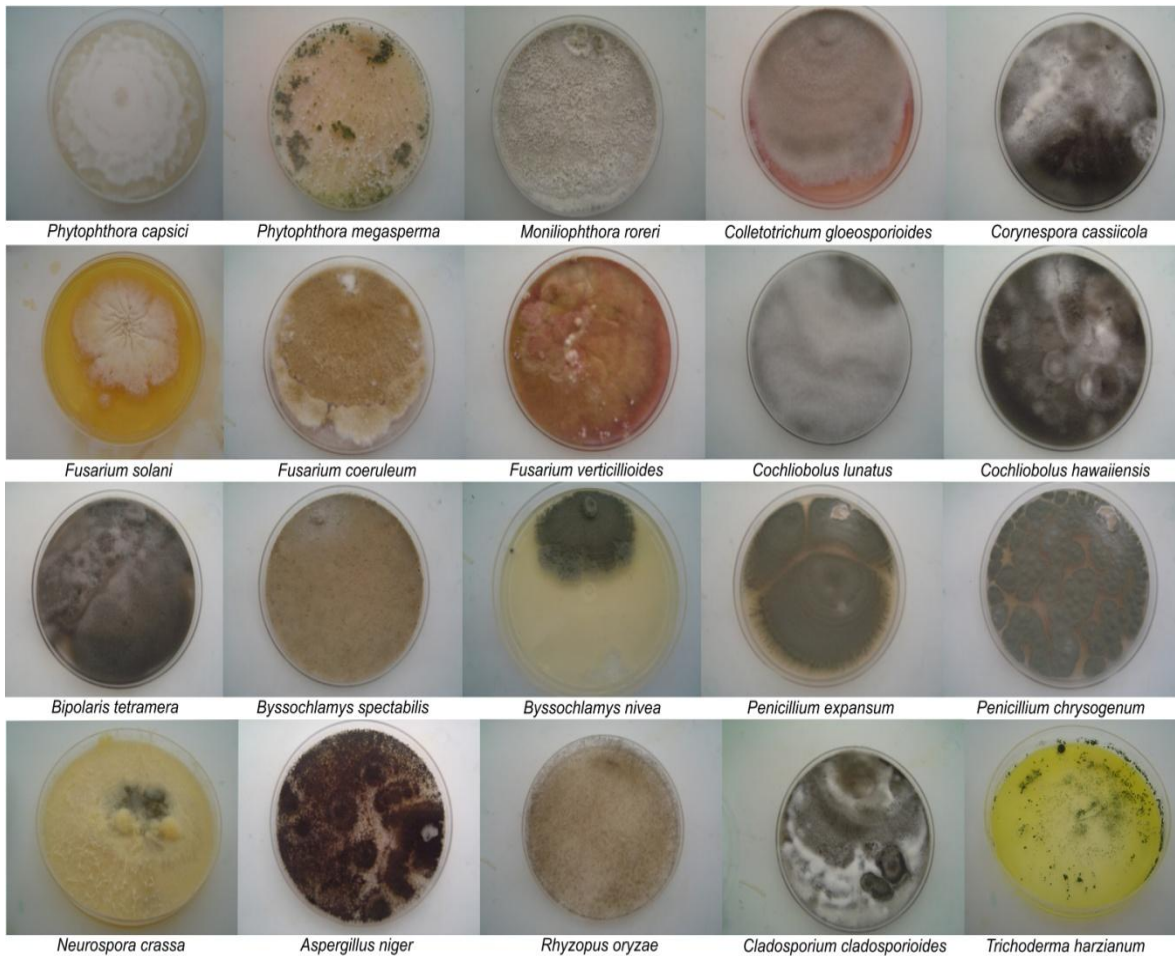


Figura 4. Hongos aislados de frutos de cacao

### Modelos matemáticos y control biológico

Actualmente se ha utilizado un enfoque multidisciplinario con el objetivo de comprender los comportamientos altamente complejos de los sistemas biológicos, principalmente en control biológico, los modelos cinéticos pueden ser de gran utilidad para caracterizar nuevos comportamientos<sup>7</sup>. Bajo este sentido, hay que indicar que los modelos matemáticos aplicados a enemigos naturales, han tenido un dilatado desarrollo en el tiempo, desde los primeros trabajos, fundamentalmente teóricos, hasta los más recientes mucho más aplicados. Así mismo, existen diferentes clasificaciones de los modelos desde su forma de solución hasta la forma de su estructura (sistemas estructurado y no estructurado) es decir a un

nivel macro o micro. Algunos modelos de literatura para este tipo de sistema de control biológico son: el modelo de *Lotka- Volterra* para el sistema presa – depredador<sup>8</sup> y para el caso de huésped-parasitoide uno de los modelos más clásicos y utilizados es el de Nicholson y Bailey<sup>8</sup>, los modelos anteriores, por una parte, recogen las características biológicas (tiempos de desarrollo, longevidades y fecundidades de adultos), tanto de la especie plaga como del enemigo natural. Por otra parte, a partir de ellos, se puede implementar nuevas características como el tiempo fisiológico, estructura de edad de la plaga, estados atacados por éste, régimen omnívoro del mismo, competencia, etc., para representar un caso más real.

#### **Huésped-parasitoide:**

$$\frac{dH}{dt} = k_1 H e^{-\beta P} \quad (1)$$

$$\frac{dP}{dt} = H [1 - e^{-\beta P}] \quad (2)$$

Dónde:

$H, P$ , son la densidad del huésped.

$k_1$  la tasa de crecimiento de la población de la plaga, sin el efecto del parásito.

$\beta$  Constante del modelo (búsqueda del parásito)

#### **Conclusión**

La utilización de métodos confiables para la identificación de cepas fitopatógenas y el conocimiento sobre la ruta en la que se han dispersado las enfermedades del cacao en Latinoamérica son fundamentales para poder implementar estrategias de prevención y control contra los agentes fitopatógenos que afectan los cultivos de la planta.

---

#### **REFERENCIAS**

1. **Djiekpor, E. K., Goka, K., Lucas, P., y Partiot, M.** 1981. Brown rot of cocoa pod due to *Phytophthora* species in Togo, evaluation and control strategy. *Café Cacao Thé*. 25: 263-268.
2. **Phillips, M. W.** 2003. Origin, biogeography, generic diversity and taxonomic affinities of the cacao (*Theobroma cacao*) fungus *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans et al, as determined using molecular, phytopathological and morphophysiological evidence. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy. Department of Agricultural Botany, School of Plant Sciences. The University of Reading, RG6 6AS, UK.
3. **Griffiths, G. W., y Hedger, J. N.** 1994. The breeding biology of biotypes of the witches' broom pathogen of cocoa *Crinipellis pernicioso*. *Heredity*. 2: 278-289.

4. **McMahon, P., y Purwantara, A.** 2004. Diversity and management of cocoa in Asia: *Phytophthora* on cocoa. In Diversity and Management of *Phytophthora* in Southeast Asia. Drenth, A.; Guest, D. I. (Editors). Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR). Monograph, 114. Canberra, AU. p. 104-115.
5. **Appiah, A. A., Flood, J., Archer, S. A., y Bridge, P. H.** 2004. Molecular analysis of the major *Phytophthora* species on cocoa. *Plant Pathology*. 53: 209-219.
6. **Dakwa, J. T.** 1988. Changes in the periods for attaining the cocoa black pod disease infection peaks in Ghana. In: *Proceedings of the 10th International Cocoa Research Conference, Santo Domingo, Dominican Republic*. Lagos, Nigeria: Cocoa Producers" Alliance. 427-36.
7. **Aguilar-López R., Mata-Machuca J., Martínez-Guerra R., y López-Pérez, P. A.** 2009. Uniformly bounded error estimator for bioprocess with unstructured cell growth models. *Chemical Product and Process Modeling*. 4
8. **Hawkins, B.A., Cornell, H.V.,** 2004. Theoretical approaches to biological control. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 412.



## Secretaría de Investigación y Vinculación Tecnológica

Av. Belgrano y Mtro. Quiroga s/n - Campus Universitario  
San Fernando del V. de Catamarca - Argentina  
TE: 03834 – 430504 /03834 – 435955- int 101  
Editor responsable: Ing. Juan Ramón SEQUI  
Email: sivitecfca@gmail.com