

Directrices Técnicas para el Movimiento Seguro del Germoplasma de Cacao

Versión revisada de las Directrices Técnicas de FAO/IPGRI No. 20
(Tercera Actualización, Octubre de 2017)

Michelle J End, Andrew J Daymond and Paul Hadley, editores



CacaoNet es una red internacional de recursos genéticos del cacao, coordinada por Bioversity International. Tanto el comité directivo como los grupos de trabajo de la red están conformados por representantes de organizaciones que apoyan la investigación en cacao. CacaoNet busca optimizar la conservación y el uso de los recursos genéticos del cacao, para lograr una economía sostenible del cultivo (desde los productores hasta los consumidores, a través de la investigación), mediante la coordinación y el fortalecimiento de los esfuerzos de investigación de una red mundial de socios de los sectores público y privado. www.cacaonet.org

Bioversity International es una organización internacional de investigación para el desarrollo, en cuya visión la biodiversidad agrícola alimenta las comunidades y sustenta el planeta.

Bioversity International genera evidencia científica, prácticas de manejo y opciones de política que permitan salvaguardar y utilizar la biodiversidad agrícola y forestal del mundo, para alcanzar y mantener la seguridad alimentaria y nutricional. Trabajamos con socios de países de bajos ingresos, en regiones donde la biodiversidad agrícola y forestal pueden mejorar la nutrición, la resiliencia, la productividad y la adaptación al cambio climático.

Bioversity International es un Centro de Investigación del CGIAR, una alianza mundial de investigación agrícola para un futuro sin hambre.

www.bioversityinternational.org

Citación: End MJ, Daymond AJ, Hadley P, editores. 2017. Directrices técnicas para el movimiento seguro del germoplasma del cacao. Versión revisada de las Directrices técnicas de FAO/IPGRI No. 20 (Tercera actualización, Octubre de 2017). Global Cacao Genetic Resources Network (CacaoNet), Bioversity International, Roma, Italia.

ISBN 978-92-9255-081-3

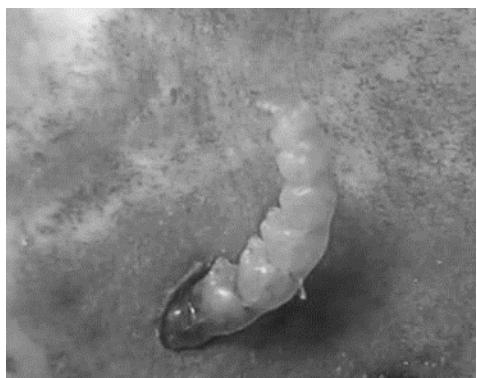
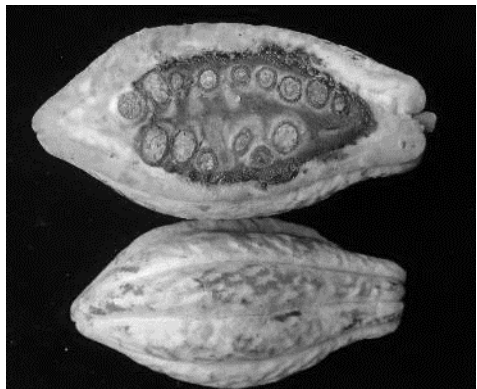
© Bioversity International 2017

Bioversity International HQ
Via dei Tre Denari 472/a
00057 Maccarese (Fiumicino)
Roma, Italia

Directrices Técnicas para el Movimiento Seguro del Germoplasma de Cacao

Versión Revisada de las Directrices Técnicas de FAO/IPGRI No. 20
(Tercera Actualización, Octubre de 2017)

Michelle J End, Andrew J Daymond and Paul Hadley, editores



Reconocimientos

CacaoNet desea agradecer a todos los que contribuyeron a la revisión de las Directrices técnicas para el movimiento seguro del germoplasma del cacao, así como a aquellos que contribuyeron a las primeras directrices FAO IPGRI No. 20, en las que está basada esta revisión (ver Sección 2 para más detalles). Estamos en deuda con aquellos que han escrito o revisado las secciones sobre enfermedades y plagas específicas, y también agradecemos a los miembros del Grupo de Trabajo Safe Movement de CacaoNet que proporcionaron información adicional así como comentarios y sugerencias para mejorar estas directrices. Agradecemos también las muchas instituciones y organizaciones que han permitido a su personal contribuir al Grupo de Trabajo Safe Movement de CacaoNet, particularmente COPAL que creó las oportunidades y sirvió de marco para que el grupo de trabajo pueda reunirse. La publicación de estas directrices fue financiada gracias al apoyo financiero y en especie de Bioversity International, del Programa de Investigación del CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería (CRP-FTA), de la Cocoa Research Association Ltd [CRA Ltd, una organización con sede en el Reino Unido responsable de la gestión de la Investigación del Cacao en nombre de Mars, y Mondelēz International y el London Cocoa Trade (ICE Futures Europe)] y la Universidad de Reading. CacaoNet recibió apoyo financiero adicional de Mars, el Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA/ARS) y la World Cocoa Foundation (WCF).

El Secretaría CacaoNet, hospedado por Bioversity International, es responsable de la coordinación y del apoyo administrativo de la red. Jan Engels fue el Coordinador de CacaoNet desde su inicio en 2006 hasta 2010 cuando Stephan Weise le sucedió en este papel. Brigitte Laliberté se ha desempeñado como Asesora Científica de CacaoNet desde 2010.

La concepción, diagramación y edición técnica de este folleto fueron realizadas por Claudine Picq, Bioversity International; la traducción al español fue proporcionada por Lynn Menendez.

Descarga de responsabilidad

Aunque CacaoNet, Bioversity International y los autores de esta publicación han hecho su mejor esfuerzo para garantizar la exactitud de la información que aquí se presenta, no se hacen responsables por las consecuencias del uso que se le da a esta información. Las opiniones expresadas aquí son las de los autores y no necesariamente coinciden con las de sus instituciones o patrocinadores.

Tabla de contenido

1. Introducción	3
2. Colaboradores de esta versión actualizada	6
2.1 Colaboradores de las Directrices Técnicas de FAO/IPGRI No. 20 y versiones anteriores de este documento	8
2.2 Coordinación CacaoNet	8
3. Estaciones de cuarentena intermedia y regional	9
3.1 Estaciones de cuarentena intermedia	9
3.2 Estaciones de cuarentena regional (posentrada)	10
4. Recomendaciones generales	11
5. Opciones para el movimiento de germoplasma de cacao en relación con el riesgo de movilizar plagas	12
5.1 Semilla	12
5.2 Esquejes	12
5.3 Plantas enteras	13
5.4 Material <i>in vitro</i>	14
5.5 Polen y flores abiertas	14
5.6 Yemas florales	14
6. Resumen del riesgo de plagas	15
Descripción de plagas del cacao	21
7. Enfermedades virales	21
7.1 Virus de la necrosis del cacao (<i>Cacao necrosis virus</i> , CNV): género <i>Nepovirus</i>	21
7.2 Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (<i>Cacao swollen shoot virus</i> , CSSV): género <i>Badnavirus</i>	22
7.3 Virus del mosaico amarillo del cacao (<i>Cacao yellow mosaic virus</i> , CYMV): género <i>Tymovirus</i>	26
7.4 Otras enfermedades similares a virus	26
8. Enfermedades fúngicas y oomicetos	28
8.1 Enfermedad de la escoba de bruja	28
8.2 Moniliasis	31
8.3 Mazorca negra o fitóftora (<i>Phytophthora</i> spp.)	34
8.4 Muerte descendente por rayado vascular (Vascular Streak Dieback, VSD)	40
8.5 Marchitamiento por <i>Verticillium</i> en cacao	49
8.6 Marchitez por <i>Ceratocystis</i> o mal de machete en cacao	56
8.7 Pudrición radical por <i>Rosellinia</i>	62
9. Insectos plaga	67
9.1 Recomendaciones generales de cuarentena para insectos plaga	67
9.2 Barrenador de la mazorca de cacao (CPB)	68
9.3 Miridos y otros insectos heterópteros chupadores	72
9.4 Mosquito del cacao	75

2	Directrices técnicas para el movimiento seguro del germoplasma del cacao	
9.5	Chinches harinosos y otros insectos.....	78
10	Nematodos fitoparásitos	82

1. Introducción

Estas directrices describen procedimientos técnicos para minimizar el riesgo de introducir plagas asociadas al movimiento de germoplasma utilizado en investigación, mejoramiento del cultivo, fitomejoramiento, exploración o conservación. Es importante recalcar que estas directrices no están destinadas para el comercio ni para envíos comerciales relativos a la exportación e importación de germoplasma o cacao en grano.

La recolección, conservación y utilización de los recursos fitogenéticos y su distribución mundial son componentes esenciales de las actividades de investigación que sustentan la implementación de los programas de mejoramiento de cultivos y de especies arbóreas a nivel internacional.

Inevitablemente, el movimiento de germoplasma involucra un riesgo de introducir accidentalmente plagas vegetales¹ junto con la planta hospedante. Patógenos que a menudo son asintomáticos, como los virus, plantean un riesgo particularmente especial. Para minimizar estos riesgos se requieren de medidas preventivas y procedimientos eficaces de evaluación que aseguren que el material distribuido está libre de plagas de importancia fitosanitaria.

El movimiento internacional e interregional de germoplasma vegetal para investigación (incluyendo biotecnología vegetal), conservación y fitomejoramiento básico requiere de información completa y actualizada sobre el estado fitosanitario del germoplasma vegetal. Además, es esencial contar con información actualizada sobre la reglamentación nacional que rige la exportación e importación de germoplasma vegetal en los respectivos países.

Las recomendaciones presentadas aquí están orientadas a los envíos pequeños y especializados realizados por los programas de investigación, por ejemplo, para la recolección, conservación y utilización de germoplasma en mejoramiento genético. Cuando se recolecta y transporta germoplasma, deben considerarse medidas fitosanitarias estándares, por ejemplo la evaluación del riesgo de plagas (FAO 2016).

El Grupo de Trabajo sobre Movimiento Seguro de la Red Global de Recursos Genéticos del Cacao (CacaoNet)² fue responsable de revisar las directrices técnicas para este cultivo. Los aportes de los expertos en plagas del cacao a estas directrices técnicas se hicieron a título personal, y no representan ni comprometen a las

¹ En este documento la palabra 'plaga' se usa tal como se define en el Glosario de Términos Fitosanitarios de la FAO (2016): 'Cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para plantas o productos vegetales'.

² CacaoNet (www.cacaonet.org) es una red internacional para recursos genéticos del cacao coordinada por Bioversity International con un comité directivo y grupos de trabajo compuestos por representantes de diversos institutos de investigación en cacao y organizaciones que apoyan la investigación en este cultivo.

organizaciones para las cuales trabajan. Las directrices buscan proporcionar la mejor información fitosanitaria a las instituciones involucradas en el intercambio de germoplasma vegetal en pequeña escala para fines de investigación. No se podrá responsabilizar a Bioversity ni a los expertos colaboradores por cualquier problema que pueda surgir del uso de la información contenida en estas directrices técnicas, las cuales reflejan el consenso y conocimiento de los especialistas que han colaborado con esta revisión. Es necesario que la información proporcionada se actualice de manera regular. En esta publicación se enumeran los expertos que colaboraron en la preparación de estas directrices técnicas. Toda correspondencia relacionada con esta publicación debe dirigirse a Bioversity International.

Las directrices están redactadas de manera concisa para que el documento final sea lo más corto posible y así facilitar su actualización. También se dan sugerencias de lecturas adicionales, además de las referencias específicas citadas en el texto (principalmente en relación con distribución geográfica, medios utilizados y otra información específica).

Las directrices se dividen en dos partes:

- En la primera parte se hacen recomendaciones generales y técnicas sobre procedimientos seguros para movilizar germoplasma de cacao y, cuando es pertinente, se mencionan las estaciones de cuarentena intermedia disponibles.
- La segunda parte abarca las plagas de interés fitosanitario para el movimiento internacional o regional de este cultivo. La información proporcionada sobre una plaga particular no es exhaustiva sino que se enfoca en aquellos aspectos que son más pertinentes para el movimiento seguro de germoplasma. Dado que la erradicación de patógenos de una región o país es extremadamente difícil, y hasta niveles bajos de infección o infestación pueden resultar en la introducción de patógenos a nuevas áreas, en las descripciones de las plagas no se da información específica sobre tratamientos de manejo. Un análisis del riesgo de plagas (ARP) generará información sobre cuáles son las opciones de manejo apropiadas en cada caso.

En la sección de Recomendaciones Generales se dan medidas de precaución generales.

Actualización de las directrices

Para garantizar su utilidad, las directrices deben actualizarse cuando sea necesario. Solicitamos a nuestros lectores informarnos sobre cualquier evento que haga necesaria la revisión de las directrices, por ejemplo nuevos registros, métodos de detección o métodos de control.

Referencias

FAO. 2016. Glossary of Phytosanitary Terms. ISPM No. 5 (2016) in International Standards for Phytosanitary Measures. FAO, Rome. Accesible desde la URL:

<https://www.ippc.int/en/core-activities/standards-setting/ispms/>

IPPC. 2016. Framework for pest risk analysis. Secretariat of the International Plant Protection Convention. Accesible desde la URL:

https://www.ippc.int/static/media/files/publication/en/2016/01/ISPM_02_2007_En_2015-12-22_PostCPM10_InkAmReformatted.pdf

2. Colaboradores de esta versión actualizada

Dr MLV de Resende,
AA de Paiva Custódio, FCL de Medeiros
Universidade Federal de Lavras,
Minas Gerais, CEP 3829-1122
BRASIL
mlucio@ufla.br

Dr NGR Braz,
UESC,
Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 16,
Bahia, BRASIL

Dr KP Gramacho
CEPLAC/CEPEC/SEFIT,
Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 22,
Itabuna, Bahia,
BRASIL
karina@cepec.gov.br

Dr S Nyassé
anteriormente de IRAD
Nkolbisson Centre
BP 2123,
Yaoundé
CAMERÚN
nyasse@iccnnet.cm

Dr F Aranzazu, Ing. Darwin H. Martinez Botello
Fedecacao – Research Department
Cra 23 No. 36-16 Oficina 203,
Bucaramanga, Santander,
COLOMBIA
fabioaranzazu@hotmail.com

Dr W Phillips-Mora
Department of Agriculture and Agroforestry
CATIE 7170
Turrialba
COSTA RICA
wphillip@catie.ac.cr

Dr C Suarez-Capello (formerly of INIAP)
Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ)
Vía a Santo Domingo, km 1, Quevedo
ECUADOR
csuarez@uteq.edu.ec

Dr M Ducamp, Dr P Lachenaud
CIRAD-BIOS, UPR 106
F-34398 Montpellier Cedex 5
FRANCE

michel.ducamp@cirad.fr
philippe.lachenaud@cirad.fr

Dr GM ten Hoopen
CIRAD, UPR Bioagresseurs, F-34398
Montpellier, France.
Bioagresseurs, Univ Montpellier, CIRAD,
Montpellier, France.
c/o Cocoa Research Centre,
University of the West Indies,
St Augustine,
TRINIDAD Y TOBAGO
tenhoopen@cirad.fr

Dr J-M Thevenin
CIRAD-BIOS, UPR 106,
BP 701, 97387 Kourou Cedex,
GUAYANA FRANCESA
jean-marc.thevenin@cirad.fr

Dr H Dzahini-Obiatey, Dr O. Domfeh and Dr G
Ameyaw
Cocoa Research Institute of Ghana
PO Box 8
New Tafo, GHANA
crigmailorg@yahoo.com

Dr Azhar,
Dr B Saripah, Dr A Alias
Malaysian Cocoa Board,
Locked Bag 211,
88999 Kota Kinabalu,
Sabah, MALASIA
aliasawang@koko.gov.my

Dr M Canto-Saenz
Universidad Nacional Agraria la Molina,
Lima,
PERÚ
mcanto@lamolina.edu.pe

Dr E Arevalo-Gardini, Dr BL Ttacca
Instituto de Cultivos Tropicales,
Tarapoto,
PERÚ
e.arevalo.ict@terra.com.pe

Dr. AC Wetten
Department of Applied Sciences,
University of the West of England, Coldharbour
Lane, Bristol, BS16 1QY

REINO UNIDO

Andy.Wetten@uwe.ac.uk

Dr VC Baligar
USDA-ARS. Beltsville,
Maryland,
ESTADOS UNIDOS

V.C.Baligar@ars.usda.gov

Dr J Flood
CABI BioScience
Bakeham Lane, Egham,
Surrey TW20 9TY
REINO UNIDO

j.flood@cabi.org

Dr MJ End
Cocoa Research Association Ltd.
REINO UNIDO

michelle.end@cocoaresearch.org.uk

Dr S Surujdeo-Maharaj anteriormente de, & Dr.
TN Sreenivasan and R. Umaharan of
Cocoa Research Centre

The University of the West Indies
St. Augustine

TRINIDAD Y TOBAGO

Pathmanathan.Umaharan@sta.uwi.edu

Dr C Campbell
480 London Road,
Ditton, Aylesford,
Kent, ME20 6BZ,
REINO UNIDO

cam_campbell@tiscali.co.uk

Prof. P Hadley, Dr AJ Daymond,
School of Agriculture,
Policy and Development
The University of Reading
Reading RG6 6AR

REINO UNIDO

a.j.daymond@reading.ac.uk

2.1 Colaboradores de las Directrices Técnicas de FAO/IPGRI No. 20 y versiones anteriores de este documento

Dr Y Adu-Ampomah, Dr Amponsah, Mrs F Bekele, Dr JCM Cascardo, Dr M Diekmann, Dr EK Djiekpor, Dr J Engels, Dr AB Eskes, Dr JJ Galindo, Dr J Hughes d'A, Dr AD Iwaro, Dr AJ Kennedy, Dr DC Nowell, Dr A Posnette, Dr C Prior, Dr LH Purdy, Dr CP Romaine, Dr RJ Schnell, Dr JM Thresh, Prof G Varghese

2.2 Coordinación CacaoNet

Coordinación global

Bioversity International HQ
Via dei Tre Denari 472/a
00057 Maccarese (Fiumicino)
Roma
Italia
Correo electrónico:
cacaonet.secretariat@gmail.com

Coordinador: Stephan Weise

Correo electrónico: s.weise@cgiar.org

Asesora científica: Brigitte Laliberté

Correo electrónico: brig.lalib@gmail.com

Grupo de trabajo CacaoNet Safe Movement

Coordinador: Mr RA Lass MBE

Cocoa Research Association Ltd
Reino Unido
Correo electrónico:
safemovementWG@cocoaresearch.org.uk

3. Estaciones de cuarentena intermedia y regional

3.1 Estaciones de cuarentena intermedia

La función de las estaciones de cuarentena intermedia es prevenir la propagación de plagas y enfermedades al movilizar material de siembra de una región a otra, sometándolo a un proceso de cuarentena en un país donde no se cultiva cacao y, minimizando de esta forma, el riesgo de ingreso de la plaga o patógeno al sistema. La cuarentena intermedia es especialmente importante cuando se moviliza material vegetal como esquejes, puesto que dicho material tiene el potencial para hospedar diferentes virus latentes.

Las siguientes estaciones de cuarentena intermedia están en funcionamiento:

International Cocoa Quarantine Centre (ICQC, R) School of Agriculture, Policy & Development University of Reading
Reading
PO Box 237
Reading RG6 6AR
REINO UNIDO
Correo electrónico: a.j.daymond@reading.ac.uk
Tel.: +44 118 378 6628/ 44 118 9760355

USDA
Subtropical Horticulture Research Station 13601 Old Cutler Road
Miami, Florida 33158
ESTADOS UNIDOS
Correo electrónico: Osman.Gutierrez@ars.usda.gov

3.2 Estaciones de cuarentena regional (posentrada)

Existen estaciones de cuarentena posentrada en algunos países productores de cacao y éstas se usan principalmente para material recién importado en el país en cuestión. La duración de la cuarentena posentrada puede variar desde seis meses hasta dos años. En algunos casos, también se usan los establecimientos posentrada para el movimiento de germoplasma dentro del mismo país.

Las siguientes estaciones de cuarentena posentrada para el cacao están en funcionamiento:

Pusat Penyelidikan dan Pembangunan Koko Hilir Perak (Cocoa Research and Development Centre of Hilir Perak) Lembaga Koko Malaysia (Malaysian Cocoa Board)
Peti Surat 30 (PO Box 30),
Jalan Sungai Dulang
36307 Sungai Sumun, Perak,
MALASIA
Contacto: Nuraziawati bt. Mat Yazik
Correo electrónico: nura@koko.gov.my

4. Recomendaciones generales

Las siguientes recomendaciones son generales ya que en secciones subsiguientes se dan directrices específicas en relación con plagas y enfermedades concretas:

- El análisis del riesgo de plagas debe preceder el movimiento de germoplasma (véase también las secciones sobre plagas individuales). El germoplasma debe obtenerse de la fuente más segura posible, por ejemplo, de una colección de cuarentena intermedia que ha sido probada para la detección de patógenos.
- NO se recomienda el envío de mazorcas enteras.
- El movimiento de plantas enteras en suelo, o incluso plantas con las raíces desnudas, conlleva un riesgo muy alto de transferir organismos transmitidos por el suelo y plagas asociadas con las raíces y partes aéreas de la planta. Por tanto, debe ejercerse extrema caución cuando se considera movilizar plantas enteras, y NO se recomienda el traslado de germoplasma entre regiones como plantas enteras a menos que el material puede trasladarse por medio de una estación de cuarentena.
- Cuando se transfiere material como semilla, es preferible usar un material de empaque inorgánico estéril como vermiculita o perlita que un material orgánico como aserrín. Se debe incinerar el material de empaque usado o someterlo a un proceso de autoclavado antes de desecharlo.
- En general, la transferencia de esquejes de una región a otra debe hacerse a través de una estación de cuarentena.
- Los esquejes para intercambio internacional deben tratarse con una mezcla apropiada de fungicida/plaguicida en aquellos casos en que el certificado de importación del país receptor así lo especifique.
- Después de injertar el esqueje en el país receptor, se debe incinerar cualquier material vegetal de desecho o someterlo a un proceso de autoclavado antes de desecharlo.
- La transferencia de germoplasma debe hacerse en consulta con las autoridades fitosanitarias pertinentes tanto de los países importadores como de los exportadores. Deben seguirse las normas internacionales para medidas fitosanitarias como las publicadas por la Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) (<https://www.ippc.int/>).
- De conformidad con las regulaciones de la CIPF, cualquier material que está siendo transferido internacionalmente debe ir acompañado de un certificado fitosanitario.

5. Opciones para el movimiento de germoplasma de cacao en relación con el riesgo de movilizar plagas

5.1 Semilla

Esta es la manera más segura de movilizar germoplasma de cacao. Sin embargo, se debe tener cuidado de asegurar que solamente se seleccionen mazorcas sanas y se apliquen tratamientos fungicidas apropiados para evitar contaminación concomitante. Se debe tener en cuenta que algunas plagas pueden ser transmitidas por la semilla (Cuadro 5.1).

Cuadro 5.1. Patógenos transmitidos por la semilla en cacao.

Patógeno	Enfermedades	Transmitidos internamente en la semilla	Transmitidos externamente en la semilla	Contaminación concomitante
Virus de la necrosis del cacao	Necrosis del cacao	Hay registros en otras especies, pero no en cacao	No es posible	No es posible
<i>Moniliophthora perniciosa</i>	Escoba de bruja	Hay registros	Posible	Posible
<i>Moniliophthora roreri</i>	Moniliasis	Ninguna infección natural de semillas	Posible	Posible
<i>Phytophthora spp.</i>	Mazorca negra	Hay registros	Posible	Improbable
<i>Ceratobasidium theobromae</i>	Muerte descendente por rayado vascular	No hay registros	Posible	Improbable

5.2 Esquejes

El movimiento de germoplasma de cacao se hace en la forma de esquejes cuando el receptor requiere una copia genéticamente idéntica de un genotipo particular (por ejemplo, si el genotipo en cuestión tiene rasgos particulares que son útiles para fines de mejoramiento).

Puesto que los esquejes pueden estar infectados por diversos tipos de virus, por ejemplo, el virus de la hinchazón del brote del cacao, (CSSV por sus siglas en inglés), solamente se deben movilizar los esquejes a través de una estación de cuarentena intermedia donde se realizan procesos de detección de virus.

El proceso de detección de virus que actualmente se recomienda es el siguiente (véase también Thresh 1960):

1. Los esquejes se toman de una planta determinada en cuarentena y se injertan las yemas en plántulas de cacao variedad Amelonado, las cuales muestran síntomas visibles cuando son infectadas por virus como el CSSV. La recomendación es que al menos tres plántulas por planta probada tengan éxito en presentar brotes.
2. Una vez la yema haya formado una unión con la plántula, deben inspeccionarse semanalmente, durante un período de dos años, las hojas y tallos que emergen de tanto la planta madre como el injerto de estas plantas de prueba para detectar síntomas foliares e hinchazones características (véase las secciones individuales sobre virus del cacao).
3. Si se observan síntomas de virus entonces deben destruirse tanto las plantas de prueba como la planta madre mediante incineración o autoclavado.

Mientras que continúa mejorando la eficacia del seguimiento molecular para virus como el CSSV, hasta la fecha no se ha producido una técnica de detección que sea independiente de los aislamientos, por lo que todavía se recomienda la indexación visual en combinación con la selección basada en la reacción en cadena de la polimerasa (RCP).

Otras plagas que pueden ser transferidas mediante esquejes incluyen insectos, tales como los chinches harinosos y los hongos sistémicos (por ejemplo, *Ceratobasidium theobromae*).

Cuando se corten los esquejes, es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones generales:

1. El material debe tomarse de plantas que no muestran señales visibles de actividad de plagas o enfermedades.
2. Entre cortes, deben esterilizarse los instrumentos de corte (usar, por ejemplo, etanol al 70%).

5.3 Plantas enteras

El movimiento de plantas enteras en suelo, o incluso plantas con las raíces desnudas, conlleva un riesgo muy alto de transferir organismos transmitidos por el suelo y plagas asociadas con las raíces y partes aéreas de la planta. Por tanto, debe ejercerse extrema caución cuando se considera movilizar plantas enteras, y NO se recomienda el traslado de germoplasma entre regiones como plantas enteras a menos que el material puede trasladarse por medio de una estación de cuarentena.

La entidad exportadora deberá elevar el material vegetal en una jaula a prueba de insectos y utilizar un medio inerte, como la perlita, para minimizar las probabilidades de transferir organismos del suelo. Se recomienda que el material sea tratado con un plaguicida apropiado antes de moverse.

La estación de cuarentena receptora debe mantener las plantas en un área separada a prueba de insectos durante un período de tres meses. Durante este período, deben hacerse inspecciones diarias para detectar insectos plaga. Si una planta resulta estar infectada con una plaga debe destruirse mediante incineración o proceso de autoclavado.

5.4 Material *in vitro*

El material *in vitro* debe ser despachado en contenedores transparentes sellados con medios estériles. El material debe inspeccionarse antes de despacharse y de inmediato al llegar a su destino. Lo ideal es que el material *in vitro* sea indexado en una estación de cuarentena para detectar la presencia de patógenos sistémicos. Debe destruirse todo material infectado o contaminado.

5.5 Polen y flores abiertas

NO se recomienda el movimiento de polen fuera de áreas en las cuales hay presencia de *Moniliophthora* debido a la posible contaminación de muestras de polen con esporas fúngicas.

Cuando se moviliza polen de otras regiones, éste debe ser examinado al microscopio de luz para detectar la presencia de plagas visibles. Debe desecharse la totalidad del polen contaminado.

5.6 Yemas florales

Las yemas florales pueden transferirse para ser usadas en el cultivo de tejidos. Éstas deben ser esterilizadas superficialmente antes de su envío.

5.7 Referencia

Thresh JM. 1960. Disposiciones de cuarentena para interceptar el material cacaotero infectado por los virus de África Occidental (Quarantine arrangements for intercepting cocoa material infected with West African viruses). Boletín Fitosanitario de la FAO 8(8):89–92.

6. Resumen del riesgo de plagas

Cuadro 6.1 Resumen de las principales plagas del cacao, su distribución y el nivel de precaución que se requiere cuando se exportan partes de la planta

Plaga	Distribución geográfica	Precauciones especiales
7.1 Virus de la necrosis del cacao (<i>Cacao necrosis virus</i> , CNV) Género <i>Nepovirus</i>	Ghana, Nigeria	Mazorca: Riesgo potencial Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Alto riesgo
7.2 Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (<i>Cacao swollen shoot virus</i> , CSSV)	Benín, Côte d'Ivoire, Ghana, Liberia, Nigeria, Sierra Leona, Togo Registros también en Sri Lanka	Cuarentena aconsejable Ver: 5.2 Esquejes
7.3 Virus del mosaico amarillo del cacao (CYMV)	Sierra Leona	FACTOR ESPECIAL DE RIESGO: INFECCIÓN LATENTE HASTA POR DOS AÑOS
7.4 Virus del mosaico leve del cacao y virus del anillado amarillo de las nervaduras del cacao	Ocurrencias aisladas en Trinidad	Esquejes: riesgo potencial de virus cuya distribución sea bastante localizada
8.1 Enfermedad de la escoba de bruja (<i>Moniliophthora perniciosa</i>)	Brasil (Bahía, Espírito Santo, regiones amazónicas), Bolivia, Colombia, Ecuador, Granada, Guayana Francesa, Guayana, Panamá, Perú, San Vicente, Santa Lucía, Suriname, Trinidad y Tobago, Venezuela	Mazorca entera: Alto riesgo, no se recomienda Semilla: Riesgo moderado Esqueje: Riesgo moderado
8.2 Moniliasis (<i>Moniliophthora roreri</i>)	Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, Méjico, Nicaragua, Panamá, Perú, occidente de Venezuela	Mazorca: Alto riesgo, no se recomienda Semilla: Riesgo moderado Esqueje: Riesgo moderado Se recomienda cuarentena FACTOR DE RIESGO ESPECIAL: ESPORAS DE LARGA VIDA Ver: 8.2.6 Medidas de cuarentena
8.3 <i>Phytophthora</i> Nota: las especies de <i>Phytophthora</i> están muy extendidas y, a veces, son difíciles de distinguir <i>P. palmivora</i> (syn. <i>P. arecae</i>)	La mayoría de los países productores de cacao en todo el mundo	Mazorca entera: Alto riesgo, no se recomienda Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Alto riesgo Se recomienda cuarentena intermedia FACTOR DE RIESGO ESPECIAL: PRESENCIA EN EL SUELO
<i>P. megakarya</i>	Bioko (Fernando Pó), Camerún, Côte d'Ivoire, Gabón, Ghana, Nigeria, Santo Tomé y Príncipe, Togo	

Cuadro 6.1 Resumen de las principales plagas del cacao, su distribución (continuación)

Plaga	Distribución geográfica	Precauciones especiales
8.3 <i>Phytophthora</i> (cont'n) <i>P. capsici</i> / <i>P. tropicalis</i>	Brasil, Camerún, Costa Rica, Côte d'Ivoire, República Dominicana, El Salvador, Guayana Francesa, Guatemala, India, Indonesia, Jamaica, Méjico, Panamá, Perú, Trinidad, Venezuela	Mazorca entera: Alto riesgo, no se recomienda Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Alto riesgo Se recomienda cuarentena intermedia FACTOR DE RIESGO ESPECIAL: PRESENCIA EN EL SUELO Ver: 8.3.6 Medidas de cuarentena
<i>P. citrophthora</i>	Brasil, Cuba, Malasia, India, Méjico, Filipinas	
<i>P. hevea</i>	Brasil, Camerún, Cuba, India, Malasia, Méjico, Filipinas	
<i>P. megasperma</i>	Brasil, Cuba, India, Malasia, Venezuela, Filipinas	
<i>P. nicotianae</i> var. <i>parasitica</i>	Brasil, Cuba, India, Malasia, Filipinas	
8.4 Muerte descendente por rayado vascular (VSD, <i>Ceratobasidium theobromae</i>)	La mayoría de las regiones cacaoteras del sur y sudeste de Asia: China (Isla Hainan), India, Indonesia, Malasia Occidental y Estado de Sabah, Myanmar, Papúa Nueva Guinea, (islas de Nueva Guinea, Nueva Bretaña, Nueva Irlanda), sur de Filipinas, Tailandia, Vietnam	Mazorca entera: Alto riesgo, no se recomienda Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Alto riesgo Se recomienda cuarentena intermedia Ver: 8.4.6 Medidas de cuarentena
8.5 Marchitamiento por <i>Verticillium</i> en cacao	Mundial, pero especialmente en Brasil, Colombia y Uganda	Mazorca entera: Bajo riesgo Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Riesgo moderado Ver: 8.5.6 Medidas de cuarentena
8.6 Mal de machete	Brasil, Camerún, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guayana Francesa, Trinidad, Venezuela	Mazorca: Alto riesgo Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Riesgo moderado Ver: 8.6.6 Medidas de cuarentena
8.7 Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i> <i>R. bunodes</i> , <i>R. pepo</i> <i>R. paraguayensis</i>	Muy extendido en América tropical, También en, África tropical, India, Indonesia, Malasia, Filipinas	Mazorca: Bajo riesgo Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Alto riesgo Ver: 8.7.6 Medida de cuarentena
9.2 Barrenador de la mazorca del cacao	Sudeste Asiático incluyendo Malasia, Indonesia, Filipinas y Papúa Nueva Guinea	Mazorca: Alto riesgo, no se recomienda Semilla: Alto riesgo Esqueje: Riesgo moderado Ver: 9.2.6 Medidas de cuarentena
9.3. y 9.4 Miridae y otros insectos heterópteros chupadores	Todas las regiones cacaoteras, excepto la región caribeña	Mazorca: Riesgo moderado Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Riesgo moderado Ver 9.4.6 Medidas de cuarentena

Cuadro 6.1 Resumen de las principales plagas del cacao, su distribución (continuación)

Plaga	Distribución geográfica	Precauciones especiales
9.5 Chinchas harinosos	Todas las regiones cacaoteras	Mazorca: Riesgo moderado Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Riesgo moderado

Nota: La información sobre la distribución de plagas se basa en la información publicada disponible en el momento de la compilación. Es posible que las distribuciones de las plagas cambien con el transcurso del tiempo.

Cuadro 6.2 Resumen del riesgo de plagas por país (*Phytophthora palmivora* así como varios insectos y plagas se encuentran en el mundo entero). Se recomienda a los usuarios que verifiquen periódicamente otros informes de brotes de plagas / enfermedades en el país en el que están trabajando.

País	Riesgo de plagas
Belice	Moniliasis
Benín	Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV)
Bioko (Fernando Po)	<i>Phytophthora megakarya</i>
Bolivia	Enfermedad de la escoba de bruja Moniliasis
Brasil	Enfermedad de la escoba de bruja <i>Phytophthora capsici</i> / <i>P. tropicalis</i> <i>P. citrophthora</i> <i>P. hevea</i> <i>P. megasperma</i> <i>P. nicotianae</i> Marchitamiento por <i>Verticillium</i> Mal de machete Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i>
Camerún	<i>Phytophthora megakarya</i> <i>Phytophthora capsici</i> Mal de machete
Colombia	Enfermedad de la escoba de bruja Moniliasis Marchitamiento por <i>Verticillium</i> Mal de machete
Costa Rica	Moniliasis Mal de machete Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i>

*Phytophthora capsici***Cuadro 6.2 Resumen del riesgo de plagas por país (continuación)**

País	Riesgo de plagas
Côte d'Ivoire	Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV) <i>Phytophthora megakarya</i>
Cuba	<i>Phytophthora citrophthora</i> <i>Phytophthora hevea</i> <i>Phytophthora megasperma</i> <i>Phytophthora nicotianae</i>
Ecuador	Enfermedad de la escoba de bruja Moniliasis Mal de machete
El Salvador	<i>Phytophthora capsici</i> Moniliasis
Gábon	<i>Phytophthora megakarya</i>
Ghana	Virus de la necrosis del cacao (CNV) Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV) <i>Phytophthora megakarya</i>
Granada	Enfermedad de la escoba de bruja
Guatemala	Moniliasis <i>Phytophthora capsici</i> Mal de machete
Guayana	Enfermedad de la escoba de bruja
Guayana Francesa	Enfermedad de la escoba de bruja <i>Phytophthora capsici</i>
Honduras	Moniliasis
India	<i>Phytophthora capsici</i> <i>Phytophthora citrophthora</i> <i>Phytophthora hevea</i> <i>Phytophthora megasperma</i> <i>Phytophthora nicotianae</i> Muerte descendente por rayado vascular (VSD) Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i>
Indonesia	Muerte descendente por rayado vascular (VSD) Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i> Barrenador de la mazorca del cacao <i>Phytophthora capsici</i>

Cuadro 6.2 Resumen del riesgo de plagas por país (continuación)

País	Riesgo de plagas
Jamaica	<i>Phytophthora capsici</i> Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i> Moniliasis Thielaviopsis [<i>Ceratocystis</i>] paradoxa
Liberia	Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV)
Malasia	<i>Phytophthora citrophthora</i> <i>Phytophthora hevea</i> <i>Phytophthora megasperma</i> <i>Phytophthora nicotianae</i> Muerte descendente por rayado vascular (VSD) Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i> Barrenador de la mazorca del cacao
Méjico	Moniliasis <i>Phytophthora capsici</i> <i>Phytophthora citrophthora</i> <i>Phytophthora hevea</i>
Nicaragua	Moniliasis
Nigeria	Virus de la necrosis del cacao (CNV) Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV) <i>Phytophthora megakarya</i>
Panamá	Enfermedad de la escoba de bruja Moniliasis <i>Phytophthora capsici</i>
Papúa Nueva Guinea	Muerte descendente por rayado vascular (VSD) Barrenador de la mazorca del cacao
Perú	Enfermedad de la escoba de bruja Moniliasis Mal de machete
Filipinas	<i>Phytophthora citrophthora</i> <i>Phytophthora hevea</i> <i>Phytophthora megasperma</i> <i>Phytophthora nicotianae</i> Muerte descendente por rayado vascular (VSD) Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i> Barrenador de la mazorca del cacao
Santo Tomé y Príncipe	<i>Phytophthora megakarya</i>

Cuadro 6.2 Resumen del riesgo de plagas por país (continuación)

País	Riesgo de plagas
San Vicente	Enfermedad de la escoba de bruja
Sierra Leona	Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV) Virus del mosaico amarillo del cacao (CVMV)
Sri Lanka	Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV) [reportado] Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i>
Suriname	Enfermedad de la escoba de bruja
Tailandia	Muerte descendente por rayado vascular (VSD)
Togo	Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV) <i>Phytophthora megakarya</i>
Trinidad y Tobago	Enfermedad de la escoba de bruja <i>Phytophthora capsici</i> Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i> Mal de machete Virus del mosaico leve del cacao y virus del anillado amarillo de las nervaduras del cacao
Uganda	Marchitamiento por <i>Verticillium</i>
Venezuela	Enfermedad de la escoba de bruja Moniliasis <i>Moniliophthora pod rot</i> (Western Venezuela) <i>Phytophthora capsici</i> <i>Phytophthora citrophthora</i> <i>Phytophthora hevea</i> <i>Phytophthora megasperma</i> <i>Phytophthora nicotianae</i> Mal de machete
Vietnam	Muerte descendente por rayado vascular (VSD)

Descripción de plagas del cacao

7. Enfermedades virales

7.1 Virus de la necrosis del cacao (*Cacao necrosis virus*, CNV): género *Nepovirus*

Versión actualizada por Henry Dzahini-Obiatey, Owusu Domfeh y George A Ameyaw
Cocoa Research Institute of Ghana, PO Box 8, Tafo-Akim, Ghana
Correo electrónico: origmailorg@yahoo.com

El virus de la necrosis del cacao (*Cacao necrosis virus*, CNV) pertenece al género de los *Nepovirus* y, serológicamente, está distantemente relacionado con el virus de los anillos negros del tomate.

7.1.1 Síntomas

Las plantas infectadas muestran necrosis a lo largo de la nervadura central y otras nervaduras principales de las hojas. Además, en las primeras etapas de infección, se presenta muerte descendente terminal de los brotes. No se presenta hinchazón en los tallos o raíces.

7.1.2 Distribución geográfica

La enfermedad ha sido reportada en Nigeria y Ghana (Owusu 1971, Thresh 1958).

7.1.3 Transmisión

Según Kenten (1977), es posible que la enfermedad se transmita a través de un nematodo vector. Este mismo autor reportó una transmisión por semilla de hasta 24% en plantas hospedantes herbáceas como *Glycine max*, *Phaseolus lunatus* y *P. vulgaris*. Adomako y Owusu (1974), utilizando la técnica desarrollada para el CSSV, también reportaron una exitosa transmisión mecánica o por savia de la enfermedad.

7.1.4 Morfología de la partícula

Las partículas son isométricas y miden 25 nm en diámetro.

7.1.5 Tratamiento

Ninguno. Una vez que una planta se infecte con el CNV, no se puede curar.

7.1.6 Indexación

Al igual que el CSSV (género *Badnavirus*), se debe injertar sobre un patrón del cultivar de cacao Amelonado, que es sensible a la enfermedad, y examinar todas las partes vegetales emergentes por síntomas (véase Sección 5.2 Esquejes).

7.1.7 Referencias

Adomako D, Owusu GK. 1974. Studies on the mechanical transmission of cocoa swollen shoot virus: some factors affecting virus multiplication and symptom development of cocoa. Ghana Journal of Agricultural Science 7:7-15.
Kenten RH. 1977. Cacao necrosis virus. CMI/AAB Descriptors of Plant Viruses No. 173. Commonwealth

Mycological Institute, Kew, RU.

Owusu GK. 1971. Cocoa necrosis virus in Ghana. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 48:133-139.

Thresh JM. 1958. Virus Research in Ibadan, Nigeria. *Annual Report 1956-57*. West African Cocoa Research Institute, Ibadan, Nigeria. pp. 71-73.



Figura 7.1.1 Necrosis de las nervaduras a lo largo de la nervadura central y las venas principales en una hoja de cacao (O Domfeh, sin publicar)

7.2 Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (*Cacao swollen shoot virus*, CSSV): género *Badnavirus*

Versión actualizada por Henry Dzahini-Obiatey¹, Owusu Domfeh¹, George A Ameyaw¹ y Andy C Wetten²

¹Cocoa Research Institute of Ghana, PO Box 8, Tafo-Akim, Ghana Correo electrónico: crigmilorg@yahoo.com

²School of Agriculture, Policy and Development, The University of Reading, Reading RG6 6AR, Reino Unido

Se han recolectado muchos aislamientos de CSSV (género *Badnavirus*), que se diferencian mediante letras mayúsculas o son nombrados después de la localidad donde se recolectaron. El análisis de la variabilidad molecular del CSSV revela la presencia de por lo menos ocho especies en todo África Occidental cuando se usan las recomendaciones del Comité Internacional de Taxonomía de Virus, las cuales consideran la diversidad de nucleótidos en la región RT/RNaseH (Kouakou et al. 2012, Oro et al. 2012, Abrokwah et al. 2016, Chingandu et al. 2017). El virus del moteado foliar del cacao (cacao mottle leaf virus) es sinónimo del CSSV (Brunt et al. 1996).

7.2.1. Síntomas

Los síntomas de la enfermedad son altamente variables y dependen tanto de la cepa de virus como de la etapa de infección. Los síntomas más característicos en tipos

sensibles (por ejemplo, West African Amelonado) incluyen la aparición de franjas rojas distintivas en las nervaduras de las hojas jóvenes (Fig. 7.2.1), la aparición de franjas amarillas en las nervaduras, jaspeado entre las nervaduras y moteado en las hojas maduras (Fig. 7.2.2), al igual que transparencia en las nervaduras de las hojas e hinchazón del tallo (Fig. 7.2.3). Algunas cepas del virus (por ejemplo, algunos aislamientos y tipos de moteado foliar leve) no inducen hinchazón en las plantas infectadas.

7.2.2 Distribución geográfica

Benín, Côte d'Ivoire, Ghana, Liberia, Nigeria, Sierra Leona, Sri Lanka, Togo (Brunt et al. 1996, Kouakou et al. 2012, Oro et al. 2012, Abrokwah et al. 2016).

7.2.3 Plantas hospedantes

Se ha reportado infección natural por CSSV en *Adansonia digitata*, *Bombax* spp., *Ceiba pentandra*, *Cola chlamydantha* y *Cola gigantea* y otras especies arbóreas de los Malvaceae. *Corchorus* spp. han sido infectadas en forma experimental.

7.2.4 Transmisión

El CSSV es transmitido por al menos 14 especies de chinches harinosos (Hemiptera: Pseudococcidae).

Mientras que se han encontrado resultados positivos de ADN por RCP utilizando cebadores de CSSV específicos en plántulas de árboles infectados autopolinizados, no se ha encontrado expresión de CSSV en dichas plántulas ya sea visualmente o mediante selección por RCP con transcripción inversa (TI) (Ameyaw et al. 2010). Por consiguiente, no hay indicios de transmisión de CSSV por semilla. Sin embargo, las plantas pueden infectarse cuando se inoculan las semillas utilizando chinches harinosos virulíferos o mediante transmisión mecánica/por savia con partículas virales purificadas.

7.2.5 Morfología de la partícula

Las partículas son baciliformes y miden 121–130 x 28 nm.

7.2.6 Tratamiento

Ninguno. Una vez que una planta se infecta con el virus, no se puede curar. Sin embargo, se ha demostrado que el paso por la embriogénesis somática produce clones libres de virus de plantas donantes infectadas con CSSV (Quainoo et al. 2008). Como la mayoría de enfermedades virales que afectan especies de plantas, la enfermedad se puede contener o prevenir si se aíslan las plantas sanas dentro de barreras de cultivos inmunes al CSSV.

7.2.7 Cuarentena y medidas de detección

Las técnicas de ensayo por inmunoabsorción enzimática (ELISA), microscopía electrónica inmunosorbente (MEIS) y RCP se han usado con éxito para detectar CSSV (Sagemann et al. 1985, Muller 2008, Abrokwah et al. 2016, Chingandu et al. 2017). También se ha utilizado la aglutinación viro-bacteriana (Hughes y Ollennu 1993). Se

han reportado otros métodos de detección exitosos, los cuales han sido examinados recientemente (Dzahini-Obiatay 2008, Dzahini-Obiatay et al. 2009). Mientras que continúa mejorando la eficacia del seguimiento molecular para el CSSV, hasta la fecha no se ha producido una técnica de detección que sea completamente independiente de los aislamientos, por lo que todavía se recomienda la indexación visual en combinación con la selección basada en RCP.

Es importante tener en cuenta que la infección por el CSSV puede permanecer latente hasta 20 meses (Prof P Hadley, Universidad de Reading, comunicación personal). Véase [Sección 5.2 Esquejes](#)

7.2.8 Referencias

- Abrokwah F, Dzahini-Obiatay H, Galyuon I, Osa-Awuku F, Muller E. 2016. Geographical distribution of cacao swollen shoot virus molecular variability in Ghana. *Plant Disease* 100:2011-2017.
- Ameyaw GA, Wetten AC, Allainguillaume J. 2010. Exploring CSSV seed transmission using molecular diagnostic methods. In: *Proceedings of the 16th International Cocoa Research Conference, Bali, Indonesia, 16-21 November 2009*. COPAL-CPA, Lagos, Nigeria, 697-705.
- Brunt A, Crabtree K, Dallwitz M, Gibbs A, Watson L, Zurcher E. Editors. 1996. *Viruses of Plants. Description and Lists from the VIDE Database*. CAB International, Wallingford, UK.
- Chingandu N, Kovakou K, Aka R, Amayaw G, Gutierrez O, Herman H-W, Brown JK. 2017. The proposed new species, cacao red vein virus, and three previously recognized badna virus species are associated with cacao swollen shoot disease. *Virology Journal* 14:199. DOI 10.1186/s12985-017-0866-6.
- Dzahini-Obiatay H. 2008. *Cytopathological and molecular studies of CSSV infected cocoa plants*. PhD Thesis, University of Reading, UK.
- Dzahini-Obiatay H, Ollenu LA, Aculey PC. 2008. Cocoa swollen shoot virus in Ghana: A review of diagnostic procedures. *Ghana Journal of Agricultural Science* 41(1):123-136.
- Hughes J d'A, Adomako D, Ollenu LA. 1995. Evidence from the virobacterial agglutination test for the existence of eight serogroups of cocoa swollen shoot virus. *Annals of Applied Biology* 127:297-307.
- Hughes J d'A, Ollenu LA. 1993. The virobacterial agglutination test as a rapid means of detecting cocoa swollen shoot virus disease. *Annals of Applied Biology* 122:299-310.
- Kouakou K, Kébé BI, Kouassi N, Aké S, Cilas C, Muller E. 2012. Geographical distribution of cacao swollen shoot virus molecular variability in Côte d'Ivoire. *Plant Disease* 96:1445-1450.
- Oro F, Mississo E, Okassa M, Guilhaumon C, Fenouillet C, Cilas C, Muller E. 2012. Geographical differentiation of the molecular diversity of cacao swollen shoot virus in Togo. *Archives of Virology* 157:509-514.
- Quainoo AK, Wetten A, Allainguillaume J. 2008. The effectiveness of somatic embryogenesis in eliminating cocoa swollen shoot virus from infected cocoa trees. *Journal of Virological Methods* 149:91-96.
- Sagemann W, Lesemann DE, Paul HL, Adomako D, Owusu, GK. 1985. Detection and comparison of some Ghanaian isolates of *cacao swollen shoot virus* (CSSV) by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and immunoelectron microscopy (IEM) using an antiserum to CSSV strain 1A. *Phytopathologische Zeitschrift* 114:79-89.



Figura 7.2.1 Aparición de franjas rojas en las nervaduras de hojas jóvenes. Observen el patrón tipo helecho de las franjas rojas. (H Dzahini-Obatey y Y Adu-Ampomah, sin publicar)



Figura 7.2.2 Síntomas de CSSV en hojas maduras de cacao en condiciones de campo. Nervaduras transparentes en las hojas. Observen la extensiva falta de clorofila a lo largo de las nervaduras terciarias. La fotografía fue tomada en una parcela de campo (H Dzahini-Obatey y Y Adu-Ampomah, sin publicar)



Figura 7.2.3 Hinchazones en los tallos de un cacaotero viejo en un campo infectado. Observen el hinchazón en forma de garrote en el chupón basal. La fotografía fue tomada en un cacaotal infectado (H Dzahini-Obatey y Y Adu-Ampomah, sin publicar)

7.3 Virus del mosaico amarillo del cacao (*Cacao yellow mosaic virus*, CYMV): género *Tymovirus*

7.3.1. Distribución geográfica

Solamente hay registros de este virus en Sierra Leona (Blencowe et al. 1963, Brunt et al. 1965).

7.3.2 Síntomas

Se presentan áreas amarillas conspicuas en las hojas. No hay hinchazón en los tallos o las raíces.

7.3.3 Transmisión

No se transmite por semilla. Es fácilmente transmitido mediante inoculación por savia a muchas especies herbáceas.

7.3.4 Morfología de la partícula

Las partículas son isométricas y miden cerca de 25 nm en diámetro.

7.3.5 Tratamiento

Ninguno. Una vez que una planta se infecta con el virus, no se puede curar.

7.3.6 Indexación

Refiérase a la anterior sección sobre el virus de la hinchazón de los brotes de cacao y a la [Sección 5.2 Esquejes](#).

7.3.7 Referencias

Blencowe JW, Brunt AA, Kenton RG, Lovi NK. 1963. A new virus disease of cocoa in Sierra Leone. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 40:233-236.

Chingandu N, Kovakou K, Aka R, Amayaw G, Gutierrez O, Herman H-W, Brown JK. 2017. The proposed new species, cacao red vein virus, and three previously recognized badna virus species are associated with cacao swollen shoot disease. *Virology Journal* 14:199. DOI 10.1186/s12985-017-0866-6.

Brunt AA, Kenton RH, Gibb, AJ, Nixon HL. 1965. Further studies on cocoa yellow mosaic virus. *Journal of General MicroBiologie* 38:81-90.

7.4 Otras enfermedades similares a virus

La enfermedad viral de Trinidad se reportó por primera vez en 1944 y un estudio realizado en ese entonces indicó que estaba confinada a las regiones de Diego Martín, Santa Cruz y Maracas de la isla. Se identificaron dos cepas (A y B) del virus con base en los síntomas inducidos en la hospedante diferencial, ICS 6. La cepa A produjo la formación de bandas rojas de apariencia plumosa en algunas o todas las principales nervaduras de las hojas nuevas emergentes, con la primera hoja mostrando los síntomas más diferenciados. En la medida que las hojas maduran, desaparece el enrojecimiento de las nervaduras. En algunos clones persiste un síntoma tipo mosaico en las hojas maduras. La cepa B produce una franja continua a lo largo de las nervaduras de la hoja hasta las más finas, que persiste incluso después de que las

hojas han madurado aunque, en algunas variedades, esta cepa ocasiona la formación de franjas rojas en las nervaduras de hojas jóvenes, las cuales desaparecen en la medida que las hojas maduran. Puesto que se realizaron campañas de erradicación y se hicieron cambios en el uso de la tierra en las zonas afectadas, se pensó que se había eliminado el virus. Sin embargo, en el 2009 se observó una reaparición del virus y estudios recientes de secuenciación molecular en hojas sintomáticas que exhiben los fenotipos A y B han demostrado la presencia de dos especies distintas de badnavirus, denominadas el virus del mosaico leve del cacao y el virus del anillado amarillo de las nervaduras (Chingandu et al. 2017a, b). Las pruebas han indicado que el virus puede detectarse mediante el proceso de indexación descrito anteriormente para el CSSV, utilizando Amelonado o ICS 6 como patrón (Sreenivasan 2009, comunicación personal).

En el norte de Sumatra se ha reportado un virus similar al CSSV (Kenten y Wood 1976), aunque no se han publicado más informes al respecto.

7.4.1. Referencias

Chingandu N, Zia-Ur-Rehman M, Sreenivasan TN, Surujdeo-Maharaj, S, Umaharan P, Gutierrez OA, Brown JK. 2017. Molecular characterization of previously elusive badnaviruses associated with symptomatic cacao in the New World. *Archives of Virology* 162(5):1363-1371.

Kenten RH, Woods RD. 1976. A virus of the cacao swollen shoot group infecting cocoa in North Sumatra. *PANS* 22:488-490.

8. Enfermedades fúngicas y oomicetos

De las diferentes enfermedades que afectan el cultivo del cacao, las enfermedades fúngicas y oomicetos plantean una limitación importante. Algunas tienen una distribución mundial y otras están restringidas a regiones cacaoteras de las Américas, África y el sudeste asiático. En las siguientes secciones, diferentes expertos han resumido información básica sobre las enfermedades consideradas de importancia económica. Un resumen de los resultados de investigación relacionados con las enfermedades de mazorca negra, pudrición de la mazorca por *Moniliophthora* y escoba de bruja fue publicado por Fulton (1989) y más recientemente por Bailey y Meinhardt (2016).

Referencias

Bailey BA y Meinhardt LW (Editores). 2016. Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters. Springer International, Switzerland.

Fulton RH. 1989. The cacao disease trilogy: black pod, Monilia pod rot, and witches' broom. Plant Disease 73:601-603.

8.1 Enfermedad de la escoba de bruja

Versión actualizada por Karina P Gramacho¹ y Nara GR Braz²

¹CEPLAC/CEPEC/SEFIT. Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 22. Itabuna, BA, Brasil
Correo electrónico: gramachokp@gmail.com

²UESC, Rodovia Ilheus-Itabuna, km 16, Bahia, Brasil

8.1.1 Agente causal

El agente causal de la enfermedad de escoba de bruja es *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime & Phillips-Mora (Syn. *Crinipellis perniciosa*). Aunque el hongo presenta variabilidad, hay dos biotipos principales: C y S. Dentro del biotipo C, las variantes parecen presentarse según su país de origen (por ejemplo Ecuador, Perú, Brasil, Bolivia).

8.1.2 Síntomas

Aunque *M. perniciosa* induce una variedad de síntomas en los brotes vegetativos, cojines florales, flores y mazorcas del cacao, el crecimiento hipertrófico de los meristemas vegetativos infectados (escoba) es el síntoma más característico de la enfermedad de escoba de bruja (Fig. 8.1.1, Fig. 8.1.2).

8.1.3 Distribución geográfica

En la actualidad, la enfermedad está presente en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Granada, Guayana Francesa, Guyana, Panamá (este del Canal de Panamá), Perú, República Dominicana, San Vicente, Surinam, Trinidad y Tobago, y Venezuela. En el

2008, se reportó por primera vez la enfermedad en las haciendas de Union Vale, La Dauphine y Robot en Santa Lucía (Kelly et al. 2009).



Figura 8.1.1. Síntomas de la enfermedad en condiciones de campo: a) árbol de cacao seriamente infectado en Bahía, b) escoba vegetativa terminal, c) cojín floral infectado, d) lesión de la mazorca. Fuente: CEPLAC/CEPEC

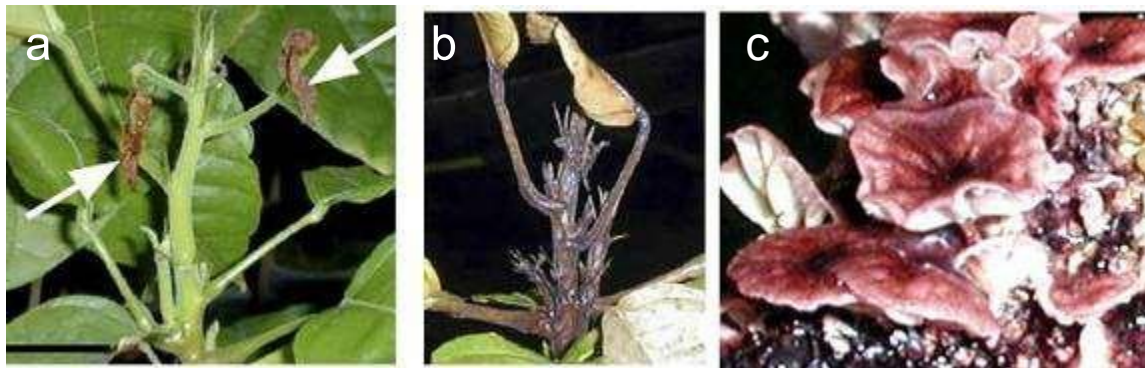


Figura 8.1.2 Síntomas de la enfermedad de escoba de bruja en condiciones de invernadero: a) escoba vegetativa verde, b) escoba vegetativa seca, c) producción de basidiocarpos *in vitro*. Fuente: CEPLAC/CEPEC/FITOMOL

8.1.4 Plantas hospedantes

Familia Malvaceae (hospedante principal): *T. cacao*, *T. sylvestris*, *T. obovata*, *T. grandiflorum*, *T. bicolor*, *Herrania* spp.

Familia Solanaceae: *Solanum cernuum*, *S. gilo*, *S. grandiflorum* var. *setosum* (Goias, Brasil), *S. lycocarpum*, *S. melongena*, *S. paniculatum*, *S. stipulaceum*, otras especies de *Solanum*, *Capsicum annum*, *C. frutescens*.

Familia Malpighiaceae: *Stigmaphyllon blanchetti*, *Heteropterys acutifolia*; *Mascagniacf. sepium* (Para, Brasil).

Otras familias: *Vernonia difusa*, *Bixa orellana*, *Arrabidaea verrucosa*, *Entadas gigas*, *Coussapoa eggersii*, *Barringtonia* spp., *Cecropia* spp., *Bambusa* spp., *Musa* spp.

8.1.5 Biología

Los basidiosporos, los únicos propágulos infectivos de *M. pernicioso*, pueden infectar cualquier tejido meristemático de cacao (Purdy y Schmidt 1996). Poco después de infección, el agente patógeno establece una relación biotrófica con su planta

hospedante, durante la cual el hongo es homocariótico, intercelular sin conexiones de gancho (Calle et al. 1982, Muse et al. 1996, Orchard et al. 1994, Silva y Matsuka 1999). En esta etapa, el patógeno causa hipertrofia de los tejidos, pérdida de dominancia apical y proliferación de brotes axilares. Se disemina por el viento.

8.1.6 Medidas de cuarentena

Aunque *M. perniciosus* puede transmitirse por semilla, el movimiento de germoplasma como semilla es el método más seguro. Las semillas deben recolectarse de las mazorcas aparentemente sanas, que deben ser tratadas con fungicida de cobre u otro fungicida adecuado para reducir el riesgo de transmisión de patógenos.

Se recomienda cultivar el material recién introducido en condiciones de aislamiento en invernaderos a prueba de insectos bajo estricta supervisión en una estación de cuarentena durante un año y luego examinar dicho material para asegurar que esté libre de enfermedad antes de liberarlo para uso general.

8.1.7 Referencias y lecturas complementarias

- Baker RED, Holliday P. 1957. Witches' broom disease of cocoa (*Marasmius perniciosus* Stahel). The Commonwealth Mycological Institute Kew Surrey Phytopathological Paper No. 2, 42 pp.
- Bastos CN, Andebrahn T. 1986. *T. urucu* (*Bixa orellana*) nova espécie hospedeira da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis perniciosus*) do cacauero. Fitopatologia Brasileira 11:963-965.
- Bastos CN, Evans HC. 1985. A new pathotype of *Crinipellis perniciosus* (witches' broom disease) on solanaceous hosts. Plant Pathology 34:306-312.
- Calle H, Cook AA, Fernando SY. 1982. Histology of witches-broom caused in cacao by *Crinipellis perniciosus*. Phytopathology 72:1479-1481.
- Ceita GO. 2004. Análise do Processo de Morte Celular em *Theobroma cacao* L. Induzido por *Crinipellis perniciosus* (Stahel) Singer. MSc Thesis, University of Santa Cruz, Ilhéus, Brasil.
- Evans HC. 1981. Witches' broom disease - a case study. Cocoa Growers Bulletin 32:5-19.
- Gonçalves JC. 1965. *Theobroma grandiflorum* (Spreng). Schum. as a source of inoculum of witches' broom disease of *Theobroma cacao* L. Tropical Agriculture (Trinidad) 42:261-263.
- Kelly PL, Reeder R, Rhodes S, Edwards N. 2009. First confirmed report of witches' broom caused by *Moniliophthora perniciosus* on cacao, *Theobroma cacao*, in Saint Lucia. Plant Pathology 58:798-798.
- Lopes JRM, Luz EDMN, Bezerra EJM, Sacramento CK. 1998. Incidência da vassoura-de-bruxa em cupuaçuzeiro na região sul da Bahia. In: XV Congresso Brasileiro de Fruticultura, Poços de Caldas. Anais do XV Congresso Brasileiro de Fruticultura. Sociedade Brasileira de Fruticultura 1:333-337.
- Muse RB, Collin HA, Isaac S, Hardwick K. 1996. Effects of the fungus *Crinipellis perniciosus*, causal agent of witches' broom disease, on cell and tissue cultures of cocoa (*Theobroma cacao* L.). Plant Pathology 45:145-154.
- Orchard JE, Collin HA, Hardwick K, Isaac S. 1994. Changes in morphology and measurement of cytokinin levels during the development of witches-brooms on cocoa. Plant Pathology 43:65-72.
- Orchard JE, Hardwick K. 1998. Photosynthesis, carbohydrate translocation and metabolism of host and fungal tissues in cacao seedlings infected with *Crinipellis perniciosus*. In: Proceedings of the 10th International Cocoa Research Conference, Santo Domingo, Dominican Republic. pp. 325-330.
- Pegler DN. 1978. *Crinipellis perniciosus* (Agaricales). Kew Bulletin: 731-736.
- Ploetz RC, Schnell RJ, Ying ZT, Zheng Q, Olano CT, Motamayor JC, Johnson ES. 2005. Analysis of molecular diversity in *Crinipellis perniciosus* with AFLP markers. European Journal of Plant Pathology 111:317-326.

- Purdy LH, Schmidt RA. 1996. Status of cacao witches' broom: Biologie, epidemiology, and management. *Annual Review of Phytopathology* 34:573-594.
- Resende MLV, Bezerra JL. 1996. *Crinipellis perniciosa* de um novo hospedeiro (*Solanum stipulaceum*) induzindo reação de hipersensibilidade em *Theobroma cacao*. *Fitopatologia Brasileira* (suplemento) 21:405.
- Resende MLV, Nojosa GBA, Silva LHCP, Niella IGR, Carvalho GA, Santiago DVR, Bezerra JL. 2000. *Crinipellis perniciosa* proveniente de um novo hospedeiro, *Heteropterys acutifolia*, é patogênico ao cacauero. *Fitopatologia Brasileira* 25:88-91.
- Silva SDVM, Luz EDMN, Almeida OL, Gramacho KP. 2002. Redescrição da sintomatologia causada por *Crinipellis perniciosa* em cacauero. *Agrotropica* 14:21.
- Silva SDVM, Matsuka K. 1999. Histologia da interação *Crinipellis perniciosa* em cacauero suscetível e resistente à vassoura-de bruxa. *Fitopatologia Brasileira* 24:54-59.

8.2 Moniliasis

Versión actualizada por Wilbert Phillips-Mora

Jefe, Programa de Mejoramiento de Cacao, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica
Correo electrónico: wphillip@catie.ac.cr

8.2.1 Agente causal

El agente causal de la enfermedad de moniliasis es *Moniliophthora roreri* (Cif.) H.C. Evans, Stalpers, Samson & Benny.

8.2.2 Síntomas

En condiciones naturales, la enfermedad afecta solamente a las mazorcas de cacao. La infección puede presentarse en las fases muy tempranas de desarrollo y la susceptibilidad de los frutos disminuye con la edad de la mazorca. Los síntomas iniciales se caracterizan por una o más protuberancias que aparecen en la mazorca (Fig. 8.2.1), o pequeñas lesiones acuosas, que se agrandan hasta formar áreas necróticas con bordes irregulares. Un estroma fúngico blanco (Fig. 8.2.2) cubre el área en 3–5 días, con la formación profusa de esporas color crema a marrón claro. La infección tardía de las mazorcas da lugar a la maduración prematura, mostrando un patrón de mosaico verde-amarillo. Las semillas en las mazorcas infectadas se tornan necróticas y se compactan en una masa (Fig. 8.2.3).

8.2.3 Distribución geográfica

La enfermedad se presenta en Belice, Colombia y Ecuador (en ambos lados de los Andes), Costa Rica, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Perú y la región occidental de Venezuela (Phillips-Mora et al. 2007). Recientemente hubo informes sobre la incidencia de la enfermedad en El Salvador (Phillips-Mora et al. 2010) y en una región en Jamaica (IPPC 2016, Johnson et al. 2017), aunque ya están en curso esfuerzos para contenerlo (IPPC 2016).

8.2.4 Plantas hospedantes

Aparentemente todas las especies de los géneros estrechamente relacionados *Theobroma* y *Herrania* son plantas hospedantes, siendo la más importante la especie cultivada *T. cacao* (cacao) y *T. grandiflorum* (cupuaçu o cacao blanco).

8.2.5 Biología

Comunmente se cree que *M. roreri* es un hongo anamorfo; sin embargo, Evans et al. (2002) describieron un mecanismo citológico que permite que *M. roreri* experimente reproducción sexual, que aparentemente no es muy activo en la naturaleza.

Las mazorcas son infectadas por las esporas, las cuales son viables durante varias semanas y pueden resistir la exposición a la luz solar. Las esporas se diseminan por el viento. Solamente se han observado infecciones naturales en las mazorcas, aunque la inoculación artificial de semillas con esporas ha producido plántulas infectadas. No se ha observado la transmisión de la enfermedad por semillas infectadas en condiciones naturales y es altamente improbable que esto ocurra.

8.2.6 Medidas de cuarentena

Los seres humanos son responsables de dispersar la enfermedad sobre grandes distancias, y las barreras geográficas y las infecciones ocultas pueden desempeñar un papel muy importante al diseminar la enfermedad en áreas nuevas. Además de las precauciones que se deben tomar cuando se moviliza el material vegetal descrito a continuación, hay que tener en cuenta que las esporas también pueden sobrevivir en ropa, calzado y sobre el cuerpo humano. Por consiguiente, después de visitar una zona infestada se deben tomar las medidas apropiadas antes de entrar a una región no infectada (desechando o lavando la ropa, el equipo científico y el calzado utilizados de manera apropiada, evitando visitar áreas libres de la enfermedad durante algunos días, etc.).

Ya que los frutos son las únicas partes de la planta del cacao que pueden ser infectados por *M. roreri* en condiciones naturales, se deben concentrar la mayoría de los esfuerzos de cuarentena en impedir el movimiento de los frutos de sitios afectados a nuevas fincas, territorios y países.

La enfermedad no se transmite internamente por la semilla. Sin embargo, las esporas (las cuales tienen larga vida) pueden transportarse en plantas enteras o en sus partes (semillas, hojas, esquejes, etc.). Las esporas polvorientas se adhieren fácilmente a dichos tejidos y continúan siendo viables en esta situación durante muchos meses. En consecuencia, el movimiento de estas partes a áreas libres de la enfermedad solo debe llevarse a cabo después de un protocolo de desinfección. Indudablemente, un tratamiento con fungicidas reduciría el inóculo y limitaría considerablemente las probabilidades de una introducción no deseada.

8.2.7 Referencias

Evans HC, Holmes KA, Phillips W, Wilkinson MJ. 2002. What's in a name: *Crinipellis*, the final resting place for the frosty pod rot pathogen of cocoa? *Mycologist* 16:148-152.

IPPC. 2016. Detection of frosty pod rot in Jamaica. Pest Report, September 2016.

Johnson ES, Rutherford MA, Edgington S, Flood J, Crozier J, Cafá G, Buddie AG, Offord L, Elliott SM, Christie KV, 2017. First report of *Moniliophthora roreri* causing frosty pod rot on *Theobroma cacao* in Jamaica. New Disease Reports 36, 2. <http://dx.doi.org/10.5197/j.2044-0588.2017.036.002>

Phillips-Mora W, Aime MC, Wilkinson MJ. 2007. Biodiversity and biogeography of the cacao (*Theobroma cacao*) pathogen *Moniliophthora roreri* in tropical America. Plant Pathology 56:911-922.

Phillips-Mora W, Castillo J, Arciniegas A, Mata A, Sánchez A, Leandro M, Astorga C, Motamayor J, Guyton B, Seguire E, Schnell R. 2010. Overcoming the main limiting factors of cacao production in Central America through the use of improved clones developed at CATIE. In: Proceedings of the 16th International Cocoa Research Conference, COPAL, Bali, Indonesia, 16-21 November 2009. COPAL, Lagos, Nigeria, 93-99.



Figura 8.2.1 Protuberancias características de la infección de moniliasis en mazorcas jóvenes (W Phillips-Mora y A Mora, CATIE, Costa Rica)



Figura 8.2.2 A la izquierda: Maduración prematura, necrosis y pseudoestroma recién formado de color blanco en mazorca grande infectada por *M. roreri*. A la derecha: mazorca verde sana (W Phillips-Mora y A Mora, CATIE, Costa Rica)



Figura 8.2.3 Necrosis de la semilla y maduración temprana de mazorcas infectadas con moniliasis (W Phillips-Mora y A Mora, CATIE, Costa Rica)

8.3 Mazorca negra o fitóftora (*Phytophthora* spp.)

Versión actualizada por G Martijn ten Hoopen^{1,3}, S Nyassé² y R. Umaharan.

¹ CIRAD, UPR 106 Bioagresseurs, F-34398 Montpellier, Francia.

Correo electrónico: tenhoopen@cirad.fr

² IRAD, Centro de Nkolbisson, BP 2123, Yaoundé, Camerún snyasse@yahoo.fr

³ CRC, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad y Tobago romina.umaharan@sta.uwi.edu

8.3.1 Agentes causales

La enfermedad de mazorca negra es causada por varias especies del género *Phytophthora*: *P. palmivora* Butler, *P. megakarya* Brasier & M.J. Griffin, *P. tropicalis* (*P. capsici*) Leonian y *P. citrophthora* (R.E. Sm. & E.H. Sm.) Leonian y de vez en cuando de otras especies de *Phytophthora* tales como *P. heveae*, *P. megasperma*, *P. nicotinae* var *parasitica*, *P. katsurae*, *P. meadii*, *P. botryosa* (Surujdeo-Maharaj et al. 2016). Sin embargo, solo las primeras cuatro especies son de importancia comercial.

8.3.2 Plantas hospedantes alternativas

Phytophthora palmivora – Más de 138 especies de plantas, incluyendo el cocotero, papaya, *Citrus* spp., árbol de caucho (*Hevea*) y mango.

P. tropicalis – Previamente considerada como conoespecífica con *P. capsici*. Parece ser que *P. tropicalis* es recuperada más comúnmente de especies leñosas perennes, incluyendo cacao, que *P. capsici* (Surujdeo-Maharaj et al. 2016).

P. capsici – Pimientos (*Capsicum* spp.) cucurbitáceas y tomate, entre otras (véase, por ejemplo, Tian y Babadoost 2004).

P. citrophthora – *Citrus* spp., cucurbitáceas, árbol de caucho (*Hevea*), entre otras.

P. megakarya - Plantas hospedantes putativas como *Cola nitida* (Nyassé et al. 1999), *Irovingia* sp. (Holmes et al. 2003), *Funtumia elastica* (Apocynaceae), *Sterculia tragacantha* (Malvaceae), *Dracaena mannii* (Agavaceae) y *Ricinodendron heudelotii* (Euphorbiaceae) (Opuku et al. 2002). Recientemente Akrofi et al. (2015) recuperaron el patógeno de raíces asintomáticas de numerosas otras especies en plantaciones de cacao, incluyendo piña, *Athyrium nipponicum*, papaya, mango, aguacate, malanga o yautía (*Xanthosoma sagittifolium*), taro (*Colocasia esculenta*), palma de aceite y hasta banano.

A menudo, muchas de las plantas hospedantes alternativas de las especies de *Phytophthora* antes mencionadas pueden encontrarse en estrecha asociación con cacao.

Para una revisión general de especies de *Phytophthora* que afectan el cacao, véase también Surujdeo-Maharaj et al. (2016) y Bailey et al. (2016). Para más información sobre cultivos afectados por diferentes especies de *Phytophthora*, véase por ejemplo Erwin y Ribeiro (1996), el Compendio de Protección de Cultivos de CABI (<http://www.cabi.org/Uploads/CABI/publishing/promotional-materials/insert/Cpc%20A4%20Flyer%20Spanish.pdf>) y la base de datos de patógenos fúngicos de USDA-ARS (<https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>).

8.3.3 Síntomas

Phytophthora spp. pueden atacar todas las partes de la planta de cacao (aunque esto depende en cierta medida de la especie), pero las principales manifestaciones de infección son las siguientes:

- Podredumbre de la mazorca, en la forma de una pudrición compacta color marrón de la mazorca (Fig. 8.3.1). En términos económicos, este es el aspecto más importante de la enfermedad inducida por *Phytophthora*. Las mazorcas pueden verse afectadas en todas las etapas de desarrollo. Las infecciones pueden iniciarse por los esporangios, clamidosporas y zoosporas, y los síntomas de la enfermedad normalmente aparecen entre los 3 y 4 días después de la infección.
- Chancros en los tallos, en forma de lesiones oscuras y aplanadas a lo largo del tallo (Fig. 8.3.2). Estos chancros se desarrollan muchas veces como resultado de la dispersión de micelios de las mazorcas hacia los cojinetes florales y más allá a lo largo del tallo o directamente por medio de las lesiones.
- Añublo foliar y de la plántula, en la forma de una necrosis extensiva de hojas y brotes de las plántulas (Fig. 8.3.3).
- Infección del cojinete floral.
- Infección de la raíz.

8.3.4 Distribución geográfica

Por lo menos 11 especies de *Phytophthora* han sido identificadas en cacao (Surujdeo-Maharaj et al. 2016 y referencias allí contenidas). *Phytophthora palmivora* presenta una distribución pantropical y *P. megakarya* es la única especie conocida de *Phytophthora* originaria de África, que se encuentra presente en Gabón, Santo Tomé y Príncipe, Fernando Po, Camerún, Nigeria, Togo, Ghana y Côte d'Ivoire. Sin embargo, en Ghana y Côte d'Ivoire, los dos países de mayor producción de cacao a nivel mundial, *P. megakarya* aún se encuentra en la fase invasiva. *Phytophthora tropicalis*/*P. capsici* se encuentra en las Américas (Brasil, El Salvador, Guatemala, México, Venezuela), el Caribe (República Dominicana, Jamaica, Trinidad y Tobago), Asia (India) y África (Camerún), mientras que *P. citrophthora* está presente en cacao en las Américas (Brasil, México) and Asia (India, Indonesia). Se ha encontrado *P. megasperma* en Venezuela, *P. nicotianae* var. *parasitica* en Cuba, *P. heveae* en Malasia y Camerún.

8.3.5 Biología

La actividad de *Phytophthora* spp. está estrechamente relacionada con condiciones húmedas, aunque el suelo sirve de reservorio permanente y es la fuente más frecuente de inóculo primario. Las partes de la planta son infectadas por las esporas (zoosporas, esporangios) que son portadas por el agua, las salpicaduras de lluvia, las hormigas y los animales. Las principales actividades humanas que pueden difundir *Phytophthora* spp. son la construcción de caminos, la cosecha de madera, la exploración minera, el comercio de viveros y el senderismo.

8.3.6 Medidas de cuarentena

Es probable que las siguientes partes de la planta porten el patógeno durante su comercialización y transporte:

- Frutos (mazorcas). La infección es invisible durante las etapas tempranas de infección de la mazorca, pero es fácilmente reconocible en las etapas posteriores debido a la presencia de lesiones en la mazorca (manchas compactas de color marrón oscuro) y la producción de zoosporas en dichas lesiones (Fig. 8.3.1).
- Raíces (a menudo se encuentra *Phytophthora* en asociación con raíces de cacao). Esta infección es invisible a simple vista.
- Esquejes
- Tronco/ramas, especialmente en la presencia de chancros (Appiah et al. 2004)
- Hojas
- Medios de cultivo que acompañan a las plantas, especialmente suelo, que pueden portar inóculos de *Phytophthora*.

Mazorcas: En términos generales, no deben usarse mazorcas para la transferencia de germoplasma. Sin embargo, de usarse, éstas deben estar en cuarentena al menos una semana antes de su envío y distribución. Dado que los síntomas de *Phytophthora* aparecen después de solo unos días, las mazorcas infectadas deben ser fácilmente reconocibles dentro de este periodo de una semana y pueden ser destruidas posteriormente. Para reducir aún más el riesgo, las mazorcas deben colocarse en un baño de inmersión con pesticidas (por ejemplo una mezcla de Mefenoxam y un compuesto de cobre) antes de su distribución.

Plantas enteras (acompañadas de suelo). El traslado de plantas enteras representa un riesgo extremadamente alto, particularmente si se encuentran en suelo. NO se recomienda el movimiento de plantas enteras (aún en plantas asintomáticas) dentro de un país o región donde *Phytophthora* spp. aún está en una fase invasiva, a menos que el material puede trasladarse por medio de una estación de cuarentena.

Esquejes: Solamente se deben usar esquejes de árboles aparentemente sanos. No se debe recolectar esquejes de árboles que presentan chancros o cualquier otra señal de enfermedad. Puesto que los zoosporas de *Phytophthora* tienen una vida relativamente corta y son susceptibles a pesticidas y condiciones de sequía, se reduce aún más el riesgo de dispersión de propágulos de *Phytophthora* que posiblemente estén presentes en los esquejes con una aplicación de/baño de inmersión en pesticidas (por ejemplo, una mezcla de Mefenoxam y un compuesto de cobre) (Opoku et al. 2007).

Hojas: *Phytophthora* puede estar presente en las hojas. No deben usarse hojas y plantas que muestran síntomas de añublo (Fig. 8.3.3) para fines de transferencia. Los propágulos de *Phytophthora* pueden sobrevivir por cortos periodos de tiempo en la superficie de las hojas. Los tratamientos con pesticidas y el almacenamiento en condiciones secas deben ser suficientes para eliminar este riesgo.

Transporte por humanos: Lo más probable es que los seres humanos son los

culpables de la dispersión extendida de *Phytophthora* ya sea por no tener cuidado al transportar material vegetal (mazorcas, esquejes, yemas, etc.), suelo, o por actividades humanas como la construcción de carreteras y senderismo.

Dado que *P. megakarya* es más agresiva y causa mayores pérdidas de rendimiento que *P. palmivora* (Appiah 2001), se debe tener especial cuidado con el movimiento de material vegetal y suelo dentro de Ghana, Togo y Côte d'Ivoire, países donde la presencia de tanto *P. palmivora* como *P. megakarya* no es uniforme. Algunas áreas de producción de cacao en estos tres países aún no han sido afectadas por *P. megakarya*.

Es poco probable que las siguientes partes de la planta porten la plaga durante su comercialización y transporte:

- Semillas originarias de mazorcas sin alguna señal obvia de infección.

8.3.7 Referencias y lecturas complementarias

- Appiah AA. 2001. Variability of *Phytophthora* species causing black pod disease of cocoa (*Theobroma cacao* L.) and implications for assessment of host resistance. London, UK: PhD Thesis University of London.
- Appiah AA, Opoku IY, Akrofi AY. 2004. Natural occurrence and distribution of stem cankers caused by *Phytophthora megakarya* and *Phytophthora palmivora* on cocoa. *European Journal of Plant Pathology* 110: 983-990.
- Bailey BA, Ali SS, Akrofi AY, Meinhardt L. 2016. *Phytophthora megakarya*, a causal agent of black pod rot in Africa. In: Bailey BA, Meinhardt, LW, editors. *Cacao Diseases: a History of Old Enemies and New Encounters* Eds. Springer International Publishing, Switzerland. pp. 267- 303.
- Erwin DC, Ribeiro OK. 1996. *Phytophthora* Diseases Worldwide. American Phytopathological Society, St. Paul, MN, USA.
- Holmes KA, Evans HC, Wayne S, Smith J. 2003. *Irvingia*, a forest host of the cocoa black-pod pathogen, *Phytophthora megakarya*, in Cameroon. *Plant Pathology* 52:486-490.
- Mchau GRA, Coffey MD. 1994. An integrated study of morphological and isozyme patterns found within a worldwide collection of *Phytophthora citrophthora* and a redescription of the species. *Mycological Research* 98: 1291-1299.
- N'Goran JAK, Lachenaud P, Kébé IB, N'Guessan KF, Tahi GM, Pokou D, Sounigo O, N'Goran K, Eskes AB. 2006. In: Eskes AB, Efron Y, editors. *Global Approaches to Cocoa Germplasm Utilization and Conservation*. CFC Technical Paper No. 50. pp. 35-40.
- Nyassé S, Grivet L, Risterucci AM, Blaha G, Berry D, Lanaud C, Desprésaux D. 1999. Diversity of *Phytophthora megakarya* in Central and West Africa revealed by isozyme and RAPD markers. *Mycological Research* 103:1225-1234.
- Opoku IY, Akrofi AY, Appiah AA. 2002. Shade trees are alternative hosts of the cocoa pathogen *Phytophthora megakarya*. *Crop Protection* 21: 629-634.
- Opoku IY, Akrofi AY, Appiah AA. 2007. Assessment of sanitation and fungicide application directed at cocoa tree trunks for the control of *Phytophthora* black pod infections in pods growing in the canopy. *European Journal of Plant Pathology* 117: 167-175.
- Surujdeo-Maharaj S, Sreenivasan TN, Motilal LA, Umaharan P. 2016. Black pod and other *Phytophthora* induced diseases of cacao: history, biology, and control. In: Bailey BA, Meinhardt LW, editors. *Cacao Diseases: a History of Old Enemies and New Encounters* Eds. Springer International Publishing, Switzerland. pp. 213-266.
- Tian D, Babadoost M. 2004. Host range of *Phytophthora capsici* from pumpkin and pathogenicity of isolates. *Plant Disease* 88:485-489.



Figura 8.3.1 Mazorcas atacadas por *Phytophthora megakarya*. Observen la esporulación abundante (GM ten Hoopen, CIRAD)



Figura 8.3.2. (a) tronco del cacaotero con síntomas de chancro (decoloración negruzca); (b) decoloración de la albura. (T Sreenivasan, CRC)



Figura 8.3.3 Hojas de cacao atacadas por *Phytophthora palmivora* (V Singh, CRC)

8.4 Muerte descendente por rayado vascular (Vascular Streak Dieback, VSD)

Versión actualizada por Julie Flood

CABI, Bakeham Lane, Egham, Surrey TW20 9TY, Reino Unido
Correo electrónico: j.flood@cabi.org

8.4.1 Agente causal

La muerte descendente por rayado vascular (vascular streak dieback, VSD) es causada por *Ceratobasidium theobromae* (P.H.B. Talbot & Keane) Samuels & Keane (syn. *Oncobasidium theobromae* P.H.B. Talbot & Keane).

8.4.2 Síntomas

El síntoma inicial más característico de la enfermedad es la clorosis generalizada de una hoja, generalmente en el segundo o tercer brote hacia el extremo de la rama, con áreas dispersas de tejido verde de 2–5 mm en diámetro (Keane y Prior 1991) (Fig. 8.4.1a,b). Esta hoja cae en unos pocos días y los síntomas se desarrollan progresivamente en hojas adyacentes. Las lenticelas generalmente se agrandan de manera notoria, causando un endurecimiento de la corteza de las ramas afectadas. Tres vestigios vasculares ennegrecidos se hacen visibles cuando se raspa la superficie seca de las cicatrices foliares que quedan en el tallo después de la caída de hojas enfermas (Fig. 8.4.2a). Esta es una manera útil de distinguir entre cicatrices foliares que resultan de la VSD y las que resultan de la caída de hojas debido a la senescencia foliar normal. También se observan vestigios vasculares ennegrecidos en los pecíolos desprendidos de árboles infectados (Fig. 8.4.2b).

Otra característica de los tallos infectados es la rápida decoloración del cámbium a un color marrón rojizo cuando se remueve la corteza y el tejido queda expuesto al aire. La presencia de este rayado marrón en la parte leñosa de ramas aún vivas es otro síntoma de la enfermedad. Se pueden observar hifas de infección del patógeno dentro de los vasos del xilema y las hojas, y se presenta decoloración del xilema infectado en forma de vetas color marrón, que son fácilmente visibles cuando se parten los tallos (Fig. 8.4.3a).

En los tallos se han observado hifas de infección generalmente de hasta 1 cm de diámetro, pero pueden alcanzar los 10 cm, más allá de regiones de rayado vascular evidente. Ocasionalmente las mazorcas son afectadas hasta el punto en que el hongo puede colonizar el sistema vascular central de la mazorca pero las mazorcas infectadas no presentan ningún síntoma externo. Con el tiempo, las hojas se caen hasta el punto vegetativo, el cual luego muere. Las yemas laterales pueden proliferarse y luego morir, causando síntomas de 'escoba de bruja'. El hongo puede difundirse internamente a otras ramas o el tronco. Si el hongo se disemina al tronco, el árbol generalmente muere.

Cuando cae una hoja infectada durante la época lluviosa, las hifas pueden emerger de la cicatriz foliar y convertirse en un basidiocarpo del patógeno, el cual se presenta como un revestimiento aterciopelado blanco plano sobre la cicatriz foliar y la corteza adyacente. La presencia de estos basidiocarpos es también señal de la enfermedad (Fig 8.4.3b).

Además de los síntomas descritos anteriormente, en los últimos 10 años más o menos, se han observado otros síntomas que involucran mayor necrosis foliar y estas hojas infectadas permanecen unidas a la rama por un período de varias semanas (McMahon y Purwantara 2016) (Fig. 8.4.1b). Curiosamente, todos los síntomas pueden verse en el mismo genotipo e incluso en la misma rama. McMahon y Purwantara (2016) sugieren, además, que la necrosis foliar y la tinción más oscura del xilema, observadas en cacao infectado por VSD en tiempos recientes, pueden deberse a una respuesta de resistencia mejorada, aunque estos autores también sugieren que los síntomas de necrosis pueden estar asociados con la falta de llegada al dosel de nutrientes esenciales, tales como potasio (K). Abdoellah (2009) realizó análisis de nutrientes en hojas infectadas y sanas (no infectadas) en Java Oriental, y los resultados indicaron que las hojas infectadas presentaban una concentración de K un 20% más bajo (en promedio), con la acumulación aparente de Ca y Mg. De manera similar, en Sulawesi, se detectaron concentraciones substancialmente más bajas de K en hojas infectadas (alrededor de 60% de la concentración en hojas sanas). Sin embargo, se observaron disminuciones similares de K en plantas que exhiben síntomas de necrosis y los más usuales de clorosis. Por lo tanto se requiere de estudios adicionales para determinar más claramente el papel desempeñado por este nutriente.

La otra causa posible de los cambios en los síntomas observados a nivel de campo puede estar asociada con el cambio climático, por ejemplo alzas de temperatura o mayores niveles de CO₂ (McMahon y Purwantara 2016). Por otra parte, la producción de proteínas inductoras de etileno (PIE), como se demostró en otros hongos basidiomicetos que atacan el cacao, por ejemplo *Moniliophthora perniciosa* (de Oliveira et al. 2012), también puede estar implicada en la interacción de VSD. Existe poca evidencia de que una cepa alterna del patógeno es responsable de los síntomas de necrosis (McMahon y Purwantara 2016).

8.4.3 Distribución geográfica

Se ha observado la enfermedad VSD en la mayoría de las áreas productoras de cacao de Asia meridional, el Sudeste Asiático y la parte oriental de Papúa Nueva Guinea (islas de Nueva Guinea, Nueva Bretaña, Nueva Irlanda), la parte norte de la isla de Hainan (China) y la parte occidental del estado de Kerala (India). Ha sido un importante problema en las grandes plantaciones comerciales de cacao en Malasia Occidental y Sabah, y se encuentra ampliamente difundida en Indonesia, incluyendo las plantaciones de cacao de aroma fino en Java Oriental y Occidental, Sumatra, Kalimantan, Islas Molucas y grandes áreas de nuevas siembras de cacao en Sulawesi.

La enfermedad también ha sido reportada en el sur de Tailandia, Myanmar, Vietnam y el sur de Filipinas (Keane y Prior 1991, Flood y Murphy 2004, McMahon y Purwantara 2016). Hay pruebas sólidas de que el hongo evolucionó en una planta hospedante autóctona, hasta ahora sin identificar, en el Sudeste Asiático/Melanesia y se adaptó al cacao cuando el cultivo se introdujo a la región.

A excepción de un único registro en aguacate en Papúa Nueva Guinea (Keane y Prior 1991), el hongo solo se ha reportado en cacao. Por tanto, la distribución geográfica refleja en general la presencia de cultivos de cacao en Asia Meridional y el Sudeste Asiático y Melanesia. En Papúa Nueva Guinea, su límite natural más al este es probablemente Nueva Bretaña y el descubrimiento de su presencia en Nueva Irlanda representa indudablemente una brecha de cuarentena. En el pasado, tanto los estrictos procedimientos de cuarentena para el movimiento oficial de germoplasma de cacao como una campaña de concientización realizada en puertos y aeropuertos acerca de los riesgos involucrados en el movimiento “no oficial” de germoplasma de cacao habían evitado la introducción de la enfermedad en Nueva Irlanda. Su introducción se debe probablemente al movimiento “no oficial” de material de cacao entre la isla de Nueva Bretaña y la de Nueva Irlanda. Esta última isla queda cerca de 70 km al este de la región cacaotera en la Península Gacela en Nueva Bretaña, donde se han presentado severas infestaciones de la enfermedad durante muchos años. La enfermedad no se encuentra en la provincia de Manus o el norte de las Islas Solomón que están más al este, a pesar de que allí se encuentran grandes siembras de cacao. Esta distribución indica que la supuesta planta hospedante autóctona quizá no se presenta más allá en la región Pacífica que Nueva Bretaña o que el patógeno no ha alcanzado los límites de distribución de su planta hospedante autóctona (que parece improbable). Aun en la isla principal y en Nueva Bretaña, la incidencia de la enfermedad es irregular, con plantaciones aisladas libres de la enfermedad (Prior 1980).

El límite más al sur es la costa de Papúa Nueva Guinea, pero puede ser que la planta hospedante original desconocida sea del norte de Australia. Parece que hay muy poca variación morfológica entre las cepas recolectadas en la región, aunque un estudio filogenético realizado por Samuels et al. (2012) indicó que existe cierta variabilidad genética regional con tres haplotipos identificados de Vietnam, Malasia/Indonesia y Papúa Nueva Guinea. No existen registros de la enfermedad en África o el Nuevo Mundo.

8.4.4 Planta hospedante alternativa

El aguacate es una planta hospedante alternativa de la VSD.

8.4.5 Biología

La formación de basidios y la descarga forzosa de basidiosporos se presentan principalmente durante la noche después de que los basidiocarpos (o cuerpos fructíferos fúngicos) han sido bañados con la lluvia (Keane et al. 1972). Prior (1982) mostró que la llegada de la oscuridad es también un estímulo para la esporulación. Los basidiosporos se produjeron 8–12 h después de que los basidiocarpos fueron

sometidos a condiciones de oscuridad, mientras que no esporularon los que fueron expuestos a luz artificial continua durante la noche. Existía cierta evidencia de que una caída de temperatura de 5°C también estimulaba la esporulación en basidiocarpos traídos al laboratorio (Prior 1982). Los basidiocarpos siguen siendo fecundos durante un promedio de 10 días en ramas adheridas. En ramas desprendidas, dejan de producir esporas después de solo dos días.

Los basidiosporos son grandes (15–25 µm x 6.5–8.5 µm), hialinos, lisos, de paredes finas y con aproximadamente el doble de longitud de los esterigmas (McMahon y Purwantara 2016). Las células hifas son binucleadas, una característica del género *Ceratobasidium*, pero esta característica para fines taxonómicos ha sido cuestionada por Oberwinkler et al. (2013).

Los basidiosporos son dispersados por el viento durante la noche y son rápidamente destruidos por la luz solar. La exposición a condiciones atmosféricas normales, bajo sombra, en una plantación durante solo 20 min fue suficiente para reducir la germinación en un 80% (Keane 1981). La exposición de las esporas a la luz solar directo durante 12 min redujo la germinación en un 95%. Dado que las esporas mueren rápidamente cuando se expone a condiciones normales de día en los trópicos y requieren de agua libre para la germinación, la dispersión eficaz de esporas probablemente está limitada a las pocas horas de oscuridad y alta humedad después de su descarga.

La dispersión de esporas probablemente se limita aun más por el denso dosel del cacao y los árboles de sombrío en las plantaciones. Como resultado, la dispersión de la enfermedad de cacaotales infectados más viejos hacia poblaciones sanas adyacentes más jóvenes es limitada, con solamente algunas pocas infecciones primarias presentándose más allá de 80 m de plantas enfermas de cacao.

La tasa de propagación de la enfermedad es también limitada por la tasa de esporulación relativamente baja del hongo. Cada infección sólo produce basidiocarpos cuando se presenta la caída de hojas durante la estación lluviosa y estos basidiocarpos tienen un ciclo de vida corto. En consecuencia, menos del 10% de la abscisión foliar inducida por la enfermedad resulta en la producción de basidiosporos. Los aspectos epidemiológicos de la enfermedad son tratados en más detalle por Keane (1981), Keane y Prior (1991) y McMahon y Purwantara (2016).

Los basidiosporos no tienen latencia y se requiere de agua libre para la germinación de esporas y la infección. Prior (1979) encontró que cuando se colocaba una suspensión de esporas en hojas jóvenes, las esporas germinaban en 30 min si las hojas permanecían húmedas, pero no crecían más una vez que el agua hubiera evaporado. La primera señal de penetración se presentó después de 12 h, con hinchazón del extremo del tubo germinal para formar un apresorio que se adhirió a la superficie de la hoja. Las células epidérmicas adyacentes mostraron un oscurecimiento ante la presencia del hongo. A menudo la infección no siguió avanzando, pero ocasionalmente se formaron estructuras de penetración debajo de los apresorios. No

se han observado hifas penetrando los elementos del xilema de las venas, aunque Prior (1979) observó vestigios de células de mesófilo descoloridos que iban desde la superficie hacia la vaina fascicular alrededor del xilema. En hojas con decoloración y sin ésta, se observaron hifas creciendo dentro de la hoja inoculada en los alrededores de las venas (Keane 1972, Prior 1979), pero éstas no se podría remontar a envolturas vacías de esporas en la superficie foliar. Existe evidencia (Prior 1979) de que el rocío se forma primero en vellos y glándulas concentradas directamente encima de las venas de las hojas jóvenes de cacao. Estos pueden formar una trampa para esporas depositadas y pueden explicar la presencia de penetraciones directamente encima de las venas como fue observado por Keane (1972).

El hongo puede aislarse de material vegetal infectado y transferirse a medio de cultivo de *Corticium* (CCM, sus siglas en inglés) (Kotila 1929), pero no puede mantenerse en subcultivo ya que otros hongos de crecimiento más rápido lo cubrirán rápidamente. La esterilización superficial con hipoclorito de sodio al 10% junto con etanol al 70% (Keane et al. 1972) aumenta la probabilidad de obtener cultivos puros (McMahon y Purwantara 2016). Sin embargo, no se induce de forma rutinaria la esporulación en medios artificiales e incluso si se producen basidiosporos, éstos se producen en números insuficientes para uso en pruebas de patogenicidad.

Hasta la fecha, las pruebas de patogenicidad han tenido éxito solamente cuando se han expuesto plantas inoculadas a condiciones naturales de temperatura y deposición de rocío bajo el cielo abierto de la noche. Parece que, del mismo modo que la esporulación, la infección requiere de condiciones muy particulares que son difíciles de simular en condiciones de laboratorio. En estas pruebas, se desarrollaron síntomas en plántulas de 3 semanas de edad cerca de 6–9 semanas después de que los basidiosporos hubieron sido descargados sobre ellas durante los períodos de rocío de un día para otro (Keane 1981) o después de que se hubieran inoculado con una suspensión de basidiosporos (Prior 1978); en plántulas de 6 meses de edad, los síntomas se presentaron después de 10–12 semanas (Keane et al. 1972).

A menudo se observan puntos altos en la aparición de enfermedades en el campo varios meses después de los puntos altos estacionales de precipitación (Prior 1980, 1981). El hongo infectó las hojas jóvenes, las cuales empiezan a crecer después del inicio de las lluvias. La rama o plántula crece durante otros 3–5 meses antes de que el hongo se ramifique lo suficiente para inducir síntomas de la enfermedad en las hojas penetradas, lo que explica la aparición de los primeros síntomas en el segundo o tercer brote después de punto vegetativo.

Ceratobasidium theobromae puede colonizar el sistema vascular de las mazorcas. Esto es de importancia potencial para la cuarentena y la posibilidad de transmitir la enfermedad por medio de mazorcas infectadas distribuidas como semilla. Sin embargo, nunca fue detectada infección alguna en la semilla, y Prior (1985) descartó la posibilidad de una transmisión por semilla.

8.4.6 Medidas de cuarentena

A continuación se presenta una lista de partes de la planta que puedan transmitir la plaga durante comercialización o transporte:

- Frutos (incluyendo las mazorcas): Hifas; transmitida internamente; invisible.
- Hojas: Hifas; transmitida internamente; visible a simple vista.
- Raíces: Hifas; transmitida internamente; invisible.
- Tallos (por encima del suelo)/brotes/troncos/ramas: Hifas, cuerpo fructífero; transmitida internamente; transmitida externamente; visible a simple vista.

Las partes de la planta que no transmiten la plaga durante comercialización o transporte:

- Medio de cultivo que acompaña a las plantas.
- Semilla.

No deben enviarse plantas enteras o esquejes de áreas que están infestadas con *C. theobromae*. En el caso que se requiere material clonal, de ser posible debe suministrarse como esquejes provenientes de áreas libres de enfermedad. Los esquejes de plantas cultivadas en áreas infestadas deben ser enviados a una estación de cuarentena intermedia en un área libre de enfermedad y luego injertados sobre rizomas de semilla recolectada de un área libre de enfermedad. El injerto debe mantenerse por tres brotes de crecimiento y confirmarse como libre de *C. theobromae* antes del corte y envío al destino final. En países como Papúa Nueva Guinea, se ha encontrado que un periodo de cuarentena pos-entrada de seis meses en casas de malla aisladas es suficiente tiempo para detectar la enfermedad. Este tratamiento reemplaza la recomendación previa de un período de cuarentena pos-entrada en una isla aislada.

El examen microscópico de secciones transversales de esquejes y tallos de mazorca proporciona una medida adicional de precaución muy completa contra la transmisión de enfermedades porque las hifas del patógeno son grandes y fácilmente detectadas. Se encontraron hifas dentro de tallos y placentas de mazorcas de ramas enfermas pero las semillas de estas mazorcas germinaron normalmente y no había indicios de transmisión por semilla. La inmersión de semillas en propiconazol (1 g/L) + metalaxil M (5 g/L) generó una reducción pequeña pero estadísticamente significativa en la altura del tallo de la plántula. Sin embargo, no hubo efecto en la longitud de la raíz o el porcentaje de germinación y este tratamiento profiláctico de la semilla puede ser útil en las situaciones donde las autoridades de cuarentena requieren precauciones adicionales.

El examen microscópico de las secciones transversales de los esquejes para detectar la presencia de hifas de *C. theobromae* en el xilema puede usarse como otra medida de precaución para asegurar la inexistencia de infección en la estación de cuarentena. Se recomienda su uso (Prior 1985).

No se ha demostrado que las semillas de cacao transmiten la enfermedad de VSD.

Sin embargo, se recomienda una inmersión preventiva en la fungicida triazole (Prior 1985). Las autoridades de cuarentena en Malasia actualmente requieren que la semilla sea tratada con tiram.

Recientemente se han revisado los métodos de manejo (McMahon y Purwantara 2016), incluyendo métodos culturales, intentos de manejo con productos químicos y selección por resistencia de la planta hospedante, considerado esta última como la estrategia más prometedora para el manejo de VSD. En Papúa Nueva Guinea, los clones Trinitario como KA2-101 han mostrado resistencia duradera desde la década de 1960. Genotipos locales con alta resistencia a VSD o con características de buena calidad han sido seleccionados para ensayos como clones en campos de agricultores con algunos resultados prometedores (McMahon et al. 2010). Estudios recientes realizados en la India han sugerido que la resistencia a la enfermedad VSD es altamente heredable y controlada poligenéticamente (Minimol et al. 2016).

Además, Rosmana et al. (2015) reportaron cierto éxito con el uso de aislamientos de *Trichoderma asperellum* para controlar la enfermedad de VSD en cacao. De manera similar, Vanhove et al. (2016) reportaron menor infección de VSD en plantas tratadas con inductores bacterianos, pero estos mismos autores reportaron que *T. asperellum* no mostró potencial como inductor de resistencia sistémica en sus estudios.

8.4.7 Referencias

- Abdoellah S. 2009. The effect of vascular streak die-back (VSD) attack on macronutrients content of cocoa leaves. In: Proceedings of the 16th International Cocoa Research Conference, Bali, Indonesia 16-21 November, 2009. pp. 325-334.
- Anderson RD. 1989. Avocado, an alternate host for *Oncobasidium theobromae*. Australasian Plant Pathology 18:96-97.
- Chan CL, Syed KSW. 1976. Vascular-streak dieback of cocoa in Peninsular Malaysia. In: Proceedings of the Cocoa Coconut Seminar, Tawau, Sabah. East Malaysia Planters' Association. pp. 134-144.
- de Oliveira GAP, Pereira EG, Dias CV, Souza TLF, Ferretti GDS, Cordeiro Y, Camillo LR, Cascardo J, Almeida FC, Valenta AP, Silva JL. 2012 *Moniliophthora pernicioso* necrosis and Ethylene Inducing Protein 2 (MpNep2) as a metastable dimer in solution: Structural and functional implications. PLoS One 7 e45620.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization. 2005. PQR database (version 4.4). Available from URL <http://www.eppo.org/DATABASES/pqr/pqr.htm>.
- Frison EA, Feliu E (Editors). 1989. FAO/IBPGR technical guidelines for the safe movement of cocoa germplasm. FAO/IBPGR technical guidelines for the safe movement of cocoa germplasm. 29 pp.
- Flood J, Murphy R. (Editors). 2004. Cocoa Futures: A source book of some important issues facing the cocoa industry. CABI-FEDERACAFE, USDA, Chinchina, Colombia. 163 pp.
- Holderness M. 1990. Control of vascular-streak dieback of cocoa with triazole fungicides and the problem of phytotoxicity. Plant Pathology 39:286-293.
- Jayawardena MPGS, Patmanathan M, Ramadasan K. 1978. Thinning and vascular streak dieback control in high density cocoa plantings under coconuts. In: Proceedings of International Conference on Cocoa and Coconuts, Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 322-339.
- Keane PJ. 1972. Aetiology and epidemiology of vascular-streak dieback of cocoa. PhD Thesis, University of Papua New Guinea.
- Keane PJ. 1981. Epidemiology of vascular-streak dieback of cocoa. Annals of Applied Biology 98:227-241.

- Keane, PJ, Flentje, NT, Lamb KP. 1972. Investigation of vascular-streak dieback of cocoa in Papua New Guinea. *Australian Journal of Biological Sciences* 25:553-564.
- Keane PJ, Prior C. 1991. Vascular-streak dieback of cocoa. *Phytopathological Papers* No. 33. 39 pp.
- Keane PJ, Turner PD. 1972. Vascular-streak dieback of cocoa in West Malaysia. In: RL Wastie and DA Earp (eds). *Proceedings of the Conference on Cocoa and Coconuts in Malaysia*. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malaysia. pp 50--57.
- Kotila JE. 1929. A study of the biology of a new spore-forming *Rhizoctonia*, *Corticium praticola*. *Phytophthology* 19: 1059- 1099.
- Lai AL. 1985. Pest and disease records, Burma: New record of cocoa disease. *Quarterly Newsletter, Asia and Pacific Plant Protection Commission* 28(4):9.
- McMahon PJ, Purwantara A, Susilo AW, Sukanto S, Wahab A, bin Purang H, Hidayat M, Ismail D, Taproni T, Lambert S, Guest DI, Keane PJ. 2010. On farm selection for quality and resistance to pest/diseases of cocoa in Sulawesi ii) quality and performance of selections against *Phytophthora* pod rot and vascular streak die back. *International Journal of Pest Management* 56:351-261.
- McMahon PJ, Purwantara A. 2016. Vascular streak dieback (*Ceratobasidium theobromae*): history and biology. In: Bailey BA, Meinhart LW, editors. *Cacao Diseases: a History of Old Enemies and New Encounters*. Springer International Publishing, Switzerland. pp. 307-335.
- Minimol JS, Suma B, Mahiya Ummer, Jayasree PA. 2016. Parental contribution analysis in hybrids bred for vascular streak dieback (VSD) disease resistance in cocoa. *Journal of Plantation Crops* 44: 2.
- Oberwinkler F, Reiss K, Bauer R, Kirschner R, Garnica S. 2013. Taxonomic re-evaluation of the *Ceratobasidium-Rhizoctonia* complex and *Rhizoctonia butinii*, a new species attacking spruce. *Mycological Progress* 12: 763-776.
- Pawirosoemardjo S, Purwantara A, Keane PJ. 1990. Vascular-streak dieback of cocoa in Indonesia. *Cocoa Growers' Bulletin* 43:11-24.
- Prior C. 1978. A method of inoculating young cocoa plants with basidiospores of *Oncobasidium theobromae*. *Annals of Applied Biology* 88:357-362.
- Prior C. 1979. Resistance of cocoa to vascular-streak dieback disease. *Annals of Applied Biology* 92:369-376.
- Prior C. 1980. Vascular streak dieback. *Cocoa Growers' Bulletin* 29:21-26.
- Prior C. 1981. Vascular-streak dieback disease in Papua New Guinea. In: *Proceedings of the 6th International Cocoa Research Conference, Caracas, Venezuela 1977*. pp. 300-305.
- Prior C. 1982. Basidiospore production by *Oncobasidium theobromae* in dual culture with cocoa callus tissue. *Transactions of the British Mycological Society* 78:571-574.
- Prior C. 1984. Approaches to the control of diseases of cocoa in Papua New Guinea. *Journal of Plant Protection in the Tropics* 1:39-46.
- Prior C. 1985. Cocoa quarantine: measures to prevent the spread of vascular-streak dieback in planting material. *Plant Pathology* 34:603-608.
- Prior C. 1987. Chemical control of vascular-streak dieback disease of cocoa in Papua New Guinea. *Plant Pathology* 36:355-360.
- Prior C. 1992. Comparative risks from diseases of cocoa in Papua New Guinea, Sabah and the Caribbean. In: Keane PJ, Putter CAJ, editors. *Cocoa pest and disease management in Southeast Asia and Australasia*. FAO, Rome, Italy. pp. 109-116.
- Rosmana A, Samuels GJ, Ismaiel A, Ibrahim ES, Chaverri P, Herawati J, Asman A. 2015. *Trichoderma asperellum*: A Dominant Endophyte Species in Cacao Grown in Sulawesi with Potential for Controlling Vascular Streak Dieback Disease *Trop. plant pathol.* 40: 19. <https://doi.org/10.1007/s40858-015-0004-1>

Samuels GJ, Ismaiel A, Rosmana A, Junaid M, Guest D, McMahon P, Keane P, Purwantara A, Lambert S, Rodriguez-Carres M, Cubeta MA. 2012. Vascular Streak Dieback of cacao in Southeast Asia and Melanesia: *in planta* detection of the pathogen and a new taxonomy. *Fungal Biology* 116(1): 19

Sidhu M. 1987. Some short-term investigations into the management of vascular streak dieback disease on young cocoa in Giram Estate, Sabah, Malaysia. *Planter* 63:47-58.

Talbot PHB, Keane PJ. 1971. *Oncobasidium*, a new genus of tulasnelloid fungi. *Australian Journal of Botany* 19:203-206.

Vanhove W, Vanhoudt N, Van Damme P. 2016. Biocontrol of vascular streak dieback (*Ceratobasidium theobromae*) on cacao (*Theobroma cacao*) through induced systemic resistance and direct antagonism. *Biocontrol Science and Technology*, 26(4), 492–503.

Zainal Abidin MA, Varghese G, Mainstone BJ. 1981. Vascular streak dieback of cocoa in Malaysia. I. A survey of its incidence and identification of the pathogen involved. *Planter* 57:3-13.

Zainal Abidin MA, Varghese G, Mainstone BJ. 1986. Aspects of the epidemiology of vascular streak dieback of cocoa in Malaysia. In: *Proceedings International Conference on Cocoa and Coconuts Progress and Outlook*, Kuala Lumpur, Malaysia, 15-17 Oct. 1984. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 405-411.

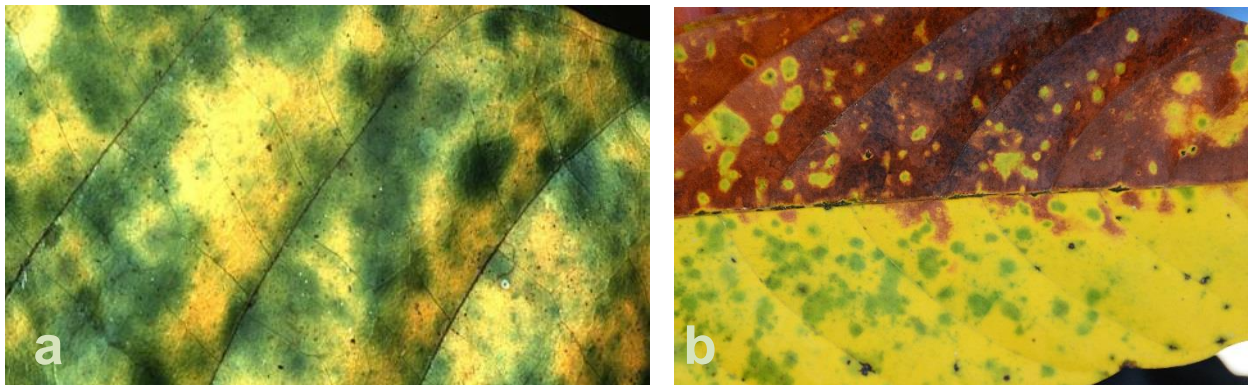


Figura 8.4.1 (a) Muerte descendente por el virus del rayado vascular (VSD): hoja clorótica (M Holderness, CABI) y (b) Hojas presentando necrosis y puntos dispersos de tejido verde (AJ Daymond, Universidad de Reading)

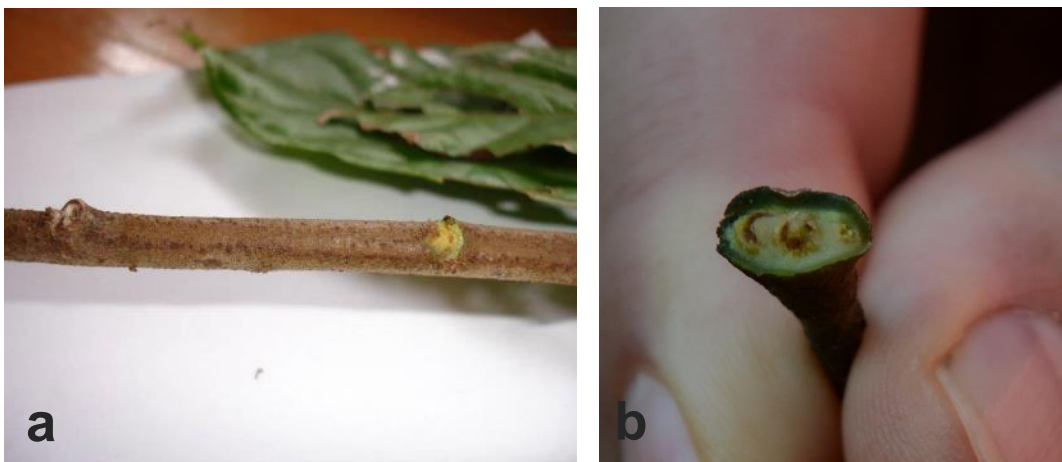


Figura 8.4.2 (a) tallo infectado con muerte descendente por el virus del rayado vascular con presencia de lenticelas agrandados y vestigios vasculares ennegrecidos en la cicatriz foliar (J Flood, CABI) y (b) peciolo infectado con muerte descendente por el virus del rayado vascular (AJ Daymond, Universidad de Reading)

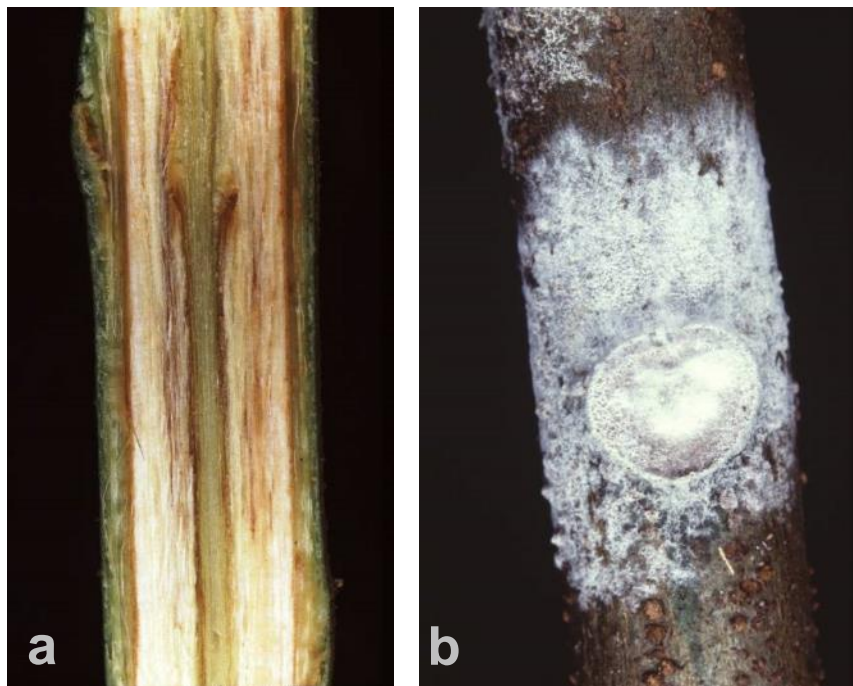


Figura 8.4.3 (a) sección de una rama infectada con muerte descendente por el virus del rayado vascular con presencia de rayado marrón (CABI) y (b) cuerpo fructífero (CABI).

8.5 Marchitamiento por *Verticillium* en cacao

Mário Lúcio Vilela de Resende, Adriano Augusto de Paiva Custódio y Fernanda Carvalho Lopes de Medeiros

Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, CEP 37200-000, Brasil Correo electrónico: mlucio@ufla.br

8.5.1 Agente causal

Este marchitamiento en cacao es causado por *Verticillium dahliae* Klebahn.

8.5.2 Síntomas

Más de 200 especies, principalmente dicotiledóneas incluyendo herbáceas anuales, perennes y especies leñosas son plantas hospedantes de enfermedades causadas por *Verticillium* (Agris 2005). Los síntomas generales del marchitamiento por *Verticillium* incluyen epinastia (Fig. 8.5.1a), amarillamiento, necrosis y marchitamiento o abscisión de hojas (Fig. 8.5.1b,c,d), seguido de atrofiamiento en el crecimiento o muerte de la planta (Resende et al. 1996). Según Fradin y Thomma (2006), el marchitamiento normalmente comienza desde la punta de una hoja infectada,

generalmente en los tallos más viejos ya que la invasión es acropetal (desde la base hacia el ápice). En el cacao, las plantas infectadas generalmente presentan un marchitamiento súbito y posteriormente necrosis de tanto las hojas viejas como las nuevas.

Se pueden presentar un desarrollo similar de síntomas de defoliación (Fig. 8.5.1b) y no defoliación (Fig. 8.5.1c) en el cacao y otros hospedantes. Por ejemplo, en algodón, Schnathorst y Mathre (1966) describieron patotipos de *V. dahliae* como defoliadores o no defoliadores, pero otros autores (Bell 1973, Ashworth Jr 1983) han sugerido un continuo de síntomas relacionados con la agresividad relativa entre cepas de *V. dahliae*, en lugar de la incidencia de patotipos diferenciados. En general, se considera que los síntomas de marchitamiento se deben al estrés hídrico causado por oclusión vascular, mientras que la defoliación también puede involucrar desequilibrios en los reguladores de crecimiento. Por lo tanto, Talboys (1968) sugirió que la defoliación estaba relacionada con el nivel del estrés hídrico, mientras que Tzeng y DeVay (1985) encontraron una producción mejorada de etileno en plantas de algodón y Resende et al. (1996) en plantas de cacao cuando éstas fueron inoculadas con aislamientos defoliadores en comparación con plantas infectadas con aislamientos no defoliadores.

En las secciones de tallo se puede apreciar una decoloración marrón de los tejidos vasculares (Fig. 8.5.1e,f). Internamente en los vasos se pueden observar oscurecimiento, tilo y deposición de geles y aglutinantes (Fig. 8.5.1g). La severidad de los síntomas depende principalmente de la concentración del inóculo, el patotipo de *Verticillium*, la variedad y la etapa de desarrollo de la planta, la temperatura, la humedad de suelo y la nutrición de la planta, en particular el contenido de potasio (Resende 1994). La infestación de las raíces de la planta por nematodos parasitarios puede acelerar la aparición y aumentar la severidad de las enfermedades causadas por hongos transmitidos por el suelo como *V. dahliae* (Johnson y Santo 2001).

8.5.3 Distribución geográfica

Verticillium spp. son hongos transmitidos por el suelo con una distribución mundial, causando enfermedad vascular que da lugar a grandes pérdidas de rendimiento y calidad en diversos cultivos (Subbarao et al. 1995). *Verticillium dahliae* y *V. albo-atrum* causan enfermedad en las regiones templadas y subtropicales, pero son menos destructores en los trópicos. Con base en su distribución geográfica, se puede deducir que las altas temperaturas parecen favorecer más a *V. dahliae* que a *V. albo-atrum* (Fradin y Thomma 2006, Resende 1994). *Verticillium dahliae* causa más destrucción en climas más calientes, mientras que es más probable que *V. albo-atrum* cause problemas en cultivos de las latitudes del norte, con climas húmedos. Los ataques severos, después de condiciones especialmente secas o anegamiento, pueden causar la muerte de un árbol del cacao en una semana después de presentar aparente salud y vigor (Resende 1994).

En Brasil, el marchitamiento por *Verticillium* es un serio problema en los estados de

Bahía y Espíritu Santo (Resende et al. 1995, Agriannual 2009). Esta enfermedad es más común en las regiones sujetas a escasez de precipitación, causando una mortalidad anual de plantas de hasta el 10% en áreas cacaoteras sin sombra (Almeida et al. 1989). En Uganda, la enfermedad del marchitamiento por *Verticillium* es la enfermedad más seria del cacao, causando pérdidas de rendimiento de hasta 30% (Emechebe et al. 1971). Puesto que la enfermedad se ha reportado en Uganda durante muchos años, tal vez ésta sea una de las razones por las cuales el cacao no se ha convertido en un cultivo económicamente importante en ese país (Leakey 1965, Resende et al. 1995, Sekamate y Okwakol 2007). Recientemente se ha reportado marchitamiento por *Verticillium* en la provincia de Kivu del Norte en la República Democrática del Congo, muy probablemente como resultado de propagación desde Uganda. *Verticillium dahliae* también se ha encontrado en cacao en Colombia (Granada 1989, Resende et al. 1995).

8.5.4 Plantas hospedantes alternativas

Plantas hospedantes alternativos incluyen el algodón y muchas otras especies dicotiledóneas.

8.5.5 Biología

Verticillium dahliae Kleb. es un hongo que habita las raíces con un ciclo de vida necrotrófico. Esta forma anamorfa de un ascomiceto, perteneciente a la familia Plectosphaerellaceae, clase Sordariomycetes, es un agente causal común de enfermedades de marchitamiento en muchas plantas cultivadas (Domsch et al. 2007).

El micelio vegetativo de *V. dahliae* es hialino, generalmente ramificado, septado y multinucleado (Fig. 8.5.2a). Los conidióforos son erectos, portando verticilos de delgadas fiálides divergentes aristadas. Los conidios son elipsoides a ovoideos (Fig. 8.5.2a), miden 15–50 (-100) μm en diámetro y de 3–8 μm de largo, son hialinos, mayormente unicelulares, y se producen en largas fiálides posicionadas en forma de verticilo o espiral alrededor de los conidióforos verticilados (Resende 1994, Gómez-Alpízar 2001, Fradin y Thomma 2006). Generalmente se observan microesclerocios, considerados como estructuras de resistencia.

Dos especies de *Verticillium*, *V. dahliae* Klebahn y *V. albo-atrum* Reinke y Berthold, son muy similares. Taxonómicamente, *V. dahliae* se diferencia de *V. albo-atrum* principalmente por la presencia de microesclerocios (Fig. 8.5.2c) como estructura de resistencia. Los microesclerocios resisten condiciones ambientales adversas hasta por un período de 13 años (Schnathorst 1981, Resende 1994). Las temperaturas de 25–28° C parecen favorecer a *V. dahliae*, mientras que temperaturas de 20–25° C favorecen a *V. albo-atrum* (Resende 1994). *Verticillium dahliae* causa enfermedades monocíclicas, lo que significa que solamente se presenta un ciclo de enfermedad y producción de inóculo durante una estación de cultivo. Por el contrario, *V. albo-atrum* puede producir conidios en tejidos vegetales infectados que luego son transmitidos por el aire y contribuyen a difundir la enfermedad. Por consiguiente, las enfermedades causadas por *V. albo-atrum* pueden ser, a veces, policíclicas (Fradin y Thomma 2006).

Puesto que el marchitamiento por *Verticillium* es una enfermedad monocíclica, los niveles de inóculo de *V. dahliae* (microesclerocios por g de suelo) en el suelo en el momento de la siembra desempeñan un papel crucial en el desarrollo de marchitamiento en muchos cultivos (Xiao y Subbarao 1998, 2000). Un amplio rango de géneros y especies de plantas es colonizado por *V. dahliae*, incluyendo miembros de las familias Malvaceae (como cacao y algodón), Solanaceae, Compositae, Convolvulaceae, Papilionoideae, Labiatae y Chenopodiaceae (Resende et al. 1994).

El ciclo de vida de *V. dahliae* puede dividirse en tres fases: latente, parasitaria y saprofitica. Una adaptación única de este organismo es que el patógeno, hasta las etapas avanzadas de colonización vascular, se limita exclusivamente al xilema, el cual contiene líquidos con solo concentraciones bajas de azúcares, aminoácidos y diversas sales inorgánicas (Resende 1994). La germinación de microesclerocios en suelos infestados es estimulada por los exudados de la raíz. El tubo germinal penetra la planta hospedante a través de las raíces y luego crece tanto inter- como intracelularmente en la corteza y se disemina hacia el xilema. Se presenta invasión sistémica cuando se producen generaciones sucesivas de conidios, que luego son transportados por la corriente de transpiración del xilema hacia las partes aéreas de la planta (Veronese et al. 2003). Hay informes de que la colonización de la planta en esta etapa ocurre en los ciclos de proliferación y eliminación del hongo, con la eliminación siendo probablemente impulsada por respuestas de defensa de la planta (Fradin y Thomma 2006). El hongo entra en una etapa saprofitica durante el necrosamiento del tejido o la senescencia de la planta. Aparte de los tejidos vasculares, también se colonizan los brotes y las raíces de la planta. En la infección por *V. dahliae*, se producen grandes cantidades de microesclerocios (Fig. 8.5.2b y 8.5.2c).

8.5.6 Medidas de cuarentena

Se deben hacer esfuerzos para prevenir la entrada del agente patógeno en importantes regiones cacaoteras. Es necesario restringir el movimiento de germoplasma hacia áreas donde no se presenta la enfermedad y recolectar ramas para la injertación de yemas en áreas libres del patógeno. Cuando el material vegetal proviene de zonas infestadas, debe pasar por una estación de cuarentena para observación y análisis ya que el hongo puede seguir estando latente al interior del tejido de la planta. A menudo se observan síntomas de decoloración vascular. La ausencia del patógeno debe confirmarse mediante el aislamiento directo en un medio de cultivo de agar alcohol antes de despachar el material (Freitas y Mendes 2005). Se puede aislar *V. dahliae* del xilema de raíces, tallos, ramas, ramitas y hasta hojas y semillas. Los esfuerzos recientes para detectar ambas especies de *Verticillium* están principalmente enfocados hacia el uso de sondas de hibridación (ADN). En Francia se está utilizando una prueba de ELISA para *V. albo-atrum* para probar pelargonios certificados (CABI/EPPO).

Según Pereira et al. (2008), se puede controlar el marchitamiento por *Verticillium*

mediante el uso de la resistencia genética en asociación con medidas culturales, tales como uso de plántulas sanas, remoción de residuos de cultivos infectados, fertilización balanceada, riego y aplicación apropiada de fungicidas sistémicos, aunque pueda que el uso de estos productos no sea factible ya que el hongo sobrevive en desechos vegetales o en el suelo en forma de microesclerocios durante períodos prolongados. Si bien es aconsejable la resistencia genética, aún no hay material genético disponible que tenga un nivel satisfactorio de resistencia, aunque el cultivar POUND 7 se ha destacado en pruebas de selección por ser parcialmente resistente a la enfermedad.

La Organización Europea y Mediterránea de Protección de las Plantas (EPPO, sus siglas en inglés) recomienda que el material de siembra provenga de un campo donde no se ha presentado marchitamiento por *Verticillium* en los últimos cinco años y que las consignaciones y sus plantas madre hayan sido libres de la enfermedad en la última estación de cultivo. Tales medidas son pertinentes tanto para un esquema de certificación nacional como para la certificación fitosanitaria internacional (CABI/EPPO).

8.5.7 Referencias y lecturas complementarias

- Agriannual. 2009. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos. 500 pp.
- Agrios GN. 2005. Plant Pathology. 5th ed. London: Academic. 922 pp.
- Almeida OC, Almeida LCC, Figueiredo JM. 1989. Obtenção, em meio de cultura, de propágulos de *Verticillium dahliae* Kleb., causador da murcha de *Verticillium* em cacauero. *Agrotropica* 1:213-215.
- Ashworth LJ Jr. 1983. Aggressiveness of random and selected isolates of *Verticillium dahliae* from cotton and the quantitative relationship of internal inoculum to defoliation. *Phytopathology* 73:1292-1295.
- Bell AA. 1973. Nature of disease resistance. In: Proceedings of a Work Conference on *Verticillium* Wilt of Cotton, 1971. Texas: College Station. Publication ARS-S-19. Washington DC: United States Department of Agriculture. pp. 47-62.
- CABI/EPPO. Data Sheets on Quarantine Pests: *Verticillium* spp. on hops. Accesible desde la URL: <http://www.eppo.int> Fecha de acceso: 04 marzo 2009.
- Domsch KH, Gams W, Anderson T. 2007. Compendium of soil fungi. 2nd edition. IHW Verlag. Eching, Germany. 672 pp.
- Emechebe AM, Leakey CLA, Banage WB. 1971. *Verticillium* wilt of cacao in Uganda: Symptoms and establishment of pathogenicity. *Annals of Applied Biology* 69:223-227.
- Fradin EF, Thomma BPHJ. 2006. Physiology and molecular aspects of *Verticillium* wilt diseases caused by *V. dahliae* and *V. albo-atrum*. *Molecular Plant Pathology* 7:71-86.
- Freitas VM, Mendes MAS. 2005. Espécies de fungos exóticos para a cultura do cacau. Comunicado Técnico No. 124. EMBRAPA, Brasília, Brasil.
- Granada GG. 1989. Marchitez del cacao por *Verticillium dahliae*. *Cacaotero Colombiano* 12:17-28.
- Gómez-Alpizar L. 2001. *Verticillium dahliae*. PP-728 Pathogen Profiles (online). NC State University, 2001. Accesible desde la URL: <http://www.cals.ncsu.edu/course/pp728/Verticillium/Vertifin.htm>. Fecha de acceso: 2 marzo 2009.
- Johnson DA, Santo GS. 2001. Development of wilt in mint in response to infection by two pathotypes of *Verticillium dahliae* and co-infection by *Pratylenchus penetrans*. *Plant Disease* 85:1189-1192.
- Leakey CLA. 1965. Sudden death disease of cocoa in Uganda associated with *Verticillium dahliae* Kleb. East

African Agriculture and Forestry Journal 31:21-24.

- Pereira RB, Resende MLV, Ribeiro Jr PM, Amaral DR, Lucas GC, Cavalcanti FR. 2008. Ativação de defesa em cacauero contra a murcha-de-verticílio por extratos naturais e acibenzolar-S-metil. Pesquisa Agropecuária Brasileira 43:171-178.
- Resende MLV. 1994. Vascular wilt of cocoa (*Theobroma cacao* L.), caused by *Verticillium dahliae* Kleb.: studies on pathogenicity and resistance. PhD thesis, University of Bath, Bath, RU.
- Resende MLV, Flood J, Cooper RM. 1994. Host specialization of *Verticillium dahliae*, with emphasis on isolates from cocoa (*Theobroma cacao*). Plant Pathology 43:104-111.
- Resende MLV, Flood J, Cooper RM. 1995. Effect of method of inoculation, inoculum density and seedling age at inoculation on the expression of resistance of cocoa (*Theobroma cacao* L.) to *Verticillium dahliae* Kleb. Plant Pathology 44:374-383.
- Resende MLV, Mepsted R, Flood J, Cooper RM. 1996. Water relations and ethylene production as related to symptom expression in cocoa seedlings infected with defoliating and non-defoliating isolates of *Verticillium dahliae*. Plant Pathology 45:964-972.
- Schnathorst WC, Mathre DE. 1966. Host range and differentiation of a severe form of *Verticillium albo atrum* in cotton. Phytopathology 56:1155-1161.
- Schnathorst WC. 1981. Life cycle and epidemiology of *Verticillium*. In: Mace ME, Bell AA, Beckman CH, editors. Fungal Wilt Diseases of Plants. Academic Press. New York, USA. pp. 113-144.
- Sekamate MB, Okwakol MJN. 2007. The present knowledge on soil pests and pathogens in Uganda. African Journal of Ecology 45:9-19.
- Subbarao KV, Chassot A, Gordon TR, Hubbard JC, Bonello P, Mullin R, Okamoto D, Davis RM, Koike, ST. 1995. Genetic relationships and cross pathogenicities of *Verticillium dahliae* isolates from cauliflower and other crops. Phytopathology 85:1105-1112.
- Talboys PW. 1968. Water deficits in vascular diseases. In: Kozlowski TT, editor. Plant Water Consumption and Response, Vol. 2. Academic Press, New York. pp. 255-311.
- Tzeng DD, DeVay JE. 1985. Physiological responses of *Gossypium hirsutum* L. to infection by defoliating and non-defoliating pathotypes of *Verticillium dahliae* Kleb. Physiological Plant Pathology 26:57-72.
- Veronese P, Narasimhan ML, Stevenson RA, Zhu JK, Weller SC, Subbarao KV, Bressan RA. 2003. Identification of a locus controlling *Verticillium* disease symptom response in *Arabidopsis thaliana*. The Plant Journal 35:574-587.
- Xiao CL, Subbarao KV. 1998. Relationships between *Verticillium dahliae* inoculum density and wilt incidence, severity, and growth of cauliflower. Phytopathology 88:1108-1115.
- Xiao CL, Subbarao KV. 2000. Effects of irrigation and *Verticillium dahliae* on cauliflower root and shoot growth dynamics. Phytopathology 90:995-1004.

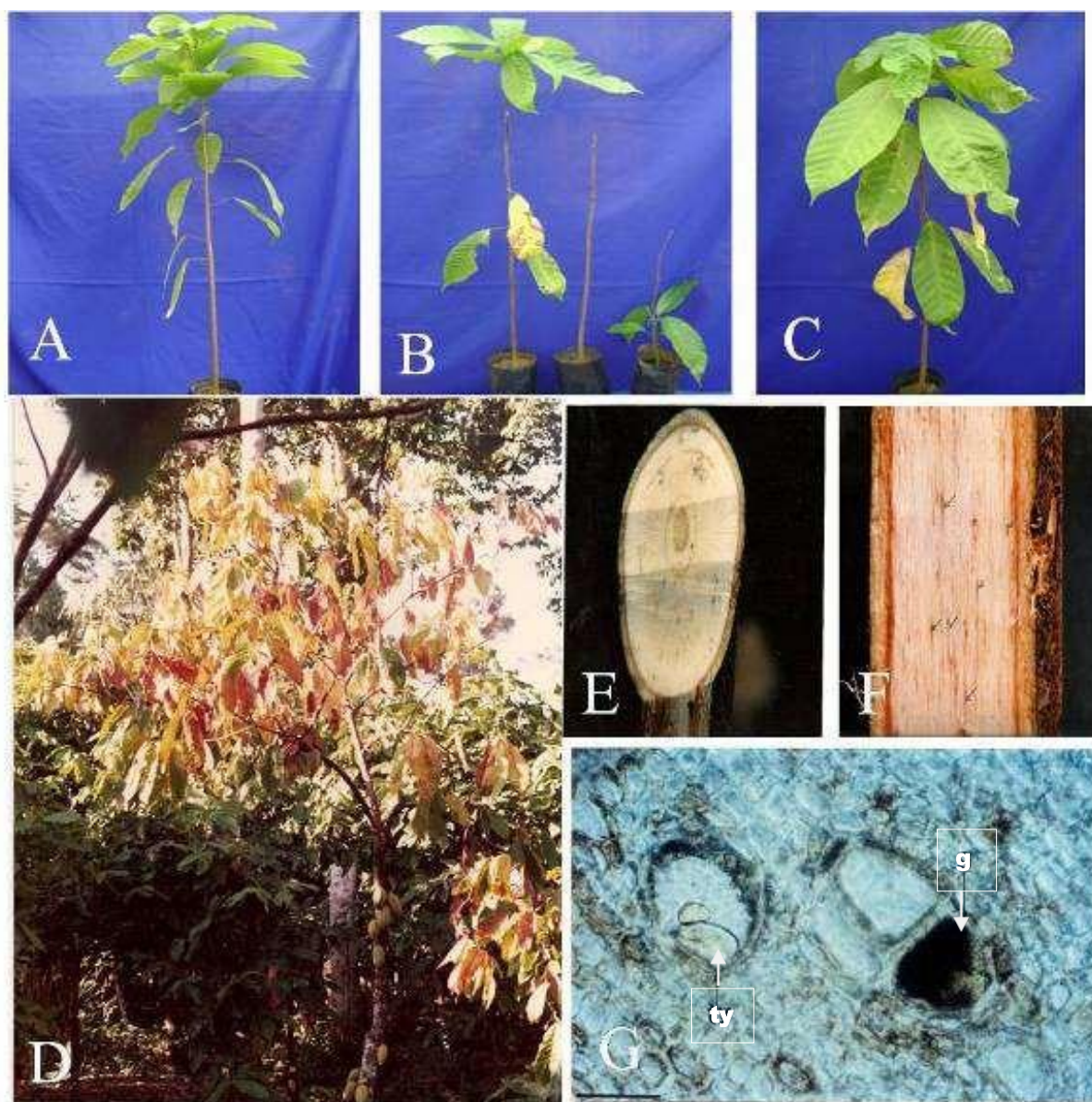


Figura 8.5.1 Síntomas externos (A–D) e internos (E–G) de la interacción *Verticillium dahliae*-cacao (MLV Resende, Univ. Federal de Lavras, Brasil):

- A Epinastia (desde la base hacia el ápice; dirección acropetal)
- B Defoliación
- C Sin defoliación
- D Marchitamiento general de las hojas en condiciones de campo
- E Sección transversal de una rama de cacao que muestra decoloración vascular
- F Sección longitudinal que muestra rayado vascular
- G Sección transversal de un tallo de cacao infectado bajo microscopía de luz: depósitos de aglutinante color marrón oscuro (g) y tilosis (ty), producidos en respuesta a la infección (Barra de escala equivalente a 50 μ m).

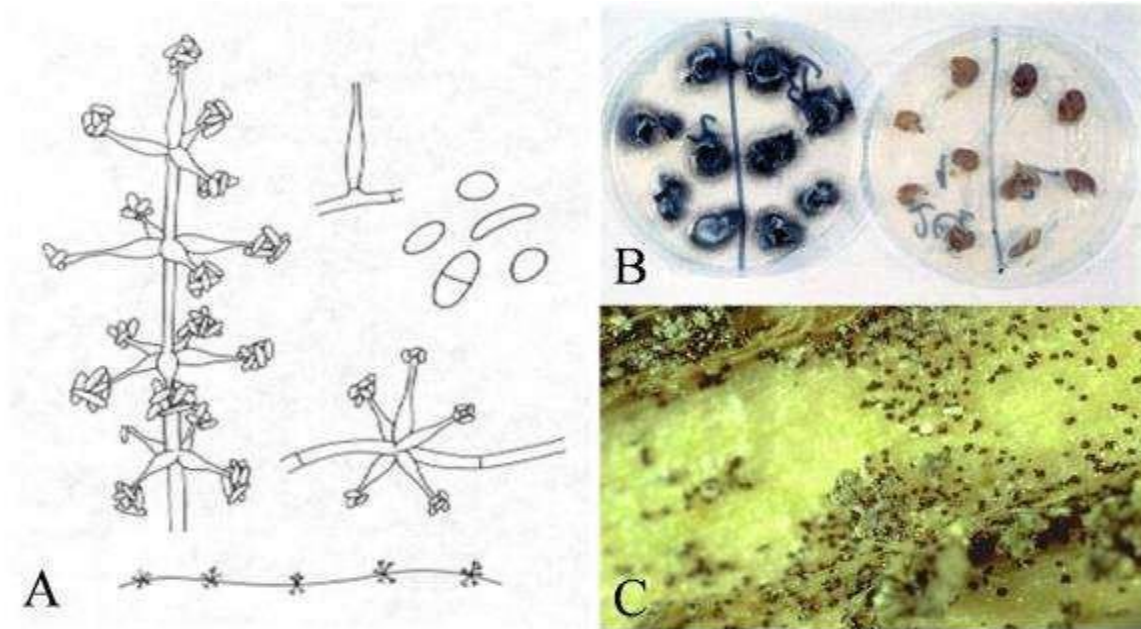


Figura 8.5.2 Ciclo biológico de *Verticillium dahliae*:

- A Dibujo lineal de hifas, conidióforos y conidios de *Verticillium* spp. (Gómez-Alpízar 2001)
- B Morfología de una colonia típica de *V. dahliae* que ha sido nuevamente aislada de cortes transversales de tallos de cacao en un medio de agar alcohol. Los platos Petri contienen muestras de plantas infectadas (a la izquierda) y no infectadas (a la derecha) (MLV Resende, Univ. Federal de Lavras, Brazil)
- C Microesclerocios en tallo infectado de algodón (Gómez-Alpízar 2001).

8.6 Marchitez por *Ceratocystis* o mal de machete en cacao

Carmen Suárez-Capello

Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo, Ecuador Correo electrónico: csuarez@uteq.edu.ec

8.6.1 Agente causal

Ceratocystis cacaofunesta Engelbr. & T.C. Harr.

La marchitez por *Ceratocystis*, también conocida como mal de machete, en cacao es causada por una forma especializada de *Ceratocystis fimbriata*, específica a la planta hospedante, ahora conocida como *C. cacaofunesta* (Engelbrecht y Harrington 2005).

Ceratocystis cacaofunesta es un importante patógeno del cacao (*Theobroma cacao*) y del género relacionado *Herrania* spp., causando marchitez y muerte de los árboles

infectados. Este patógeno del cacao pertenece al clado latinoamericano del complejo de especies de *C. fimbriata*, el cual presenta una importante variación genética y un amplio rango de plantas hospedantes. Para una revisión extensa del género, refiérase al Compendio de Protección de Cultivos de CABI, actualizado en el 2001 por CJ Baker y TC Harrington y publicado por CABI Publishing (CAB International 2001).

8.6.2 Síntomas

Los árboles infectados muestran follaje marchito, de color marrón, bien sea en una rama única o en todo el árbol, dependiendo si solamente está infectada una rama o si se trata del tallo principal. El primer síntoma que se presenta es un amarillamiento generalizado y una marchitez gradual de la parte infectada de la rama o del árbol, que progresivamente muere. La marchitez por *Ceratocystis* se reconoce típicamente por el follaje marchito de color marrón que pende del árbol sin caer, aun cuando se sacude la rama o el árbol infectado (Fig. 8.6.1). Los árboles enfermos atraen a los escarabajos del género *Xyleborus*, los cuales perforan las ramas o el tallo principal (Saunders 1965). Los escarabajos ambrosia empujan el excremento hacia fuera del tallo o rama, y éste se acumula en la base del árbol en forma de finas masas polvorientas, reconocido como la primera señal positiva de la marchitez por *Ceratocystis* (Fig. 8.6.2). Con frecuencia incluso se ve el excremento antes de que el amarillamiento del árbol se haga visible.

8.6.3 Plantas hospedantes alternas

Theobroma cacao y el género relacionado *Herrania* son plantas hospedantes de esta forma especializada del complejo de *Ceratocystis*. No se han reportado otras especies de *Theobroma* como susceptibles (Engelbrecht et al. 2007).

8.6.4 Distribución geográfica

La marchitez por *Ceratocystis* (como *C. fimbriata* Ellis y Halstead) fue reportada por primera vez en cacao en Ecuador occidental en 1918 (Rorer 1918), luego en Colombia en 1940, en Venezuela y Costa Rica en 1958 (Thorold 1975), y en Trinidad y Tobago en 1958 (Spence y Moll 1958). Hay informes de la presencia de la enfermedad desde Guatemala (Schieber y Sosa 1960) y América Central hasta la parte norte de América del Sur, incluyendo la Amazonia peruana (Soberanis et al. 1999), Ecuador, Colombia y Venezuela (Thorold 1975). En Brasil, la enfermedad fue detectada en la Amazonia suroccidental (Rondônia) en 1978 (Bastos y Evans 1978) y más recientemente en Bahía (Bezerra 1997), que se encuentra fuera del rango nativo de *T. cacao*. La enfermedad también se ha detectado en Guayana Francesa (M Ducamp, comunicación personal). Dos sublíneas estrechamente relacionadas existen dentro de esta especie, una centrada en Ecuador occidental y la otra con aislamientos de Brasil, Colombia y Costa Rica. Las dos sublíneas difieren poco en morfología, pero son interestériles y presentan marcadores de microsatélite únicos (Engelbrecht et al. 2007). Por otra parte, Engelbrecht y Harrington (2005) diferencian la especie *C. cacaofunesta*, específica a un hospedero, por su patogenicidad en cacao y la ubica en Ecuador occidental, Brasil, Costa Rica y Colombia. Esta diferenciación ciertamente explica la variación en

agresividad observada cuando se trabaja con inoculaciones artificiales del patógeno (C. Suárez-Capello, observación personal).

8.6.5 Biología

Ceratocystis cacaofunesta normalmente se introduce a las plantas de cacao a través de lesiones recientes, como las producidas durante la poda o la cosecha de mazorcas (Malaguti 1952), y se moviliza a través de la planta hospedante en el xilema secundario.

Los escarabajos ambrosia del género *Xyleborus* a menudo atacan la madera de árboles infectados (Saunders 1965), atraídos primeramente por el fuerte olor a banano emitido por el hongo. Los excrementos que empuja hacia el exterior del tallo o rama a medida que los escarabajos excavan sus galerías contienen inóculo viable del hongo (esporas asexuales, conidios y aleurioconidios) (Iton y Conway 1961), y puede ser llevado por el viento o las salpicaduras de agua lluvia a las lesiones en otros árboles (Iton 1960). La hoja del machete es otro medio de dispersión efectivo del hongo (Malaguti 1952).

El hongo se mueve a través del xilema, frecuentemente concentrándose en los haces vasculares, originando una mancha profunda dondequiera que crezca. Se moviliza lenta y sistémicamente a través de la planta, de manera parecida a los hongos que causan marchitez vascular, pero destruye más fácilmente el tejido del parénquima. El hongo también destruye el cambium y tejido de la corteza, creando chancros en el tallo o rama, generalmente asociados con un debilitamiento del árbol. Los chancros causados por *Ceratocystis* solamente son visibles en una etapa muy tardía del proceso de infección en árboles maduros. En plántulas de seis meses de edad inoculadas con el hongo, puede tardar de seis a ocho meses para que se presenten los síntomas de la enfermedad, dependiendo del grado de resistencia de la planta.

El hongo esporula abundantemente en las superficies de lesiones de ramas enfermas. Estas capas esporulantes no solo producen peritecios (cuerpos fructíferos, Fig. 8.6.3) que exudan masas pegajosas de esporas para dispersar, sino que expiden un olor característico parecido al banano, el cual atrae a los escarabajos que se alimentan del hongo. Dichos escarabajos luego pueden servir como vectores para ayudar a diseminar el hongo dentro del tejido del cacao a través de las galerías que forman.

Los árboles son severamente infectados en su base, tal vez debido a lesiones infectadas cerca del nivel del suelo. Las esporas en el estiércol repartido por el viento o las esporas transportadas por insectos que se alimentan con el hongo pueden infectar heridas frescas. El nombre de 'mal de machete' proviene de la asociación de dichas infecciones con lesiones causadas por el machete.

8.6.6 Medidas de Cuarentena

El micelio del hongo es tan infeccioso como las esporas (tanto los conidios como las ascosporas). Germinan fácilmente en agua sin ninguna latencia. Después de su penetración, se produce un extenso crecimiento del micelio dentro del tejido del cacao, mucho antes de que cualquier síntoma se haga visible.

A continuación se enumeran las partes de la planta de cacao capaces de portar la plaga durante la comercialización y el transporte:

- Raíces: hifas; portado internamente; invisible.
- Tallos (aéreos)/brotes/troncos/ramas: hifas, organismos fructíferos; portado interna y externamente; visible a simple vista.

La semilla es la única parte de la planta de la que no se conoce que transmita la plaga durante la comercialización y el transporte.

Por consiguiente, los esquejes infestados de *T. cacao* muy probablemente serían el único medio por el cual *C. cacaofunesta* puede difundirse a áreas nuevas. En consecuencia, se debe evitar transportar plantas enteras o esquejes desde áreas donde *C. cacaofunesta* está presente y, en la medida que sea posible, solamente se debe recolectar material vegetativo de siembra de áreas libres del hongo. Los esquejes de plantas cultivadas donde la enfermedad está presente deben enviarse y mantenerse en una estación de cuarentena intermedia en un área libre de la enfermedad e injertarse en patrones de material resistente, preferentemente cultivado en un área libre de la enfermedad. Del mismo modo que con otras enfermedades del xilema, los injertos deberían mantenerse por varios ciclos de crecimiento sucesivo para confirmar que están libres de *C. cacaofunesta*. Se recomienda tratar los esquejes con insecticida-fungicida.

8.6.7 Referencias

- Bastos CN, Evans HC. 1978. Ocorrência de *Ceratocystis fimbriata* Ell & Halst. na Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica* 8:543–544.
- Bezerra JL. 1997. *Ceratocystis fimbriata* causing death of budded cocoa seedlings in Bahia, Brazil. *Incoped Newsletter* 1:6.
- CAB International. 2001. *Ceratocystis fimbriata* [original text Crop protection prepared by CJ Baker and TC Harrington]. In: *Crop Protection Compendium*. CAB International. Wallingford, RU.
- Engelbrecht CJB, Harrington TC. 2005. Intersterility, morphology and taxonomy of *Ceratocystis fimbriata* on sweet potato, cacao and sycamore. *Mycologia* 97:57–69.
- Engelbrecht CJB, Harrington TC, Alfenas AC, Suarez C. 2007. Genetic variation in populations of the cacao wilt pathogen, *Ceratocystis cacaofunesta*. *Plant Pathology* 56:923–933.
- Harrington TC. 2000. Host specialization and speciation in the American wilt pathogen *Ceratocystis fimbriata*. *Fitopatologia Brasileira* 25:262–263.
- Iton EF. 1960. Studies on a wilt disease of cacao at River Estate. II. Some aspects of wind transmission. In: *Annual Report on Cacao Research, 1959–1960*. Imperial College of Tropical Agriculture, University of the West Indies, St Augustine, Trinidad. pp. 47–58.
- Iton EF, Conway GR. 1961. Studies on a wilt disease of cacao at River Estate III. Some aspects of the Biology and habits of *Xyleborus* spp. and their relation to disease transmission. In: *Annual Report on Cacao Research 1959–1960*. Imperial College of Tropical Agriculture, University of the West Indies St Augustine, Trinidad. pp. 59–65.
- Malaguti G. 1952. *Ceratostomella fimbriata* en el cacao de Venezuela. *Acta Científica Venezolana* 3:94–97.
- Rorer JB. 1918. Enfermedades y plagas del cacao en el Ecuador y métodos modernos apropiados al cultivo del cacao. *Asociación de Agricultores*. Guayaquil, Ecuador.
- Saunders JL. 1965. The *Xyleborus-Ceratocystis* complex of cacao. *Cacao* 10:7–13.

Schieber E, Sosa ON. 1960. Cacao canker in Guatemala incited by *Ceratocystis fimbriata*. Plant Disease Reporter 44:672.

Soberanis W, Rios R, Arevalo E, Zuniga L, Cabezas O, Krauss U. 1999. Increased frequency of phytosanitary pod removal in cacao (*Theobroma cacao*) increases yield economically in eastern Peru. Crop Protection 18:677–685.

Spence JA, Moll ER. 1958. Preliminary observations on a wilt condition of cocoa. Journal of the Agricultural Society of Trinidad 58:349–59.

Thorold CA. 1975. Diseases of Cocoa. Oxford University Press, Oxford, RU.



Figura 8.6.1 Árbol infectado con follaje marchito de color pardo
(C. Suárez-Capello, UTEQ, Ecuador)



Figura 8.6.2 Abundante excremento de escarabajos ambrosia acumulado en la base de un árbol infectado
(C. Suárez-Capello, UTEQ, Ecuador)

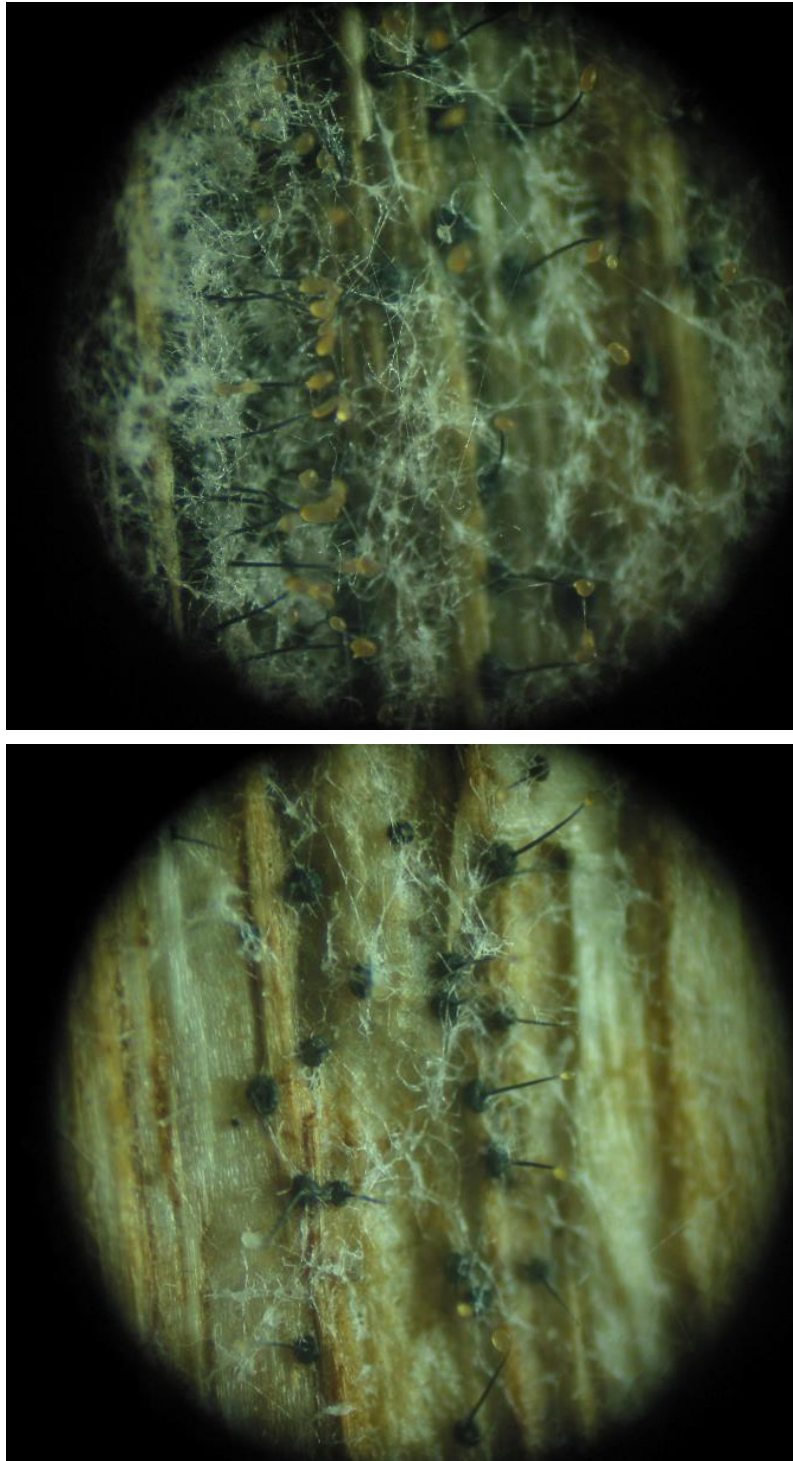


Figura 8.6.3 Peritecios de *Ceratocystis cacaofunesta* creciendo sobre el xilema de ramas de cacao inoculadas con el patógeno (C Suárez-Capello, UTEQ, Ecuador)

8.7 Pudrición radical por *Rosellinia*

Fabio Aranzazu Hernández¹, Darwin H. Martínez Botello¹ y G Martijn ten Hoopen²
¹FEDECACAO, Departamento de Investigación, Cra 23 No. 36-16, Oficina 203, Bucaramanga, Santander, Colombia.

Correo electrónico: fabioaranzazu@hotmail.com

² CIRAD, UPR Bioagresseurs, F-34398 Montpellier, France.

Bioagresseurs, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France. c/o Cocoa Research Centre, University of the West Indies, St Augustine, TRINIDAD & TOBAGO

Correo electrónico: tenhoopen@cirad.fr

8.7.1 Agentes causales

Los agentes causales son *Rosellinia bunodes* (Berk. et Br.) Sacc; *Rosellinia pepo* Pat. y *Rosellinia paraguayensis* Starb, este último descrito solamente una vez en cacao en Granada (Waterston 1941).

8.7.2 Síntomas

Los síntomas de enfermedad por *Rosellinia* spp., un patógeno transmitido por el suelo, se presentan en las partes aéreas de las plantas, similares a los causados por muchas otras enfermedades de la raíz. En los cultivos de cacao y café, los primeros síntomas incluyen amarillamiento y secamiento de las hojas, defoliación, secamiento de las ramas arbóreas y finalmente muerte del arbusto o árbol. Los frutos inmaduros tienden a madurarse prematuramente, no contienen granos y, cuando no se cosechan, se tornan negros secándose (Merchán 1989, 1993, Mendoza 2000, Ten Hoopen y Krauss 2006).

Aunque los síntomas externos de la enfermedad son similares tanto para *R. pepo* como para *R. bunodes*, existen diferencias respecto a la forma en que el micelio se organiza en las raíces. En el caso de *R. pepo*, el micelio se presenta en las raíces como cordones miceliales grisáceos en forma de estrella que se tornan negros y se unen en una masa algodonosa. Debajo de la corteza, se pueden observar abanicos en forma de estrella (Fig. 8.7.1). En el caso de *R. bunodes*, se presentan cordones ramificados ennegrecidos firmemente adheridos a las raíces, que pueden engrosarse hasta formar nudos irregulares (Fig. 8.7.2). Además, se puede observar *R. bunodes* tanto al exterior como al interior de la corteza de la raíz (Fig. 8.7.3) y, en condiciones húmedas, puede extenderse mucho más por encima de la superficie del suelo (Sivanesan y Holliday 1972).

En las Américas, *Rosellinia* y *Ceratocystis cacaofunesta* (anteriormente *C. fimbriata*; véase sección 8.6 de estas directrices) parecen actuar juntos ya que a menudo se encuentran juntos en cacao (Aranzazu et al. 1999, Ten Hoopen y Krauss 2006). Los síntomas de uno de los patógenos pueden ocultar la presencia del otro.

8.7.3 Distribución geográfica

Rosellinia pepo y *R. bunodes* se presentan en zonas tropicales en América Central y del Sur, África Occidental, Indias Occidentales y Asia. La distribución de *R. pepo* es probablemente más restringida que la de *R. bunodes* (Waterston 1941, Saccas 1956,

Sivanesan y Holliday 1972, Holliday 1980). Para más información consulte también <https://nt.ars-grin.gov/fungalatabases/> y el Compendio de Protección de Cultivos de CABI <http://www.cabi.org/Uploads/CABI/publishing/promotional-materials/insert/Cpc%20A4%20Flyer%20Spanish.pdf>

8.7.4 Plantas hospedantes

Rosellinia bunodes y *R. pepo* atacan numerosos cultivos comerciales y especies arbóreas como aguacate (*Persea americana*), plátano (*Musa* AAB), café, cacao, lima (*Citrus aurantifolia*), nuez moscada (*Myristica fragrans*), *Inga* spp., *Leucena* spp. y *Erythrina* spp., entre otros (Waterston 1941, Saccas 1956, Booth y Holliday 1972, Sivanesan y Holliday 1972, Aranzazu et al. 1999, Ten Hoopen y Krauss 2006). Muchas de estas plantas hospedantes están a menudo asociadas con cacao.

8.7.5 Biología

Los brotes de pudrición radical por *Rosellinia* a menudo se caracterizan por su aparición por sectores (Fig. 8.7.4) que se extienden en un patrón circular debido a la manera en que el patógeno infesta las plantas circundantes. Se cree en general que *Rosellinia* spp. se difunde mediante el contacto directo de raíces con raíces enfermas de plantas hospedantes (Aranzazu et al. 1999) y, hasta la fecha, no hay claridad sobre el papel que desempeñan los ascosporos o esclerocios en la epidemiología de la enfermedad. No existe evidencia de que las herramientas utilizadas por los agricultores desempeñan un papel en la propagación de la enfermedad.

Los puntos iniciales de infección a menudo están asociados con árboles de sombrero ya muertos o en proceso de serlo. El sistema de raíces en descomposición permite la infección por *Rosellinia*, la cual posteriormente acumula suficiente potencial de inóculo para infectar árboles sanos (Ten Hoopen y Krauss 2006). El impacto económico de *Rosellinia* se debe no solo a la pérdida progresiva de árboles productivos, los costos incurridos en la eliminación de árboles enfermos y en el control de la enfermedad, sino también porque los agricultores deben esperar varios años antes de resembrar en suelo contaminados con la enfermedad.

Rosellinia bunodes y *R. pepo* tienen requerimientos similares en cuanto a condiciones edáficas y climáticas. Tanto *R. bunodes* como *R. pepo* a menudo están asociados con suelos ácidos, ricos en materia orgánica (Waterston 1941, López y Fernández 1966, Mendoza et al. 2003). En aquellas áreas donde ambas especies están presentes, no es inusual que ambas infecten una planta al mismo tiempo.

8.7.6 Medidas de cuarentena

Las siguientes partes de la planta de cacao pueden transmitir la enfermedad:

- Raíces
- Troncos/ramas
- Medios de cultivo que acompañan las plantas (podrían portar inóculo de *Rosellinia*)

Es improbable que las siguientes partes de la planta de cacao transmitan la enfermedad:

- Mazorcas
- Semillas (aún no se ha demostrado que éstas transmiten la enfermedad)
- Hojas.

No deben enviarse plantas enteras o esquejes desde áreas infectadas con *Rosellinia*. Cuando se requiere material clonal, en la medida que sea posible éste debe suministrarse en forma de esquejes obtenidos de áreas libres de la enfermedad. Los esquejes obtenidos de plantas cultivadas en áreas infectadas deben ser enviados a una estación de cuarentena intermedia en un área libre de la enfermedad y luego ser injertadas en patrones a partir de semilla recolectada de un área libre de la enfermedad. Cuando se obtienen esquejes de plantas cultivadas en un área infectada, hay que tener cuidado de que el árbol que proporciona el esqueje y todos los árboles circundantes no muestren síntomas de la enfermedad.



Figura 8.7.1 Árbol de cacao afectado por *Rosellinia* sp. (F Aranzazu, FEDECACAO)



Figura 8.7.2 Estrellas causadas por *Rosellinia pepo* en raíces de cacao (F Aranzazu, FEDECACAO)



Figura 8.7.3 Cordón ennegrecido y nudos irregulares causados por *Rosellinia bunodes* (aquí en un cafeto) (BL Castro, Cenicafé)



Figura 8.7.4 Micelio de *Rosellinia* de color gris creciendo sobre la corteza de una raíz (F Aranzazu, FEDECACAO)

8.7.7 Referencias

- Schieber E, Sosa ON. 1960. Cacao canker in Guatemala incited by *Ceratocystis fimbriata*. Plant Disease Reporter
- Aranzazu F, Cárdenas J, Mujica J, Gómez R. 1999. Manejo de las llagas radicales (*Rosellinia* sp.). Boletín de Sanidad Vegetal 23. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y Corpoica, Santafé de Bogotá, Colombia.
- Booth C, Holliday P. 1972. *Rosellinia pepo*. Descriptions of pathogenic fungi and bacteria, No. 354. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, RU.
- Holliday P. 1980. *Fungus diseases of tropical crops*. Cambridge University Press. Cambridge, RU. 607 pp.
- López S, Fernández O. 1966. Llagas radicales negra (*Rosellinia bunodes*) y estrellada (*Rosellinia pepo*) del café. II. Efecto de la humedad y pH del suelo en el desarrollo micelial e infección. Cenicafé 17:61-69.
- Mendoza RA. 2000. Aislamiento selectivo y pretamizado en bioensayos de micoparásitos contra *Rosellinia* spp. MSc Thesis, CATIE, Costa Rica.
- Mendoza RA, Ten Hoopen GM, Kass DCJ, Sánchez VA, Krauss U. 2003. Evaluation of mycoparasites as biocontrol agents of *Rosellinia* root rot in cocoa. Biological Control 27:210-227.
- Merchán VM. 1989. Manejo de enfermedades en cacao. Ascolfi Informa 15:10-14.
- Merchán VM. 1993. Experiencias en el manejo de *Rosellinia*. Ascolfi Informa 19:23-24.
- Saccas AM. 1956. Les *Rosellinia* des caféiers en Oubangui-Chari. L'Agronomie Tropicale 11:551-595 & 11:687-706.
- Sivanesan A, Holliday P. 1972. *Rosellinia bunodes*. Descriptions of pathogenic fungi and bacteria No. 351. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, RU.
- Ten Hoopen GM, Krauss U. 2006. Biology and control of *Rosellinia bunodes*, *Rosellinia necatrix* and *Rosellinia pepo*: a review. Crop Protection 25:89-107.
- Waterston JM. 1941. Observations on the parasitism of *Rosellinia pepo* Pat. Tropical Agriculture 18:174-184.

9. Insectos plaga

Colin Campbell

480 London Road, Ditton, Aylesford, Kent, ME20 6BZ, Reino Unido
Correo electrónico: cam_campbell@tiscali.co.uk

Una rica diversidad de insectos está asociada con el cultivo de cacao, lo que a menudo refleja la composición de la fauna forestal local pero también incluye plagas asociadas específicamente con especies de sombrero y otros cultivos en el sistema de cultivo. Entwistle incluyó cerca de 1400 especies en su lista de 1972 de especies que se alimentan del cacao. El número de especies encontradas en el cultivo de cacao aumenta a casi 3200 si se incluyen enemigos naturales, polinizadores y ácaros (Bigger 2012), aunque algunas de estas especies pueden ser visitantes ocasionales.

Las principales insectos plaga del cacao incluyen el barrenador de la mazorca del cacao (ver sección 10), miridos (ver secciones 11.1 y 11.2) y chinches harinosos (ver sección 12). Sin embargo, otras plagas pueden tener significancia local o se pueden presentar explosiones de población de vez en cuando, lo que requiere de seguimiento de parte de los que participan en cualquier movimiento de germoplasma para minimizar el riesgo de transferir cualquier plaga presente en el material vegetal.

9.1 Recomendaciones generales de cuarentena para insectos plaga

Se debe tener sumo cuidado al movilizar mazorcas enteras debido al riesgo de plagas y huevos en la superficie de las mazorcas o en su interior. Se necesitan precauciones particulares en las áreas infectadas por el barrenador de la mazorca del cacao (ver sección 9.2).

Cuando se transfiere material vegetal como esquejes, hay que tener cuidado de cosechar los esquejes de ramas que no muestran señales visuales de insectos vivos o de daño causado por insectos. Los esquejes deben tratarse con un pesticida apropiado según las pautas locales. Sin embargo, puesto que puede suceder que no se eliminen todos los huevos de insectos mediante una inmersión en pesticida, se recomienda que, al recibir los esquejes, las plantas injertadas se mantengan posteriormente en una jaula a prueba de insectos y se examinen diariamente por la presencia de actividad de insectos.

9.1.1 Referencias

Bigger M. 2012. Geographical distribution list of insects and mites associated with cocoa, derived from literature published before 2010. Available from URL: <http://www.incocoa.org/incoped/documents.php>

Entwistle PF. 1972. Pests of Cocoa. Longman, UK. 779 pp.

9.2 Barrenador de la mazorca de cacao (CPB)

Alias Awang y Kelvin Lamin

Malaysian Cocoa Board (MCB), Locked Bag 211, 88999 Kota Kinabalu, Sabah, Malasia

Correo electrónico: aliasawang@koko.gov.my

9.2.1 Nombre científico

El nombre científico del barrenador de la mazorca de cacao (cocoa pod borer, CPB) es *Conopomorpha cramerella* (Snellen) (Lepidoptera: Gracillariidae).

9.2.2 Síntomas

Las mazorcas inmaduras infestadas muestran manchas amarillas pre-maduración (Fig. 9.2.1). Las perforaciones de entrada de las larvas en la superficie de la mazorca apenas se pueden ver a simple vista, pero pueden detectarse al afeitar la corteza. Las larvas dejan orificios de salida característicos de 1–2 mm en diámetro en las paredes de la mazorca (Fig. 9.2.2). Los granos de cacao de mazorcas infestadas a menudo se agrupan y son difíciles, cuando no imposibles, de extraer (Fig. 9.2.3). Los granos pueden empezar a germinar dentro de las mazorcas que están infestadas cuando éstas están próximas a alcanzar su madurez (Azhar 1986).

9.2.3 Distribución geográfica

La plaga se distribuye ampliamente en todo el Sudeste Asiático, incluyendo Malasia, Indonesia, Filipinas y Papúa Nueva Guinea.



Figura 9.2.1 Amarillamiento disparejo de mazorcas inmaduras debido a la infestación del barrenador de la mazorca (A Alias, MCB)



Figura 9.2.2 Orificio de salida de las larvas del barrenador de la mazorca en una pared de la mazorca (A Alias, MCB)



Figura 9.2.3 Granos agrupados en una masa sólida como resultado del proceso de alimentación del barrenador de la mazorca (A Alias, MCB)

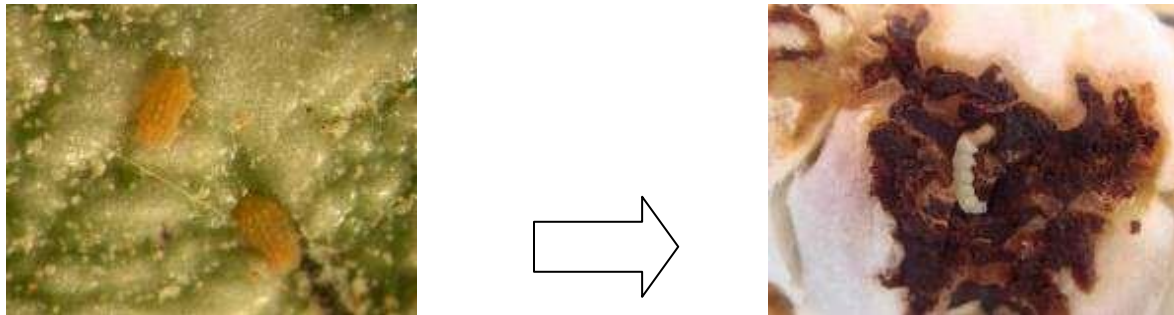
9.2.4 Plantas hospedantes

Además del cacao, otras plantas hospedantes conocidas incluyen los frutos de las sapindáceas *Nephelium lappaceum*, *N. mutabile*, *Euphoria malaiense* y *Pometia* spp., la leguminosa *Cynometra cauliflora* y la malvaceous *Cola nitida*. Las especies de las familias Sapindaceae y Leguminosae podrían ser las plantas hospedantes originales del barrenador de la mazorca puesto que el cacao no es autóctono al Sudeste Asiático.

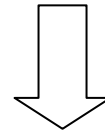
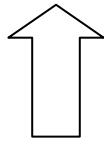
9.2.5 Biología

El ciclo de vida del barrenador de la mazorca se ilustra en la Fig. 9.2.4. Las polillas hembras pueden poner cada una de 40–100 huevos (máximo 300). Los huevos ovalados y marcadamente aplanados, de 0,6 de mm de largo, generalmente son colocados uno por uno cerca de los surcos en la superficie de la mazorca. Los huevos eclosionan después de aproximadamente tres días, cambiando su color durante el proceso de maduración de anaranjado a casi incoloro. Las larvas recién eclosionadas inmediatamente perforan a través de las paredes de la mazorca (Fig. 9.2.5). Ya dentro de la mazorca, las larvas se alimentan durante 14–21 días del mucílago, pulpa, placenta y a veces la testa de los cotiledones. Una vez alcancen su madurez, las larvas perforan la pared de la mazorca (Fig. 9.2.6) y se transforman en pupas dentro de capullos de seda en las hojas, las mazorcas o en la hojarasca seca en el suelo (Fig. 9.2.7). Las pupas cambian de un color verde claro inicial a un color gris oscuro en la medida que maduran. Los adultos emergen después de un período de pupación de 6–8 días y presentan una longitud de aproximadamente 5 mm con una envergadura alar de 13 mm. Las alas delanteras de los adultos recién emergidos muestran una franja blanca en zigzag con una mancha de color naranja-amarillo en la punta. Las polillas adultas son activas de noche, pero descansan durante el día, con sus alas, antenas y patas firmemente dobladas contra sus cuerpos, y se ubican transversalmente en la parte inferior de ramas inclinadas horizontalmente. La longevidad de los adultos es normalmente de una semana aproximadamente y, excepcionalmente, hasta de 30 días.

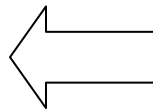
Una generación se completa generalmente en 27–33 días.



Huevos (2-7 días) Larvas (14-21 días)



Adulto (1-30 días)



Pupa (6-8 días)

Figura 9.2.4 Ciclo de vida y duración de las etapas de vida del barrenador de la mazorca de cacao (A Alias, MCB)

9.2.6 Medidas de cuarentena

Al transferir la semilla:

1. NO DEBEN enviarse mazorcas enteras sin abrir de zonas infestadas.
2. Las semillas debe obtenerse de mazorcas limpias sin señales de penetración de insectos u hongos dentro de la mazorca.
3. Los granos deben lavarse en agua, ser tratados con una mezcla apropiada de insecticida/fungicida y luego empacados en material de empaque nuevo.

Al transferir esquejes:

1. Los esquejes deben obtenerse de árboles que no presentan señales de penetración de insectos en las mazorcas.
2. Los esquejes deben tratarse con una mezcla apropiada de insecticida/fungicida y empacarse en material de empaque nuevo.



Figura 9.2.5 Larva recién eclosionada del barrenador de la mazorca cavando un túnel en la pared de la mazorca (A Alias, MCB)



Figura 9.2.6 Larva del barrenador de la mazorca emergiendo de su túnel de salida en la pared de la mazorca (A Alias, MCB)



Figura 9.2.7 Pupa del barrenador de la mazorca bajo su capullo de seda en la hojarasca (A Alias, MCB)

9.2.7 Referencias

- Azhar I. 1986. A threat of cocoa pod borer (*Conopomorpha cramerella*) infestation to the Malaysian cocoa industry. 1. On the biology damage. *Teknologi Koko-Kelapa MARDI* 2:53-60 (En malayo con resumen en inglés).
- Ooi PAC, Chan LG, Khoo KC, Teoh CH, Jusoh MM, Ho CT, Lim GS. 1987. Management of the cocoa pod borer. Malaysian Plant Protection Society. Kuala Lumpur, Malasia. 192 pp.

9.3 Miridos y otros insectos heterópteros chupadores

Colin Campbell

480 London Road, Ditton, Aylesford, Kent, ME20 6BZ, Reino Unido

Correo electrónico: cam_campbell@tiscali.co.uk

Los insectos chupadores de plantas de las familias Miridae y Pentatomidae son plagas del cultivo de cacao en todas las regiones geográficas, excepto las Indias Occidentales, mientras que algunos pocos géneros de estas familias son depredadores de otros insectos plaga.

Las especies de plagas más importantes varían entre las áreas de cultivo de cacao y se ha incluido una sección aparte (9.4) para tratar el mosquito del cacao (*Helopeltis theobromae*), que es de especial preocupación en el Sudeste Asiático.

9.3.1 Agente causal, distribución y síntomas

Entre las 56 especies de Miridae registradas en cacao en todo el mundo, 37 son insectos que se alimentan de plantas, 4 son depredadores y se desconoce el estado de las especies restantes (Bigger 2012). Cerca de siete especies de *Monalonia* se alimentan de los brotes y frutos del cacao en América del Sur y Central, junto con algunos pocos géneros menos comunes. *Sahlbergella singularis* (Fig. 9.3.1) y *Distantiella theobroma* (Fig. 9.3.2) son las especies más comunes y más dañinas en África occidental y central, muchas veces deteriorando severamente el dosel. Sin embargo, cuando los míridos se alimentan de las mazorcas, solo causan daño superficial. Con frecuencia las lesiones necróticas que resultan del proceso de alimentación (Figs. 9.3.3 y 9.3.4) son invadidas posteriormente por patógenos dañinos como el hongo de la mazorca negra (*Phytophthora* spp.) y enfermedades causadas por *Fusarium* spp. and *Lasiodiplodia* spp. (Adu-Acheampong & Archer, 2011).

Monalonia es reemplazado en África occidental y central, India, el Sudeste Asiático y Papúa Nueva Guinea por el igualmente grácil *Helopeltis*, del cual se conocen cerca de 21 especies (Bigger 2012). Muchas de las especies de *Helopeltis* que se presentan fuera de África causan daño severo al fruto y deterioran los brotes del dosel. Aunque las especies que se presentan en África se alimentan principalmente de frutos, produciendo muchas veces numerosas lesiones necróticas por el proceso de alimentación en las paredes de la mazorca, su aparato bucal no alcanza el grano y el daño económico ocasionado es poco.

9.3.2 Biología

La biología de todas las especies que se alimentan de plantas es muy similar y es tratada en detalle por Entwistle (1972). En todos los géneros, las hembras ovíparas inyectan sus huevos en el tejido vegetal con solo dos cuernos microscópicamente delgados adheridos al borde coriónico y una protuberancia leve del opérculo en forma de domo es expuesta. Los huevos generalmente eclosionan en 11–16 días. Las

ninfas se mudan cinco veces durante su desarrollo, convirtiéndose en adultos unas 3–4 semanas después de eclosionar. La mayoría de las especies se esconden en refugios oscuros bajo las mazorcas y ramas durante las horas diurnas, emergiendo solamente de noche para alimentarse. A menudo los míridos también caen del tejido en el cual se están alimentando si son perturbados, o rápidamente salen de vista. Los huevos presentes en los esquejes presentan el mayor riesgo de cuarentena, porque es posible que no todos mueran cuando se sumergen los esquejes en insecticida puesto que el período de incubación de los huevos es lo suficientemente largo para permitir que las ninfas de primer instar emergen sin ser detectadas durante la noche durante un período de tiempo considerable.

9.3.3 Otros insectos plaga

Además de los miridos, se han registrado más de 150 insectos heterópteros chupadores de plantas de cacao de 14 familias en todo el mundo, de los cuales 55 especies se han reportado como alimentándose del cultivo (Bigger 2009). La mayoría son principalmente plagas de menor importancia, pero en el contexto de material vegetal exportado, dos especies de pentatómidos merecen una mención especial. En América Latina, *Antiteuchus tripterus* es vector de una importante enfermedad fúngica que causa pudrición de la mazorca causada por *Moniliophthora rorei* (ver sección 8.2), y la presencia del insecto puede ser indicador de una infección latente de la enfermedad. En África Occidental y Central, la presencia del chinche africano del cacao *Bathycoelia thalassina* se ha vuelto cada vez más frecuente debido al aumento en la siembra de cacao híbrido, el cual porta mazorcas durante todo el año. Ambas especies son grandes insectos conspicuos con forma de escudo (> 1.5 cm de largo), cuyas hembras ponen sus huevos en tandas externamente en los brotes y las mazorcas. Por tanto, es poco probable que se pasen por alto huevos o estados activos de los insectos durante una inspección visual de material de exportación. Además, las hembras de *A. tripterus* protegen activamente sus huevos y ninfas recién nacidas, lo que las hace aún más obvias.

9.3.4 Referencias

- Adu-Acheampong R, Archer S. 2011. Diversity of fungi associated with mirid (Hemiptera: Miridae) feeding lesions and dieback disease of cocoa in Ghana. *International Journal of Agricultural Research* 6: 660-672.
- Bigger M. 2012. Geographical distribution list of insects and mites associated with cocoa, derived from literature published before 2010. Available from URL: <http://www.incocoa.org/incoped/documents.php>
- Entwistle PF. 1972. *Pests of Cocoa*. Longman, UK. 779 pp.



Figura 9.3.2 Adultos de *Sahlbergella singularis* (KF N'Guessan, CNRA)



Figura 9.3.3 Adultos de *Distantiella theobromae* (KF N'Guessan, CNRA)



Figura 9.3.4 Lesiones de color oscuro causadas por mÍridos en mazorcas de cacao (KF N'Guessan, CNRA)



Figura 9.3.5 Larvas de mÍridos en rama secundaria del árbol de cacao y lesiones de color oscuro causadas por mÍridos en la mazorca (KF N'Guessan, CNRA).

9.4 Mosquito del cacao

Saripah Bakar, Alias Awang y Azhar Ismail

Malaysian Cocoa Board, 5th and 6th Floor, Wisma SEDCO, Locked Bag 211, 88999 Kota Kinabalu, Sabah, Malasia

Correo electrónico: sari@koko.gov.my

9.4.1 Nombre científico

El nombre científico del mosquito del cacao es *Helopeltis theivora* (Waterhouse) (Hemiptera: Miridae).

9.4.2 Síntomas

Tanto las ninfas como los adultos de *Helopeltis* infestan los brotes jóvenes (Fig. 9.4.1), las mazorcas y los pedúnculos del cacao. Un solo insecto puede causar aproximadamente 25–35 lesiones por día. Las lesiones nuevas son acuosas, de color verde oscuro. Con el tiempo las lesiones se oscurecen y toman una forma ligeramente cóncava. Las lesiones viejas son también oscuras pero generalmente tienen una forma convexa (Fig. 9.4.2). La infestación en los brotes a menudo se presenta cuando solamente hay unas pocas mazorcas disponibles o como fuente alternativa de alimento (Alias 1983). Se puede reconocer la infestación del mosquito del cacao en los brotes por las lesiones ovaladas de color negro de aproximadamente 4–7mm de longitud. *Helopeltis* se alimenta del tejido parenquimatoso de la corteza de la mazorca del cacao, y esto generalmente induce marchitez de los frutos. Las mazorcas jóvenes, especialmente las de menos de tres meses de edad (Fig. 9.4.3), tienen pocas probabilidades de sobrevivir (Wan Ibrahim 1983). El daño causado por míridos puede conllevar a la invasión por plagas secundarias (Fig. 9.4.4) o patógenos que causan enfermedades. La mazorca del cacao se agrieta en infestaciones severas. Las mazorcas mueren generalmente ya sea debido a la infestación por *Helopeltis* propiamente o por infestaciones fúngicas a través de las lesiones (Gerard 1968). En las infestaciones muy severas, el árbol entero tiene apariencia de estar quemado.

9.4.3 Distribución geográfica

La plaga se distribuye ampliamente en todo el Sudeste Asiático, incluyendo Malasia, Indonesia y Papúa Nueva Guinea.

9.4.4 Plantas hospedantes

Otras plantas hospedantes conocidas de *Helopeltis* son mango, anacardo, guayaba, *Acalypha* spp. y cerezo japonés (Khoo et al. 1991). Según informes de Sarmah (2009), *Helopeltis theivora* también ha infestado plantaciones de té en el nordeste de la India.



Figura 9.4.1 Infestación por *Helopeltis* en brotes jóvenes (B Saripah, MCB)



Figura 9.4.2. Lesiones viejas de color oscuro en una mazorca de cacao (B Saripah, MCB)



Figura 9.4.3 Infestación por *Helopeltis* en un fruto (B Saripah, MCB)



Figura 9.4.4 Infestación por plaga secundaria (B Saripah, MCB)

9.4.5 Biología

El ciclo de vida de *Helopeltis* es entre 21–35 días. Una hembra adulta puede poner aproximadamente 80 huevos (Kalshoven 1980), los cuales tienen forma ovalada. De cada huevo surgen dos procesos coriónicos (Khoo et al. 1991). La hembra generalmente pone los huevos en la capa exterior de las mazorcas o debajo de la corteza de brotes jóvenes. Los huevos eclosionan en 5–7 días y luego hay cinco etapas de ninfa (Entwistle 1965), con un período de incubación de 2–17 días. El color de la ninfa cambia de verde claro (Fig. 9.4.5) a verde oscuro cuando se convierte en adulto. Las ninfas son más pequeñas y no tienen alas. Los adultos miden aproximadamente 5–10 mm de largo (Fig. 9.4.6).



Figura 9.4.5 Ninfa de *Helopeltis* de color verde claro (B Saripah, MCB)



Figura 9.4.6 *Helopeltis* adulto, generalmente de hasta 5.5 mm de longitud (B Saripah, MCB)

9.4.6 Medidas de cuarentena

No se recomienda el traslado de mazorcas de áreas infectadas con *Helopeltis* debido a la posible presencia de huevos en lesiones recientes. Cualquier material vegetal debe inspeccionarse cuidadosamente antes de su movilización. Se puede confirmar la presencia de huevos mediante la tinción del material utilizando azul de lactofenol y su posterior examen bajo el microscopio.

9.4.7 Referencias

- Alias A. 1983. Kajian pengaruh pucuk dan pod koko sebagai sumber makanan ke atas *Helopeltis theobromae* Miller (Hemiptera: Miridae). Bachelor Thesis. Universiti Putra Malaysia, Malasia.
- Entwistle PF. 1965. Cocoa Mirids - Part 1. A world review of biology and ecology. *Cocoa Growers' Bulletin* 5:16-20.
- Gerard BM. 1968. A note on mirid damage to mature cacao pods. *Nigerian Entomologist Magazine*: 59-60.
- Kalshoven LGE. 1980. Pests of crops in Indonesia. (Revised and edited by P.A. Van Der Laan). PT Ichtar Baru-Van Hoeve, Jakarta, Indonesia. 701 pp.
- Khoo KC, Ooi PAC, Ho CT. 1991. Crop pests and their management in Malaysia. Tropical Press Sdn. Bhd, Kuala Lumpur, Malasia. 242 pp.
- Sarmah M, Bandyopadhyay T. 2009. Colour variation and genetic diversity in tea mosquito bug [*Helopeltis theivora* (Hemiptera: Miridae)] Population from Badlabeta Tea Estate, Upper Assam, India. *Journal of Entomology* 6:155-160.
- Wan Ibrahim A. 1983. *Helopeltis* - Biology, ecology and control. MAPPS: Advances in Cocoa Plant Protection in Malaysia:16-18.

9.5 Chinchas harinosos y otros insectos

Colin Campbell

480 London Road, Ditton, Aylesford, Kent, ME20 6BZ, Reino Unido Correo electrónico:
cam_campbell@tiscali.co.uk

9.5.1 Chinchas harinosos

Con pocas excepciones, por ejemplo *Planococcus lilacinus* en el Sudeste Asiático y el Pacífico Sur que tiene saliva fitotóxica, rara vez causan los chinchas harinosos (Pseudococcidae) daño directamente en cacao. Su importancia radica principalmente en que sirven como vectores de diferentes virus. No todas las especies pueden transmitir virus que afectan el cacao y las que sí lo hacen difieren en su eficiencia como vectores. Solo 14 de las 21 especies de chinche registradas en cacao en África occidental son vectores del virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV). Hasta 2009, se habían registrado 80 especies de chinche harinoso en cacao (Bigger 2009). Cada nicho de alimentación concebible en una planta puede ser aprovechado por una especie o varias, pero para consideraciones de cuarentena vegetal, las yemas terminales y las mazorcas son los sitios de alimentación más vulnerables. En Ghana, el 22% de las yemas terminales disecadas estaba infestada principalmente por ninfas,

demasiado pequeñas y muy escondidas entre las escamas de la yema para ser detectadas visualmente sin ayuda (Campbell 1983). Aunque la mayoría de las especies de chinche harinoso se alimentan de tejidos aéreos, el 10% de las especies se especializan en alimentarse de las raíces.

9.5.1.1 Distribución geográfica

Los chinches harinosos se encuentran en los trópicos y se presentan en cacao en todas las regiones. Algunas pocas especies altamente polípagas tienen distribución mundial (por ejemplo *Ferrisia virgata*, *Planococcus citri* y *Pseudococcus longispinus*), pero la mayoría de las especies tienen un rango más estrecho de plantas hospedantes y una distribución regional más localizada. En la mayoría de las regiones, el cacao ha sido un cultivo introducido, así que en estas regiones los chinches harinosos se han adaptado al cacao a partir de plantas hospedantes nativas.

9.5.1.2 Biología

Los chinches harinosos son pequeños insectos chupadores de savia. Sus cuerpos rara vez superan los 4 mm de largo. Normalmente, la superficie dorsal de las hembras adultas está cubierta en cera, cuya extensión, distribución y color a menudo son específicos a cada especie y sirven para ayudar a identificar la especie en el campo. Las hembras son ápteras. La forma corporal varía mucho entre especies, pero muchas de las especies más comunes en cacao tienen una forma mayormente ovalada, aplanadas dorso-ventralmente. El aparato bucal está ubicado en el lado inferior del organismo casi a nivel con el primer par de patas y consta de un pico corto del cual emergen estiletes parecidos a agujas. El insecto usa estos estiletes para penetrar los tejidos corticales de la planta y aprovechar el floema, del cual también pueden embeber partículas de virus. Los estiletes a menudo exceden la mitad del largo del cuerpo del insecto, pero son capaces de retractarse indemnes en segundos si se perturba el insecto.

La reproducción puede ser sexual o partenogenéticamente. En las especies que retienen reproducción sexual, los machos carecen de aparato bucal, de manera que solo las hembras adultas y ninfas son vectores de virus. La mayoría de las especies ponen huevos, a menudo adyacentes a la madre y en masas de varios cientos de huevos protegidos por esponjosos ovisacos blancos. Sin embargo, algunas especies, incluyendo *Formicoccus (Planococcoides) njalensis* (Fig. 9.5.1), un vector generalizado de CSSV en África occidental, pueden producir prole viva o los huevos pueden eclosionar unos pocos minutos después de su postura. Los recién nacidos y las ninfas recién eclosionadas, apenas visibles al ojo humano sin ayuda, conforman el principal medio de dispersión del insecto. Principalmente caminan, dando lugar a la propagación radiada de enfermedades víricas, pero a menudo el viento también puede llevarlos a largas distancias dando lugar a una propagación saltada de virus. Las ninfas jóvenes a menudo se asientan en el interior de las yemas apicales. Entonces pueden ser transportadas involuntariamente junto con los esquejes, a menos que se

sigan las medidas preventivas descritas en la sección sobre precauciones generales. También se introducen en las grietas de la corteza y en las fisuras en la superficie de mazorcas en desarrollo. Las ninfas también pueden alimentarse de los cotiledones de cualquier semilla de cacao dañada durante la partición de la mazorca, de manera que también es una buena precaución sumergir las mazorcas en un insecticida antes de extraer y exportar semillas vivas.



Figura 9.3.1 Adultos y ninfas de *Formicoccus njalensis* (WP N'Guessan, CNRA)

9.5.2 Minadores de la corteza

Sería indeseable la transferencia de lepidópteros minadores de la corteza tales como los tortricídeos *Cryptophlebia encarpa* de Malasia y Papúa Nueva Guinea y *Ecdytolopha aurantianum* de Venezuela y *E. punctidescanum* de Trinidad, los gracillariidos *Spulerina* spp. de África occidental y *Marmara* spp. de Brasil y Trinidad y Tobago, y el noctuido *Characoma stictigrapta* de África, pero menos desastroso que una transferencia accidental del barrenador de la mazorca de cacao, ya que el daño causado por los minadores de la corteza en las mazorcas de cacao es mayormente superficial. Es poco probable que no se detecten las errantes galerías necróticas dejadas por estas especies cerca de la superficie de la mazorca durante una inspección visual de las mazorcas antes de su envío.

9.5.3 Barrenador del tallo de cocoa, *Eulophonotus myrmeleon* (Lepidoptera: Cossidae)

Las larvas de esta polilla perforan tallos leñosos, ramas y raíces de plantas de cacao en África Occidental y Central, ocasionando la muerte de ramas o árboles jóvenes afectados. Las polillas hembras adultas carecen de aparato bucal, pero cada una puede depositar más de 1600 huevos en su breve ciclo de vida de 4 días (Adu-Acheampong et al. 2011). Los huevos ovo-elongados de 400 x 600 µm, de color amarillo pálido a rosado, que pueden ser depositados en cualquier parte del árbol, eclosionan después de cerca de 11 días. Las larvas recién eclosionadas

inmediatamente empiezan a abrirse camino en los tallos frescos. Sin embargo, es poco probable que los tallos de menos de 1.5 cm en diámetro sean atacados, por lo que cualquier brote cosechado para uso como esqueje de mayor tamaño deberá ser inspeccionado cuidadosamente por agujeros de penetración reveladores, ya que las larvas dentro de sus túneles están protegidas de los efectos de una inmersión en insecticidas.

9.5.4 Referencias

Adu-Acheampong R, Padi B, Sarfo J. 2004. The life cycle of the cocoa stem borer *Eulophonotus myrmeleon* in Ghana. *Trop. Sci.*, 44: 28–30. doi: 10.1002/ts.127

Bigger M. 2009. Geographical distribution list of insects and mites associated with cocoa, derived from literature published before 2010. Accesible desde la URL: <http://www.incocoa.org/incoped/documents.php>

Campbell CAM. 1983. The assessment of mealybugs (Pseudococcidae) and other Homoptera on mature cocoa trees in Ghana. *Bulletin of Entomological Research* 73:137-151.

Entwistle PF. 1972. *Pests of Cocoa*. Longman, RU. 779 pp.

10 Nematodos fitoparásitos

Enrique Arevalo-Gardini¹, Betsabe Leon Ttacca¹, Manuel Canto-Saenz² y Virupax Baligar³

¹Instituto de Cultivos Tropicales, Tarapoto, Perú
Correo electrónico: enriquearevaloga@gmail.com

²Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
Correo electrónico: mcanto@lamolina.edi.pe

³USDA-ARS. Beltsville, Maryland, Estados Unidos
Correo electrónico: V.C.Baligar@ars.usda.gov

Los nematodos fitoparásitos desempeñan un papel muy importante en la producción de cacao. Desde 1900 se ha registrado la presencia de nematodos de los nódulos radicales en raíces de cacao (Sosamma et al. 1979), y la mayoría de los primeros trabajos de diagnóstico y control de nematodos en cacao fueron realizados en países cacaoteros de África Occidental y en Jamaica (Meredith 1974). Es de conocimiento general que un gran número de nematodos fitoparásitos están asociados con plantas de cacao tanto sanas como enfermas (Orisajo 2009). Los nematodos del género *Meloidogyne* afectan seriamente los cultivos de cacao, y se calculan que las pérdidas debido a estos nematodos varían entre 15–30%, pero pueden llegar hasta 40–60% (Fademi et al. 2006). El daño por estos nematodos es más serio en plántulas, donde las pérdidas pueden llegar hasta el 100%. Sin embargo, aún no se conocen las pérdidas reales de rendimiento en cacao causadas por otros géneros de nematodos. Con base en los resultados publicados, otros nematodos son tan perjudiciales para el cacao como *Meloidogyne* spp. cuando sus poblaciones son altas (Fademi et al. 2006).

10.1 Agentes causales

Se tiene conocimiento de más de 25 géneros de nematodos endoparasíticos y ectoparasíticos asociados con el cacao (Sosamma et al. 1979, Campos y Villain 2005). Los informes indican que *Meloidogyne* spp. es el más perjudicial debido a su patogenicidad y amplia distribución en todas las regiones donde se cultiva cacao. Campos y Villain (2005) enumeran varias especies de *Meloidogyne* y los países donde han generado problemas para el cacao, incluyendo *M. arenaria* (Brasil), *M. incognita* (Brasil, India, Malasia, Nigeria, Venezuela), *M. exigua* (Bolivia) y *M. javanica* (África central, Malawi).

10.2 Síntomas

Las plantas infectadas muestran una disminución en la altura de la planta, el diámetro del tallo y el peso seco. Síntomas comunes de infestación de nematodos

son la muerte descendente del tallo, marchitamiento, amarillamiento, oscurecimiento de hojas y formación de hojas pequeñas y de hojas secas que caen antes de que la planta muere (Fig. 10.1). Las raíces de plantas infectadas muestran hinchazón de los hipocótilos y las raíces. Otros síntomas observados en raíces infectadas de cacao incluyen formación de agallas en las raíces, ruptura de la corteza, desorganización completa de la estela, destrucción del xilema, floema, periciclo y endodermis, además de terminación abrupta de la raíz pivotante con escasas raíces alimentadoras (Fig. 10.2) (Asare-Nyako y Owusu 1979, Afolami 1982, Afolami y Ojo 1984, Campos y Villain 2005).

10.3 Distribución geográfica

El nematodo de los nudos radicales en cacao fue reportado por primera vez en 1900 (Sosamma et al. 1979). Se reporta la infestación de nematodos en cacao en la mayoría de las regiones cacaoteras del mundo (Tabla 10.1). La infestación de nematodos ha sido reportada a través de Bolivia, Brasil, Costa Rica, Côte d'Ivoire, Ecuador, Filipinas, Ghana, India, Jamaica, Java, Malasia, Nigeria, Papúa Nueva Guinea, Perú, Santo Tomé, Venezuela, Perú, Bolivia (Sosamma et al. 1979, López-Chaves et al. 1980, Sharma 1982, Crozzoli et al. 2001, Wood y Lass 2001, Campos y Villain 2005, Arévalo 2008).

Tabla 10.1. Distribución geográfica de nematodos endoparásitos y ectoparásitos asociados con el cacao

Genera	Geographic Distribution
<i>Anguillulina</i>	Nigeria
<i>Aphelenchoides</i>	Perú, Venezuela, Brasil
<i>Aphelenchus</i>	Perú, Brasil
<i>Atylenchus</i>	Perú, Costa Rica
<i>Basiria</i>	Brasil
<i>Belonolaimus</i>	Brasil
<i>Boleodorus</i>	Brasil
<i>Criconemella</i>	Côte d'Ivoire
<i>Criconemoides</i>	Brasil, Costa Rica, Perú, Venezuela, Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria, Malasia
<i>Crossonema</i>	Perú
<i>Diphtherophora</i>	Brasil
<i>Discocriconemella</i>	Côte d'Ivoire
<i>Ditylenchus</i>	Perú
<i>Dolichodorus</i>	Brasil, Costa Rica
<i>Dorylaimidos</i>	Perú
<i>Dorylaimus</i>	Perú
<i>Eutylenchus</i>	Nigeria
<i>Haplolaimus</i>	Brasil, Costa Rica
<i>Helicotylenchus</i>	Brasil, Venezuela, Perú, Costa Rica, Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria, Filipina, Malasia

Tabla 10.1. Distribución geográfica de nematodos endoparásitos y ectoparásitos asociados con el cacao (cont'd)

Genera	Geographic Distribution
<i>Hemicycliophora</i>	Brasil, Costa Rica, Perú, Nigeria, Côte d'Ivoire, Suriname
<i>Hemicriconemoides</i>	Brasil, Venezuela, Nigeria
<i>Heterodera</i>	Brasil, Nigeria
<i>Longidorus</i>	Brasil, Costa Rica, Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria
<i>Neodiplogaster</i>	Guatemala
<i>Meloidogyne</i>	Venezuela, Brasil, Costa Rica, Perú, Ghana, Nigeria, Côte d'Ivoire, Zanzibar, Malawi, India, Papúa Nueva Guinea, Santo Tomé y Príncipe, Java, Malasia
<i>Mesocriconema</i>	Venezuela
<i>Mononchus</i>	Perú
<i>Ogma</i>	Venezuela
<i>Paralongidorus</i>	Nigeria
<i>Parachichodorus</i>	Brasil
<i>Paratylenchus</i>	Perú, Venezuela, Côte d'Ivoire
<i>Peltamigrattus</i>	Brasil, Venezuela
<i>Pratylenchus</i>	Brasil, Costa Rica, Perú, Venezuela, Côte d'Ivoire, Nigeria, Ghana, Indonesia, India, Jamaica, Malasia
<i>Psilenchus</i>	Perú, Venezuela, Nigeria
<i>Rhabditidos</i>	Perú
<i>Rhadinaphelenchus</i>	Perú
<i>Radopholus</i>	Côte d'Ivoire, Jamaica, Nigeria
<i>Rotylenchulus</i>	Brasil, Perú, Venezuela, Indonesia, India, Jamaica
<i>Rotylenchus</i>	Brasil, Perú, Venezuela, Nigeria
<i>Scutellonema</i>	Brasil, Perú, Jamaica, Nigeria
<i>Trichodorus</i>	Brasil, Costa Rica, Venezuela, Perú, Méjico, India, Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria
<i>Trophurus</i>	Brasil, Venezuela, Côte d'Ivoire
<i>Tylenchorhynchus</i>	Brasil, Costa Rica, Perú, Venezuela, India, Méjico, Nigeria
<i>Tylenchulus</i>	Brasil, Perú
<i>Tylenchus</i>	Brasil, Costa Rica, Perú, Venezuela, Nigeria
<i>Xiphidorus</i>	Venezuela
<i>Xiphinema</i>	Malasia, Nigeria, Brasil, Perú, Venezuela, Ghana, México, Filipina

Fuente: Tarjan y Jiménez (1973), Sosamma et al. (1979), Lopez-Chaves et al. (1980), Afolami y Caveness (1983), Sharma (1977), Sharma (1982), Crozzoli (2002), Crozzoli et al. (2001), Wood y Lass (2001), Campos y Villain (2005), Arévalo-Gardini et al. (2007), Arévalo-Gardini (2008), Arévalo-Gardini (2014), Okeniyi et al. (2016), Orisajo (2009).



Figura 10.1 Crecimiento atrofiado, clorosis, reducción en el tamaño de la hoja y marchitamiento de plántulas de cacao infestadas con *Meloidogyne incognita* (a la izquierda) en comparación con una planta sana de edad similar (a la derecha) en suelos enmendados con gallinaza (Orisajo et al. 2008)



Figura 10.2 Síntomas de daño por *Meloidogyne* spp. en plantas de cacao :

- A. Planta de cacao un mes después de trasplante
- B. Raíces con agallas
- C. Segunda etapa larval de un nematodo hembra.

Fuente: Instituto de Cultivos Tropicales

10.4 Plantas hospedantes alternativas

Para cada especie de *Meloidogyne* hay especies y cultivares de plantas que son muy susceptibles, moderadamente susceptibles, susceptibles e inmunes. Hasta el momento se han reportado aproximadamente 165 especies de plantas hospedantes de *Meloidogyne* spp. *Meloidogyne arenaria*, *M. incognita* y *M. javanica* tienen un amplio rango de plantas hospedantes (Taylor y Sasser 1983). En muchos casos, las plantas de sombrero comúnmente utilizadas para plantas tropicales, como plátano e *Inga* sp., pueden convertirse en fuente de inóculo en las plantaciones de cacao (Sosamma et al. 1980). En América del Sur y Central, *M. exigua* es una plaga muy importante de *Coffea arabica*. Se han registrado algunas otras plantas hospedantes, incluyendo el cacao (Oliveira et al. 2005, Taylor y Sasser 1983, Sasser y Carter 1985).

10.5 Biología

Se sabe que un gran número de nematodos fitoparásitos están asociados con plántulas de cacao enfermas. El banano, utilizado como planta de sombrero, es la fuente primaria de inóculo. El suelo infestado de viveros conduce a plántulas infestadas, que diseminarán los nematodos en la plantación. El agua de escorrentía también puede diseminar los nematodos (Campos y Villain 2005).

10.6 Medidas de cuarentena

En todo procedimiento de cuarentena es importante inspeccionar cuidadosamente el material vegetal para detectar indicios de infestación por nematodos (Oostenbrink 1972). Las plántulas obtenidas en viveros deben examinarse cuidadosamente por presencia de *Meloidogyne* antes de trasplantarse. Si se sospecha infestación, el material vegetal no debe trasplantarse sin tratar a las raíces con agua caliente. De ser posible, para fines de propagación se deben usar materiales con resistencia o inmunidad contra la infestación de nematodos (Taylor y Sasser 1983). El control químico de *Meloidogyne* en raíces de cultivos perennes, utilizando nematicidas, no es efectivo cuando los nematodos ya se encuentran establecidos. En Nigeria, Afolami (1993) controló nematodos en suelo de viveros, tratándolo con la nematicida Basamid y aplicando esterilización por vapor.

10.7 Referencias

- Afolami SO. 1982. Symptoms of root-knot nematode infection on *Theobroma cacao*. L. - a preliminary investigation. In: Proceedings of the third research planning conference on root-knot nematodes *Meloidogyne* spp., Nigeria Nov 16-20, 1981. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan. pp. 148-156.
- Afolami SO. 1993. The effect of Basamid granular (Dazomet) on nematodes parasitic on cacao seedling in the nursery. In: Proceedings of the 11th International Cocoa Research Conference, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 18-24 July 1993.

- Afolami SO, Ojo AA. 1984. Screening of *Theobroma cacao* germplasm for resistance against a root –knot nematode- *Meloidogyne incognita* in Nigeria. In: Proceedings of the 9th international Cocoa research conference, February 12-18, 1984, Lomé, Togo. pp. 237-242.
- Afolami SO, Caveness FE. 1983. The Frequency of occurrence and geographical distribution of plant parasitic nematodes associated with *Theobroma cacao* in Nigeria. *Turrialba* 33(1): 97 -100.
- Arévalo Gardini E. 2008. Biodiversity in soils of cocoa systems in San Martin Region. Proceedings of the XI National Congress and IV International Congress of Soil Science, Tarapoto, San Martin, Peru, November 16-21, 2008.
- Arévalo Gardini E, Zúñiga CL, Baligar VC, Canto SM. 2007. Dynamics of nematode populations in cacao grown under traditional system of management in Peruvian Amazon. Workshop on Pan Amazonian Soil Biodiversity, Rio Branco Acre, Brazil, September 26-29, 2007.
- Asare-Nyako A, Owusu K. 1979. *Meloidogyne incognita* infection of cocoa seedlings. Proceedings of the 7th International Cocoa Research Conference. Douala, Cameroon, November 1979. pp. 457-461.
- Campos VP, Villain L. 2005. Nematode parasites of coffee and cocoa. In: Luc M, Sikora RA, Bridge J, editors. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2nd edition. CABI Bioscience, UK. pp. 529-579.
- Crozzoli, R. 2002. Especies de nematodos fitoparasíticos en Venezuela. *Interciencia*, 27 (7): 354-364. Crozzoli R, Lamberti F, Greco N, Rivas D. 2001. Phytoparasitic nematodes associated with cacao in Choroní, Cumboto and Cuyagua, Aragua State. *Fitopatología Venezolana* 14:5-12.
- Fademi OA, Orisajo SB, Afolami SO. 2006. Impact of plant parasitic nematodes on cocoa production (in Nigeria) and outlook for future containment of the problem. In Proceedings 15th International Cocoa Research Conference, October 9-14, 2006, San José, Costa Rica. pp. 82.
- López-Chaves R, Salazar-Figueroa L, Azofeifa-Chacón J. 1980. Observations on the spatial distribution of nematodes associated with cocoa in Costa Rica. XII Annual Meeting OTAN, Pointe-à-Pitre, FWI. pp. 17-21.
- Meredith JA. 1974. Phytoparasitic nematodes associated with cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Venezuela. *Nematropica* 4:23-26.
- Okeniyi MO, Orisajo SB, Afolami SO, Enikuomihin AO, Popoola AR, Aiyelaagbe IOO. 2016. Distribution and effects of nematode management on plant parasitic nematodes in selected old and moribund cocoa farms in South Western Nigeria. *World Research. Journal of Agricultural Sciences* 3(1): 39-47.
- Oliveira DS, Oliveira RDL, Freitas LG, Silva RV. 2005. Variability of *Meloidogyne exigua* on Coffee in the Zona da Mata of Minas Gerais State, Brazil. *Journal of Nematology* 37:323–327.
- Oostenbrink M. 1972. Evaluation and integration of nematode control methods. In: Webster JM, editor. *Economic Nematology*. Academic Press, London and New York. pp. 497-514.
- Orisajo S.B. 2009. Nematodes of Cacao and Their Integrated Management. In: A Ciancio, KG Mukerji editors. *Integrated Management of Fruit Crops and Forest Nematodes*. Springer. pp. 119-134.
- Orisajo SB, Afolami SO, Fademi O, Atungwu JJ. 2008. Effects of poultry litter and carbofuran soil amendments on *Meloidogyne incognita* attacks on cacao. *Journal of Applied Biosciences* 7:214-221. Sasser JN, Carter CC, editors. 1985. *An Advance Treatise on Meloidogyne*. Vol. I. Biology and Control. Raleigh: North Carolina State University Graphics. USA. 422 pp.
- Sharma, R.D. 1977. Nematodes of the cocoa Region of Bahia, Brazil. VI. Nematodes associated with tropical fruit trees. *Soc. Brasil. Nemat. Public. N° 2*: 109 -113.
- Sharma RD. 1982. Nematodes associated with cocoa hybrids and clones in Bahia, Brasil. *Nematologia Brasileira* 6:85-91.

- Sosamma VK, Koshy PK, Sundararaju P. 1979. Nematodes of cocoa (*Theobroma cacao* L.). In: Proceedings of the Second Annual Symposium on Plantation Crops, June 26-29, Ootacamund, India. pp. 16-19.
- Sosamma VK, Koshy PK, Sundararaju P. 1980. Plant parasitic nematodes associated with cacao. *Cocoa Growers' Bulletin* 29:27-30
- Tarjan AC, Jiménez, MF. 1973. Debilitation of cacao in Costa Rica by plant nematodes. *Nematropica*, 3 (1) 25-28
- Taylor AI, Sasser JN. 1983. *Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz*. Universidad del estado de Carolina del Norte. 111 pp.
- Wood GAR, Lass RA. 2001. *Cocoa*. 4 ed. Blackwell Science, UK. 620 pp.

Bioversity International es un miembro del Consorcio del CGIAR. CGIAR es una alianza mundial de investigación agrícola para un futuro sin hambre. www.cgiar.org

© Bioversity International 2017

Bioversity International HQ
Via dei Tre Denari 472/a 00057
Maccarese (Fiumicino)
Roma, Italia
www.bioversityinternational.org Tel.
(+39) 06 61181
Fax. (+39) 06 61979661

ISBN: 978-92-9255-081-3

