

Directrices técnicas para el movimiento seguro del germoplasma del cacao

Versión revisada de las Directrices técnicas de FAO/IPGRI No. 20

Michelle J End, Andrew J Daymond y 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 mundial de investigación para el desarrollo. Tenemos la visión de que la biodiversidad agrícola alimenta a las personas y sustenta al planeta.

Proveemos evidencia científica, prácticas de manejo y opciones de políticas para usar y salvaguardar la biodiversidad agrícola para alcanzar la seguridad alimentaria y nutricional sostenible a nivel mundial. Trabajamos con socios en países de bajos ingresos en diferentes regiones donde la biodiversidad agrícola puede contribuir a mejorar la nutrición, la resiliencia, la productividad y la adaptación al cambio climático.

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

www.bioversityinternational.org/

Citación: End MJ, Daymond AJ, Hadley P, editores. 2014. Directrices técnicas para el movimiento seguro del germoplasma del cacao. Versión revisada de las Directrices técnicas de FAO/IPGRI No. 20. Global Cacao Genetic Resources Network (CacaoNet), Bioversity International, Montpellier, Francia.

ISBN 978-92-9043-988-2

© Bioversity International 2014

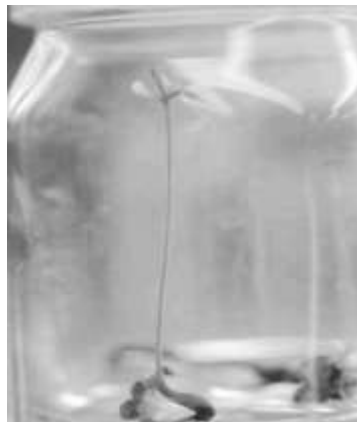
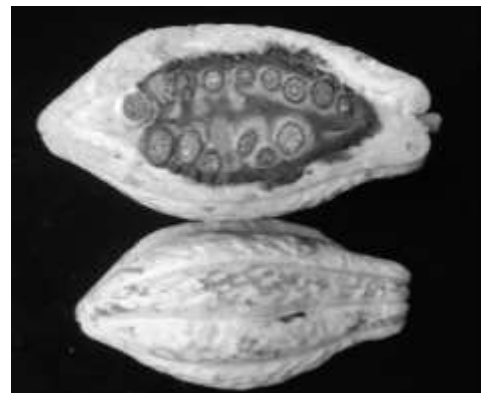
Bioversity International HQ
Via dei Tre Denari 472/a
00057 Maccarese (Fiumicino)
Roma, Italia

Bioversity International – France
Parc Scientifique Agropolis
34397 Montpellier, Cedex 5
Francia

Directrices técnicas para el movimiento seguro del germoplasma del cacao

Versión revisada de las Directrices técnicas de FAO/IPGRI No. 20

Michelle J End, Andrew J Daymond y 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 esta 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*, particularmente COPAL que creó las oportunidades y sirvió de marco para que el grupo de trabajo pueda reunirse. La publicación de estas guías fue financiado 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* (NYSE Liffe)] 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 es hospedado por Bioversity International - Francia y 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.

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 de 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
Actualización de las directrices.....	5
Referencias	5
2. Colaboradores de esta versión actualizada.....	6
2.1 Colaboradores de las Directrices Técnicas de FAO/IPGRI No. 20.....	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 a raíz desnuda	13
5.4 Material <i>in vitro</i>	14
5.5 Polen y flores abiertas	14
5.6 Yemas florales	14
5.7 Referencia	14
6. Resumen del riesgo de plagas	15
7. Enfermedades virales.....	22
7.1 Virus de la necrosis del cacao (<i>Cacao necrosis virus</i> , CNV): genus <i>Nepovirus</i> ...	22
7.2 Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (<i>Cacao swollen shoot virus</i> , CSSV): genus <i>Badnavirus</i>	23
7.3 Virus del mosaico amarillo del cacao (<i>Cacao yellow mosaic virus</i> , CYMV): genus <i>Tymovirus</i>	26
7.4 Otras enfermedades similares a virus.....	27
8. Enfermedades fúngicas	28
8.1 Enfermedad de la escoba de bruja	28
8.2 Moniliasis.....	31
8.3 Mazorca negra o Fitóftora (<i>Phytophthora</i> spp.).....	36
8.4 <i>Vascular streak dieback</i> (VSD) - Muerte descendente por rayado vascular	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>	63

9. Insectos plaga	68
9.1 Barrenador de la mazorca de cacao (CPB)	68
9.2 Mosquito del cacao.....	73
9.3 Otros insectos	76
9.4 Recomendaciones generales de cuarentena para insectos plaga	81
10. Nematodos fitoparásitos	82
10.1 Agentes causales	82
10.2 Síntomas	82
10.3 Distribución geográfica	83
10.4 Plantas hospedantes alternativas	85
10.5 Biología	85
10.6 Medidas de cuarentena	86
10.7 Referencias	86

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.

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 2007).

¹ En este documento la palabra 'plaga' se usa tal como se define en el Glosario de Términos Fitosanitarios de la FAO (2012): 'Cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para plantas o productos vegetales'.

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 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)

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.

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. 2007. Directrices para el análisis del riesgo de plagas,. ISPM No. 2 (2007) in: International Standards for Phytosanitary Measures. Complement of the 2006 edition. FAO, Roma.pp. 1-15. Accesible desde la URL: <https://www.ippc.int/publications/framework-pest-risk-analysis>
- FAO. 2012. Glosario de términos fitosanitarios. ISPM No. 5 (2012) in International Standards for Phytosanitary Measures. Accesible desde la URL: <https://www.ippc.int/publications/glossary-phytosanitary-terms>

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 S Nyassé
IRAD
Nkolbisson Centre
BP 2123, Yaoundé
CAMERUN
nyasse@iccnet.cm

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

Dr F Aránzazu, Ing. DH Martinez Botello
FEDECACAO
Departamento de Investigación,
Cra 23 No. 36-16 Oficina 203,
Bucaramanga, Santander,
COLOMBIA
fabioaranzazu@hotmail.com

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

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

Dr A Eskes
(Ex coordinador proyecto CFC Bioversity
International)
Instituto Agrônômico de Campinas
Centro de pesquisas de Café
Av. Barão de Itapura, 1481
13020-902 Campinas SP
BRASIL
albertus.eskes@cirad.fr

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

Dr GM ten Hoopen
CIRAD – UPR31,
Bioagresseurs des Cultures Pérennes,
BP 2572, Yaoundé,
CAMERUN
tenhoopen@cirad.fr

Dr VC Baligar
USDA-ARS. Beltsville,
Maryland,
ESTADOS UNIDOS
V.C.Baligar@ars.usda.gov

Dr M Ducamp
Cirad-Bios, UMR BGPI,
TA A-54/K
34398 Montpellier Cedex
FRANCIA
michel.ducamp@cirad.fr

Dr H Dzahini-Obiatey
Cocoa Research Institute of Ghana
PO Box 8
New Tafo, GHANA
criqmailorg@yahoo.com

Dr Y Adu-Ampomah
Cocobod
PO Box 3197
Accra, GHANA
adu.ampomah@cocobod.gh

Dr P Lachenaud, J-M Thevenin
Cirad-Bios, UPR 106,
BP 701, 97387 Kourou Cedex,
GUYANA FRANCESA
philippe.lachenaud@cirad.fr
jean-marc.thevenin@cirad.fr

Dr J Engels
Bioersivity International,
Via dei Tre Denari, 472/a,
00057 Maccarese
Roma, ITALIA
j.engels@cgiar.org

Drs K Lamin, I Azhar,
B Saripah, 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 S Surujdeo-Maharaj
Cocoa Research Centre
The University of the West Indies
St. Augustine
TRINIDAD Y TOBAGO
Surendra.SurujdeoMaharaj@sta.uwi.edu

Dr C Campbell
480 London Road,
Ditton, Aylesford,
Kent, ME20 6BZ,
REINO UNIDO
cam_campbell@tiscali.co.uk

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

Pr P Hadley, Dr AJ Daymond
School of Agriculture, Policy & Development
University of Reading
Reading, RG6 6AR
REINO UNIDO
a.j.daymond@reading.ac.uk

Dr JM Thresh
46, Bower Mount Road,
Maidstone,
Kent ME16 8AU
REINO UNIDO
john.thresh@homecall.co.uk

2.1 Colaboradores de las Directrices Técnicas de FAO/IPGRI No. 20

Dr JJ Galindo, Dr M Diekmann, Dr EK Djiekpor, Mme F Bekele, Dr AD Iwaro, Dr AJ Kennedy, Dr TN Sreenivasan, Dr J. Hughes d'A., Dr Amponsah, Dr RJ Schnell, Dr CP Romaine, Dr LH Purdy, Dr C Prior, Dr A Posnette, Dr DC Nowell, Pr G Varghese.

2.2 Coordinación CacaoNet

Coordinación global

Bioversity International
Parc Scientifique Agropolis II,
34397 Montpellier Cedex 5
France
Tel.: (33) 467 611302
Fax: (33) 467 610334
Correo electrónico:
cacaonet.secretariat@gmail.com

Coordinador: Stephan Weise

Correo electrónico: s.weise@cgiar.org

Asesor científico: Brigitte Laliberté

Correo electrónico: brig.lalib@gmail.com

Grupo de trabajo CacaoNet Safe Movement

Coordinador: Mr RA Lass MBE

Cocoa Research Association Ltd.
ROYAUME-UNI

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, sometiéndolo 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
PO Box 237
Reading
RG6 6AR
REINO UNIDO
Correo electrónico: a.j.daymond@reading.ac.uk
Tel.: +44 118 378 6628/ + 44 118 988 3032
Fax: +44 118 926 1244

Cirad-Bios, UPR 31
TA A-31/02
34398 Montpellier Cedex
FRANCIA
Correo electrónico: Bernard.dufour@cirad.fr
Tel.: +33(0)467615800

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:

CEPLAC - Serviço de Introdução de Plantas (SIPLA)

Av. Adhemar de Barros No. 967

Ondina,

Salvador, BA, BRASIL

CEP: 40170-110

Contacto: Gustavo Eloy Monteiro Almeida

Tel.: + 55 71 247-3075

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 con relación a 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.
- 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
<i>Cacao necrosis virus</i> (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 *Cacao swollen shoot virus* (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 West African Amelonado, las cuales muestran síntomas visibles cuando son infectadas por virus como la 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, estas plantas de prueba deben inspeccionarse semanalmente durante dos años 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.

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 a raíz desnuda

Hay que prestar extrema atención cuando se moviliza material vegetal como plantas a raíz desnuda debido a los riesgos de transferencia de insectos plaga y organismos transmitidos por el suelo. En consecuencia, no se recomienda el movimiento de plantas a raíz desnuda a menos que el material sea transferido a través 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 todo 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 (Cacao necrosis virus, CNV, sus siglas en inglés) Género Nepovirus	Ghana, Nigeria	Mazorca: Riesgo potencial Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Alto riesgo
7.2 Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (Cacao swollen shoot virus, CSSV, sus siglas en inglés) Género Badnavirus	Benín, Côte d'Ivoire, Ghana, Liberia, Nigeria, Sierra Leona, Togo Registros también en Sri Lanka	Cuarentena aconsejable Ver: 5.2 Esquejes FACTOR ESPECIAL DE RIESGO: INFECCIÓN LATENTE HASTA POR DOS AÑOS
7.3 Virus del mosaico amarillo del cacao (Cacao yellow mosaic virus) Género Tymovirus	Sierra Leona	
8.1 Enfermedad de la escoba de bruja (<i>Moniliophthora perniciosa</i>)	Brasil (Bahía, Espirito Santo, regiones amazónicas), Bolivia, Colombia, Ecuador, Granada, Guayana Francesa, Guyana, Panamá, Perú, San Vicente, Santa Lucía, Surinam, 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 y Ecuador (en ambos lados de los Andes), Costa Rica, occidente de Venezuela, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Perú	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 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

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

Plaga	Distribución geográfica	Precauciones especiales
8.3 <i>Phytophthora</i>	Mundial	
<i>P. palmivora</i>		Mazorca entera: Alto riesgo, no se recomienda
<i>P. megakarya</i>	Bioko (Fernando Pó), Camerún, Côte d'Ivoire, Gabón, Ghana, Nigeria, Santo Tomé y Príncipe, Togo	Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Alto riesgo Se recomienda cuarentena intermedia
<i>P. capsici</i>	Brasil, El Salvador, Guatemala, Guayana Francesa, India, Jamaica, México, Trinidad, Venezuela	
<i>P. arecae</i>	Brasil, Cuba, Filipinas, India, Malasia, México	
<i>P. citrophthora</i>	Brasil, Cuba, Filipinas, Malasia, India, México	Mazorca entera: Alto riesgo, no se recomienda Semilla: Bajo riesgo
<i>P. hevea</i>	Brasil, Cuba, Filipinas, India, Malasia, México	Esqueje: Alto riesgo Se recomienda cuarentena intermedia
<i>P. megasperma</i>	Brasil, Cuba, Filipinas, India, Malasia, Venezuela	
<i>P. nicotianae</i> var. <i>parasitica</i>	Brasil, Cuba, Filipinas, India, Malasia	
8.4 Muerte descendente por rayado vascular (VSD, <i>Ceratobasidium theobromae</i>)	La mayoría de las regiones cacaoteras del sur y sudeste de Asia: Papúa Nueva Guinea, (islas de Nueva Guinea, Nueva Bretaña, Nueva Irlanda), Isla Hainan (China), Estado de Kerala (India), Malasia Occidental y Estado de Sabah, Indonesia, Tailandia, Myanmar, Vietnam, sur de Filipinas	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

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

Plaga	Distribución geográfica	Precauciones especiales
8.6 Mal de machete	Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guayana Francesa, Trinidad y Tobago, 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>	América tropical, Filipinas, India, Indonesia, Malasia, Sri Lanka Granada	Mazorca: Bajo riesgo Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Alto riesgo
9.1 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: 9.1.6 Recomendaciones de cuarentena
9.2.1 Chinchas harinosos	Todas las regiones cacaoteras	Mazorca: Riesgo moderado Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Riesgo moderado
9.2.2 Insectos Miridae	Todas las regiones cacaoteras, excepto la región caribeña	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).

País	Riesgo de plagas
Belice	Moniliasis
Benín	CSSV
Bioko (Fernando Po)	<i>Phytophthora megakarya</i>
Bolivia	Enfermedad de la escoba de bruja Moniliasis
Brasil	Enfermedad de la escoba de bruja Marchitamiento por <i>Verticillium</i> Mal de machete <i>Phytophthora arecae</i> <i>Phytophthora capsici</i> <i>Phytophthora citrophthora</i> <i>Phytophthora hevea</i> <i>Phytophthora megasperma</i> <i>Phytophthora nicotianae</i> Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i>
Camerún	<i>Phytophthora megakarya</i>
Colombia	Enfermedad de la escoba de bruja Mal de machete Marchitamiento por <i>Verticillium</i> Moniliasis
Costa Rica	Mal de machete Moniliasis Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i>
Côte d'Ivoire	<i>Phytophthora megakarya</i> CSSV
Cuba	<i>Phytophthora arecae</i> <i>Phytophthora citrophthora</i> <i>Phytophthora hevea</i> <i>Phytophthora megasperma</i> <i>Phytophthora nicotianae</i>
Ecuador	Enfermedad de la escoba de bruja Mal de machete Moniliasis

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

País	Riesgo de plagas
El Salvador	Moniliasis <i>Phytophthora capsici</i>
Filipinas	Barrenador de la mazorca del cacao (CPB) Muerte descendente por rayado vascular (VSD) <i>Phytophthora arecae</i> <i>Phytophthora citrophthora</i> <i>Phytophthora hevea</i> <i>Phytophthora megasperma</i> <i>Phytophthora nicotianae</i> Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i>
Ghana	<i>Phytophthora megakarya</i> CSSV CNV
Granada	Enfermedad de la escoba de bruja
Guatemala	Moniliasis <i>Phytophthora capsici</i>
Guayana Francesa	Enfermedad de la escoba de bruja <i>Phytophthora capsici</i>
Guyana	Enfermedad de la escoba de bruja
Honduras	Moniliasis
India	Muerte descendente por rayado vascular (VSD) <i>Phytophthora arecae</i> <i>Phytophthora capsici</i> <i>Phytophthora citrophthora</i> <i>Phytophthora hevea</i> <i>Phytophthora megasperma</i> <i>Phytophthora nicotianae</i> Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i>
Indonesia	Barrenador de la mazorca del cacao (CPB) Muerte descendente por rayado vascular (VSD) Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i>
Jamaica	<i>Phytophthora capsici</i> Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i>
Liberia	CSSV

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

País	Riesgo de plagas
Malasia	Barrenador de la mazorca del cacao (CPB) Muerte descendente por rayado vascular (VSD) <i>Phytophthora arecae</i> <i>Phytophthora citrophthora</i> <i>Phytophthora hevea</i> <i>Phytophthora megasperma</i> <i>Phytophthora nicotiana</i> Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i>
México	Moniliasis <i>Phytophthora arecae</i> <i>Phytophthora capsici</i> <i>Phytophthora citrophthora</i> <i>Phytophthora hevea</i> <i>Phytophthora megasperma</i> <i>Phytophthora nicotianae</i>
Nicaragua	Moniliasis
Nigeria	<i>Phytophthora megakarya</i> CSSV CNV
Panamá	Enfermedad de la escoba de bruja Moniliasis
Papúa Nueva Guinea	Barrenador de la mazorca del cacao (CPB) Muerte descendente por rayado vascular (VSD)
Perú	Enfermedad de la escoba de bruja Moniliasis
San Vicente	Enfermedad de la escoba de bruja
Sierra Leona	CSSV <i>Cacao yellow mosaic virus</i> (Virus del mosaico amarillo del cacao)
Sri Lanka	Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i> CSSV [reportado]
Surinam	Enfermedad de la escoba de bruja
Tailandia	Muerte descendente por rayado vascular
Togo	<i>Phytophthora megakarya</i> Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV)

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

País	Riesgo de plagas
Trinidad y Tobago	Enfermedad de la escoba de bruja Mal de machete <i>Phytophthora capsici</i> Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i>
Uganda	Marchitamiento por <i>Verticillium</i>
Venezuela	Enfermedad de la escoba de bruja Mal de machete Moniliasis (occidente de Venezuela) <i>Phytophthora arecae</i> <i>Phytophthora capsici</i> <i>Phytophthora citrophthora</i> <i>Phytophthora hevea</i> <i>Phytophthora megasperma</i> <i>Phytophthora nicotianae</i>
Vietnam	Muerte descendente por rayado vascular

Descripción de plagas del cacao

7. Enfermedades virales

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

Versión actualizada por H Dzahini-Obiatey¹ y Y Adu Ampomah²

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

²Cocobod, PO Box 3197, Accra, Ghana.

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 del anillo negro del tomate ("*Tomato black ring virus*").

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 *Cacao swollen shoot virus* (CSSV) (virus de la hinchazón de los brotes de cacao), 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. Cocoa 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.

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

Versión actualizada por H Dzahini-Obiatey¹ et Y Adu Ampomah²

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

²Cocobod, PO Box 3197, Accra, Ghana

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. Se ha reportado heterogeneidad serológica entre aislamientos, lo que condujo a la diferenciación de ocho serogrupos por Hughes et al. (1995). El *Cacao mottle leaf virus* (virus del moteado foliar del cacao) es sinónimo del virus de la 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, Thresh, comunicación personal).

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. *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 reacción en cadena de polimerasa (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, 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). 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). Sin embargo, hasta la fecha no hay una técnica molecular universal disponible y por este motivo todavía se recomienda la indexación visual. 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). [Ver la Sección 5.2 Esquejes.](#)

7.2.8 Referencias

- 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 Nov. 2009. COPAL-CPA, Lagos, Nigeria. p. 697-705.
- Brunt A, Crabtree K, Dallwitz M, Gibbs A, Watson L, Zurcher E. (eds). 1996. Viruses of Plants. Description and Lists from the VIDE Database. CAB International, Wallingford, RU.
- Dzahini-Obiatey H. 2008. Cytopathological and molecular studies of CSSV infected cocoa plants. PhD Thesis, University of Reading, RU.
- Dzahini-Obiatey, 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.
- Muller E. 2008. *Cacao Swollen Shoot Virus*. In: Govind RP, Khurana PSM, Sergio LL, editors. Characterisation, diagnosis and management of plant viruses. Industrial Crops. Studium Press LLC. p. 423-444.
- 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-Obiatey 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 la parcela de un productor (H Dzahini-Obiatey 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-Obiatey y Y Adu-Ampomah, sin publicar).

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

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 posible reaparición del virus, la cual está actualmente bajo estudio (Sreenivasan 2009, comunicación personal). 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.

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.

Referencia

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

De las diferentes enfermedades que afectan el cultivo del cacao, las enfermedades fúngicas 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 fúngicas consideradas de importancia económica. Fulton (1989) publicó un resumen de los resultados de investigaciones sobre las enfermedades de mazorca negra, moniliasis y escoba de bruja.

Referencia

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, Nara GR Braz² y Julio CM Cascardo²

¹CEPLAC/CEPEC/SEFIT. Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 22. Itabuna, BA, Brasil
Correo electrónico: Karina@cepec.gov.br

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, 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

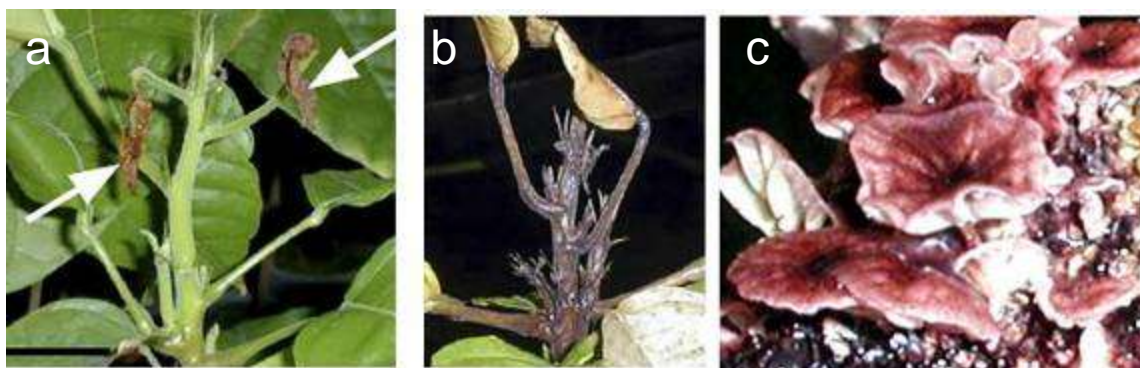


Figura 8.1.2. Síntomas de la enfermedad de escoba de bruja en condiciones de invernadero:

- a escoba vegetativa verde
- b escoba vegetativa seca
- c producción de basidiocarpos *in vitro*

Fuente: CEPLAC/CEPEC/FITOMOL

8.1.4 Plantas hospedantes

Familia Sterculiaceae (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*, autres *Solanum* spp., *Capsicum annuum*, *C. frutescens*.

Familia Malpighiaceae: *Stigmaphyllon blanchetti*, *Heteropterys acutifolia*; *Mascagnia cf. 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. pernicioso* 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 o metalaxil 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, 42pp.
- Bastos CN, Andebrahn. 1986. *T. urucu* (*Bixa orellana*) nova espécie hospedeira da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*) do cacauero. Fitopatologia Brasileira 11:963-965.
- Bastos CN, Evans HC. 1985. A new pathotype of *Crinipellis pernicioso* (Witches' broom disease) on solanaceous hôtes. Plant Pathology 34:306-312.
- Calle H, Cook, AA, Fernando SY. 1982. Histology of witches-broom caused in cacao by *Crinipellis pernicioso*. Phytopathology 72:1479-1481.
- Ceita GO. 2004. Análise do Processo de Morte Celular em *Theobroma cacao* L. Induzido por *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer. MSc Thesis, University of Santa Cruz, Ilhéus, Brazil.
- 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 pernicioso* on cacao, *Theobroma cacao*, in Saint Lucia. Plant Pathology 58:798-798.

- Lopes JRM, Luz EDMN, Bezerra EJL, 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 pernicioso*, Agent causal 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 pernicioso*. In: proceedings of the 10th International Cocoa Research Conference, Santo Domingo, Dominican Republic. pp. 325-330.
- Pegler DN. 1978. *Crinipellis pernicioso* (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 pernicioso* 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 pernicioso* 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 I GR, Carvalho GA, Santiago DVR, Bezerra JL. 2000. *Crinipellis pernicioso* 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 pernicioso* em cacauero. Agrotrópica 14:21.
- Silva SDVM, Matsuka K. 1999. Histologia da interação *Crinipellis pernicioso* 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).

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 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. rozeri* 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 polvorizadas 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.
- Phillips-Mora W, Aime MC, Wilkinson MJ. 2007. Biodiversity and biogeography of the cacao (*Theobroma cacao*) pathogen *Moniliophthora rozeri* 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, Seguíne E, Schnell R. 2010. Overcoming the main limiting factors of cacao production in Central America through the use of improved clones developed at CATIE. Proceedings of the 16th International Cocoa Research Conference, COPAL, Bali, Indonesia, 16-21 November 2009. COPAL-CPA, Lagos, Nigeria, 93-99.



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



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

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



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

Versión actualizada por G Martijn ten Hoopen¹ et S Nyassé²,

¹CIRAD – UPR31, Bioagresseurs des cultures pérennes, BP 2572 Yaoundé, Camerún
Correo electrónico: tenhoopen@cirad.fr

²IRAD, Centro de Nkolbisson, BP 2123, Yaoundé, Camerún

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. capsici* Leonian and *P. citrophthora* (R.E. Sm. & E.H. Sm.) Leonian.

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. 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), *Iringia* sp. (Holmes et al. 2003), *Funtumia elastica* (Apocynaceae), *Sterculia tragacantha* (Malvaceae), *Dracaena mannii* (Agavaceae) y *Riciodendron heudelotii* (Euphorbiaceae) (Opuku et al. 2002)

A menudo, muchas de las plantas hospedantes alternativas de las especies de *Phytophthora* antes mencionadas pueden encontrarse en estrecha asociación con cacao. Para un panorama general de los cultivos afectados por diferentes especies de *Phytophthora* ver, por ejemplo, Erwin y Ribeiro (1996).

8.3.3 Síntomas

Phytophthora spp. pueden atacar todas las partes de la planta de cacao, pero las principales manifestaciones del organismo son:

- Podredumbre de la mazorca (lesión de color marrón con límites bien definidos), la principal característica de la enfermedad (Fig. 8.3.1).
- Chancros en los tallos (lesiones oscuras hundidas en el tallo).
- Añublo de la plántula (extensa necrosis de hojas y brotes de plántulas).

8.3.4 Distribución geográfica

Se han identificado siete especies de *Phytophthora* en cacao (Appiah et al. 2003, Appiah et al. 2004a, Nyassé et al. 1999, A.D. Iwaro, com. pers.). Ver: <http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>).

Phytophthora megakarya es la única especie conocida de *Phytophthora* originaria de África. En la actualidad no se conoce su planta hospedante original. Se conocen dos centros principales de diversidad, uno ubicado en Camerún y el otro en la región fronteriza entre Camerún y Nigeria. En ambas regiones se han encontrado ambos tipos de apareamiento de *P. megakarya*, A1 y A2, aunque el tipo A1 es predominante.

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 muy probable que los seres humanos sean los culpables de la dispersión de largo alcance de *Phytophthora*. Ya que las zoosporas de *Phytophthora* son relativamente de corta vida y sensibles a plaguicidas y sequía, debe ser relativamente fácil controlar el riesgo de dispersión de los zoosporas presentes en las mazorcas enteras y esquejes con una aplicación/inmersión de plaguicida (por ejemplo, una mezcla de metalaxil y un compuesto de cobre para *P. megakarya*) (Opoku et al. 2007).

8.3.7 *Phytophthora megakarya*

Después de infección, los síntomas de *P. megakarya* aparecen aproximadamente entre 1–2 semanas (en general los síntomas de podredumbre de la mazorca por *Phytophthora* aparecen rápidamente después de infección). Si las mazorcas se someten a cuarentena durante este período después de entrada a un país y antes de distribuirse, las mazorcas enfermas pueden distinguirse fácilmente y destruirse subsiguientemente.

Otras posibles vías de dispersión

Otras posibles vías de dispersión por medio de partes de planta durante el comercio y transporte son:

- Frutos (mazorcas). Los síntomas en las fases iniciales de infección son invisibles. Posteriormente la enfermedad es fácilmente reconocible debido a las lesiones en la mazorca (manchas de color marrón de bordes definidos) y la producción de zoosporas en las lesiones (Fig. 8.3.1).
- Raíces. A menudo se encuentran estructuras de reposo de *Phytophthora* asociadas con las raíces del cacao, pero son invisibles a simple vista.
- Tronco y ramas, especialmente cuando hay chancros presentes (Appiah et al. 2004b)
- El medio de cultivo que acompaña las plantas pueden portar el inóculo de *Phytophthora*.

Es poco probable que la semilla sexual transmita la plaga durante el comercio y transporte.

Con respecto a las hojas, en teoría los quistes de *Phytophthora* podrían estar presentes en las hojas y sobrevivirían durante cierto tiempo. Para eliminar este riesgo, que es bajo, debe ser suficiente el tratamiento con plaguicidas y condiciones secas (no rociar la planta entera sino simplemente regar el medio de crecimiento).

Ya que *P. megakarya* es más agresiva y causa mayores pérdidas de rendimiento que *P. palmivora* (Appiah 2001), se debe prestar especial atención al movimiento de materiales en Ghana, Togo y Côte d'Ivoire donde están presentes tanto *P. palmivora* y *P. megakarya*. Algunas zonas de producción en estos tres países aún no han sido afectadas por *P. megakarya*.

8.3.8 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. PhD Thesis, University of London, RU.
- Appiah AA, Flood J, Bridge PD, Archer SA. 2003. Inter- and intraspecific morphometric variation and characterization of *Phytophthora* isolates from cocoa. *Plant Pathology* 52:168-180.
- Appiah AA, Flood J, Archer SA, Bridge PD. 2004a. Molecular analysis of the major *Phytophthora* species on cocoa. *Plant Pathology* 53:209-219.
- Appiah AA, Opoku IY, Akrofi AY. 2004b. Natural occurrence and distribution of stem cankers caused by *Phytophthora megakarya* and *Phytophthora palmivora* on cocoa. *European Journal of Plant Pathology* 110:983-990.
- Erwin DC, Ribeiro OK. 1996. *Phytophthora* Diseases Worldwide. American Phytopathological Society, St Paul, MN.
- 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. Population breeding approaches applied in cocoa selection in Côte d'Ivoire. 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, Despréaux 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 Hôtes alternatifs 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 cacao tree trunks for the control of *Phytophthora* black pod infections in pods growing in the canopy. *European Journal of Plant Pathology* 117:167-175.
- Tian D, Babadoost M. 2004. Host range of *Phytophthora capsici* from pumpkin and pathogenicity of isolates. *Plant Disease* 88:485-489.



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

8.4 *Vascular streak dieback (VSD) - Muerte descendente por rayado vascular*

Versión actualizada por Julie Flood

CABI-Bioscience, 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 descoloración 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 descoloración 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, generalmente mata el árbol.

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).

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 and Murphy 2004). 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. 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 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 en 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) y Keane y Prior (1991).

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 descoloridos de mesófilo que iban desde la superficie hacia la vaina fascicular alrededor del xilema. En hojas con descoloración y sin ella, 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).

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 al ojo desnudo.
- Raíces: Hifas; transmitida internamente; invisible.
- Tallos (por encima del suelo)/brotes/troncos/ramas: Hifas, cuerpo fructífero; transmitida internamente; transmitida externamente; visible al ojo desnudo.

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

- Medio de cultivo que acompaña 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 (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.

8.4.7 Referencias

- 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. p. 134-144.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization. 2005. PQR database (version 4.4). Accesible desde la 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 (eds). 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, Malasia. p. 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 Conference on Cocoa and Coconuts. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malasia. pp 50-57
- Lai AL. 1985. Pest and disease records, Burma: New record of cocoa disease. Quarterly Newsletter, Asia and Pacific Plant Protection Commission 28(4):9.
- 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 *Onchobasidium 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, Roma, Italia. pp. 109-116.
- 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.
- 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, Malasia, 15-17 Oct. 1984. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malasia. pp. 405-411.

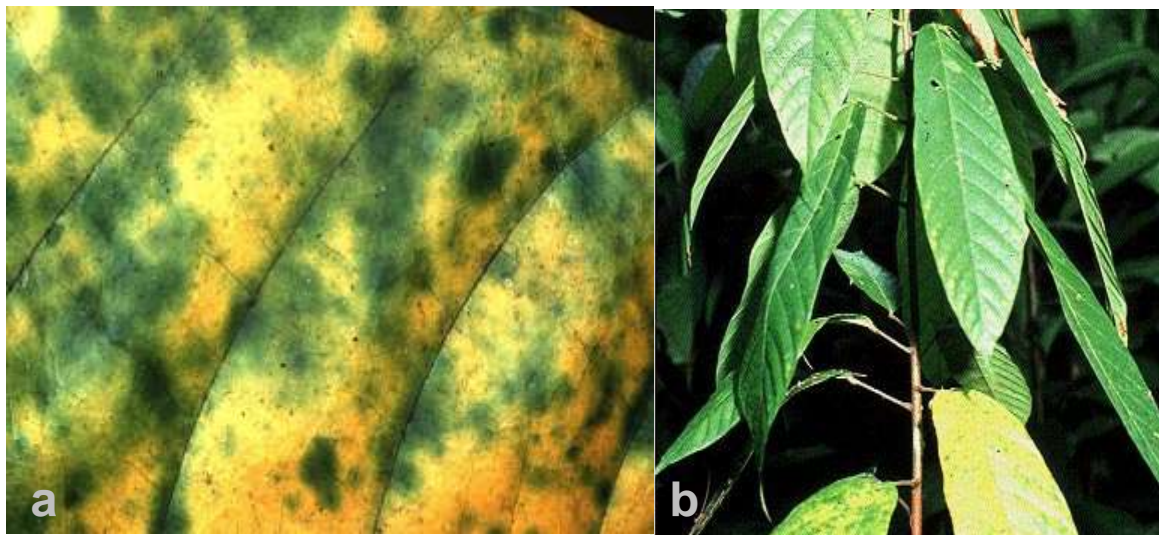


Figura 8.4.1 (a) Muerte descendente por el virus del rayado vascular (VSD): hoja clorótica (M Holderness, CABI) y (b) Plántula cuyas hojas presentan clorosis a cierta distancia del punto vegetativo (C Prior, RHS Wisley).



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) Pecíolo infectado con muerte descendente por el virus del rayado vascular (AJ Daymond, University 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 et 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* (Agrios 2005). Los síntomas generales del marchitamiento por *Verticillium* incluyen epinastia (Fig. 8.5.1 A), amarillamiento, necrosis y marchitamiento o abscisión de hojas (Fig. 8.5.1 B-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. 8.5.1 B) y no defoliación (Fig. 8.5.1 C) 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 descoloración marrón de los tejidos vasculares (Fig. 8.5.1 E, F). Internamente en los vasos se pueden observar oscurecimiento, tilo y deposición de geles y aglutinantes (Fig. 8.5.1 G). La severidad de los síntomas depende principalmente de la concentración del inóculo, el patotipo de *Verticillium*, la variedad de planta 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 mejorar la aparición y 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 quinto mayor productor de cacao del mundo, el marchitamiento por *Verticillium* es un serio problema en los estados de Bahía y Espírito Santo (Resende et al. 1995, Agrianual 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. 8.5.2 A). Los conidióforos son erectos, portando verticilos de delgadas fiálides divergentes aristadas. Los conidios son elipsoides a ovoideos (Fig. 8.5.2 A), 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-Alpizar 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. 8.5.2 C) 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 saprofítica. 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 intra-celularmente 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 saprofítica 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. 8.5.2 B y 8.5.2 C).

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 descoloración 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/QUARANTINE/fungi/Verticillium_alboatrum/VERTSP_ds.pdf. Date accessed: 04 March 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* 69:223-7.
- Fradin E.F, 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, Brazil.
- 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>. Date accessed: 2 March 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.

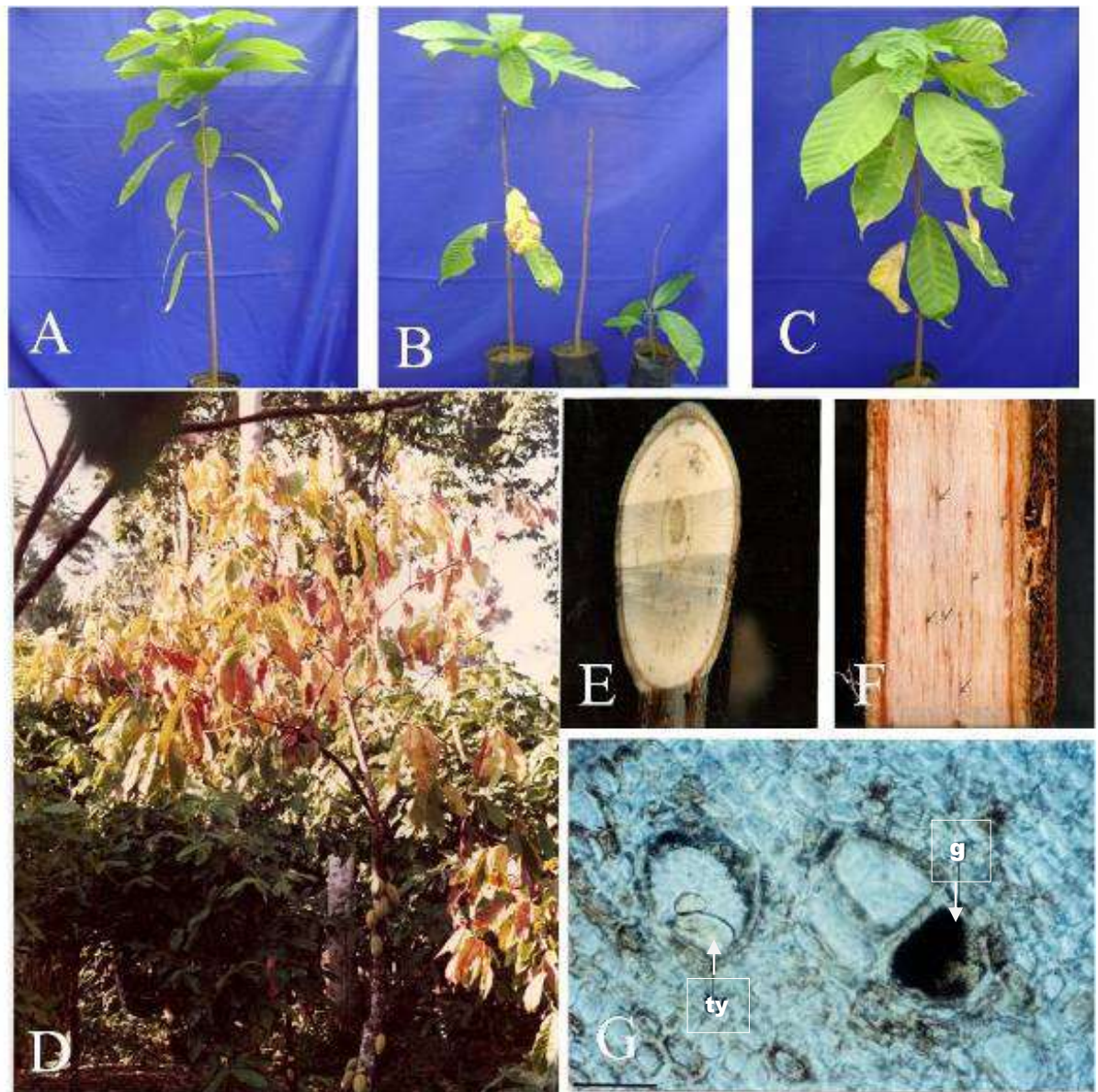


Figura 8.5.1. Síntomas externos (A–D) e internos (E–G) de la interacción *Verticillium dahliae*-cacao: (MLV Resende, Univ. Federal de Lavras, Brasil):

- 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 descoloración 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 μm .)

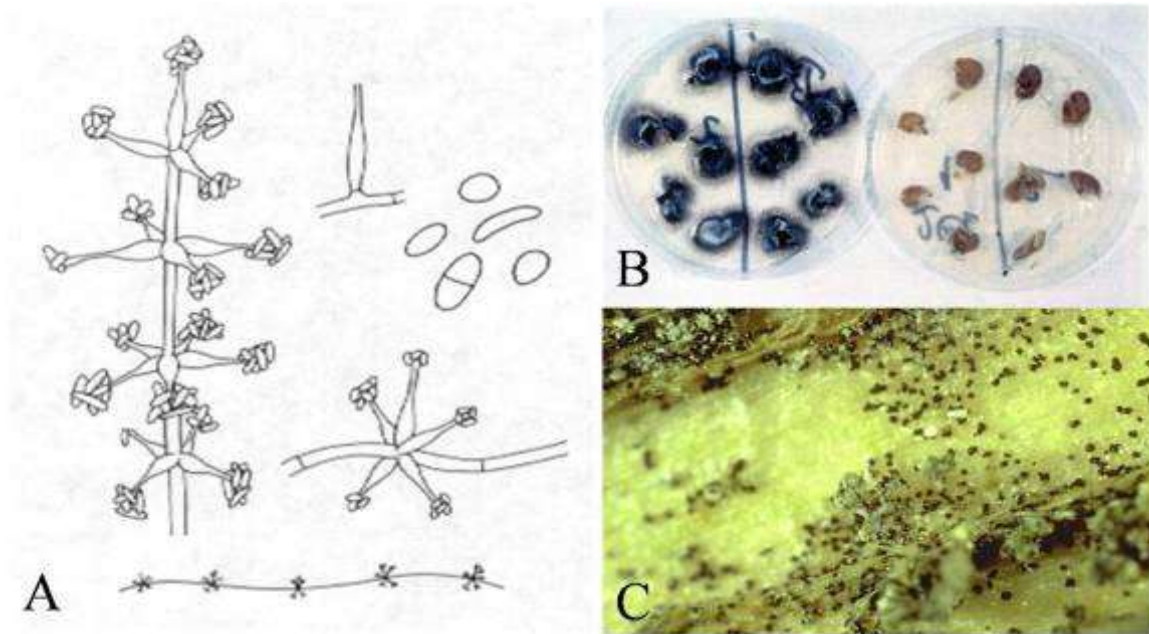


Figura 8.5.2. Ciclo biológico de *Verticillium dahliae*:

- 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)
- 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 pardo, 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 pardo 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 canchales en el tallo o rama, generalmente asociados con un debilitamiento del árbol. Los canchales 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 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 al ojo desnudo.

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* 8:543–4.
- 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* 25:262–3.
- 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 Biologie 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)

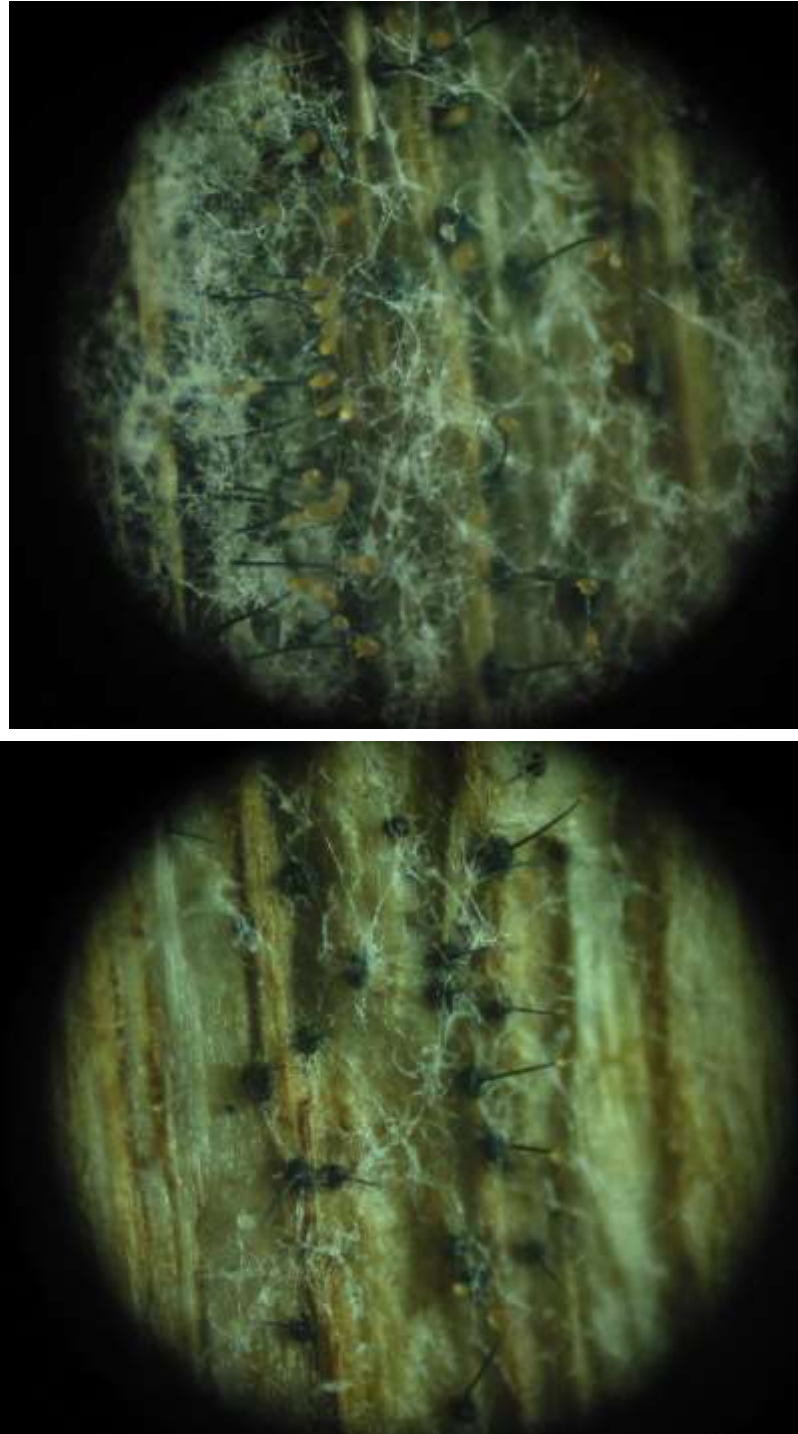


Figura 8.6.3. Peritecios de *Ceratocystis cacaofunesta* creciendo sobre el xilema de ramas de cacao inoculadas con el patógeno (C Suárez-Capello, UTEQ, Ecuador).

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

²Cirad-UPR31, Bioagresseurs des cultures pérennes, BP 2572, Yaoundé, Camerún. Correo electrónico: tenhoopen@cirad.fr

8.7.1 Agents causaux

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 presente 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 <http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/> y el Compendio de Protección de Cultivos de CABI (<http://www.cabi.org/cpc/>) (en inglés).

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 et Holliday 1972, Sivanesan et Holliday 1972, Aranzazu et al. 1999, Ten Hoopen et Krauss 2006).

Muchas de estas plantas hospedantes están a menudo asociadas con cacao.

8.7.5 Biologie

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 sombrío 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

- 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) and 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. 607pp.
- 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 micoparasitos contra *Rosellinia* spp. M.Sc. 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. Biol. Cont. 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. Biologie 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

9.1 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

9.1.1 Nombre científico

El nombre científico del barrenador de la mazorca de cacao (“Cocoa Pod Borer”, CPB) es *Conopomorpha cramerella* (Snellen) (Lepidoptera: Gracillariidae).

9.1.2 Síntomas

Las mazorcas inmaduras infestadas muestran manchas amarillas pre-maduración (Fig. 9.1.1). 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. 9.1.2). Los granos de cacao de mazorcas infestadas a menudo se agrupan y son difíciles, cuando no imposibles, de extraer (Fig. 9.1.3). Los granos pueden empezar a germinar dentro de las mazorcas que están infestadas cuando éstas están próximas a alcanzar su madurez (Azhar 1986).



Figura 9.1.1. Amarillamiento disparejo de mazorcas inmaduras debido a la infestación del barrenador de la mazorca (A Alias, MCB)



Figura 9.1.2. Orificio de salida de las larvas del barrenador de la mazorca en una pared de la mazorca (A Alias, MCB)



Figura 9.1.3. Granos agrupados en una masa sólida como resultado del proceso de alimentación del barrenador de la mazorca (A Alias, MCB)

9.1.3 Distribución geográfica

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

9.1.4 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 esterculiácea *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.

9.1.5 Biología

El ciclo de vida del barrenador de la mazorca se ilustra en la Fig. 9.1.4. 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. 9.1.5). 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. 9.1.6) y se transforman en pupas dentro de capullos de seda en las hojas, las mazorcas o en la hojarasca seca en el suelo (Fig. 9.1.7). 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.

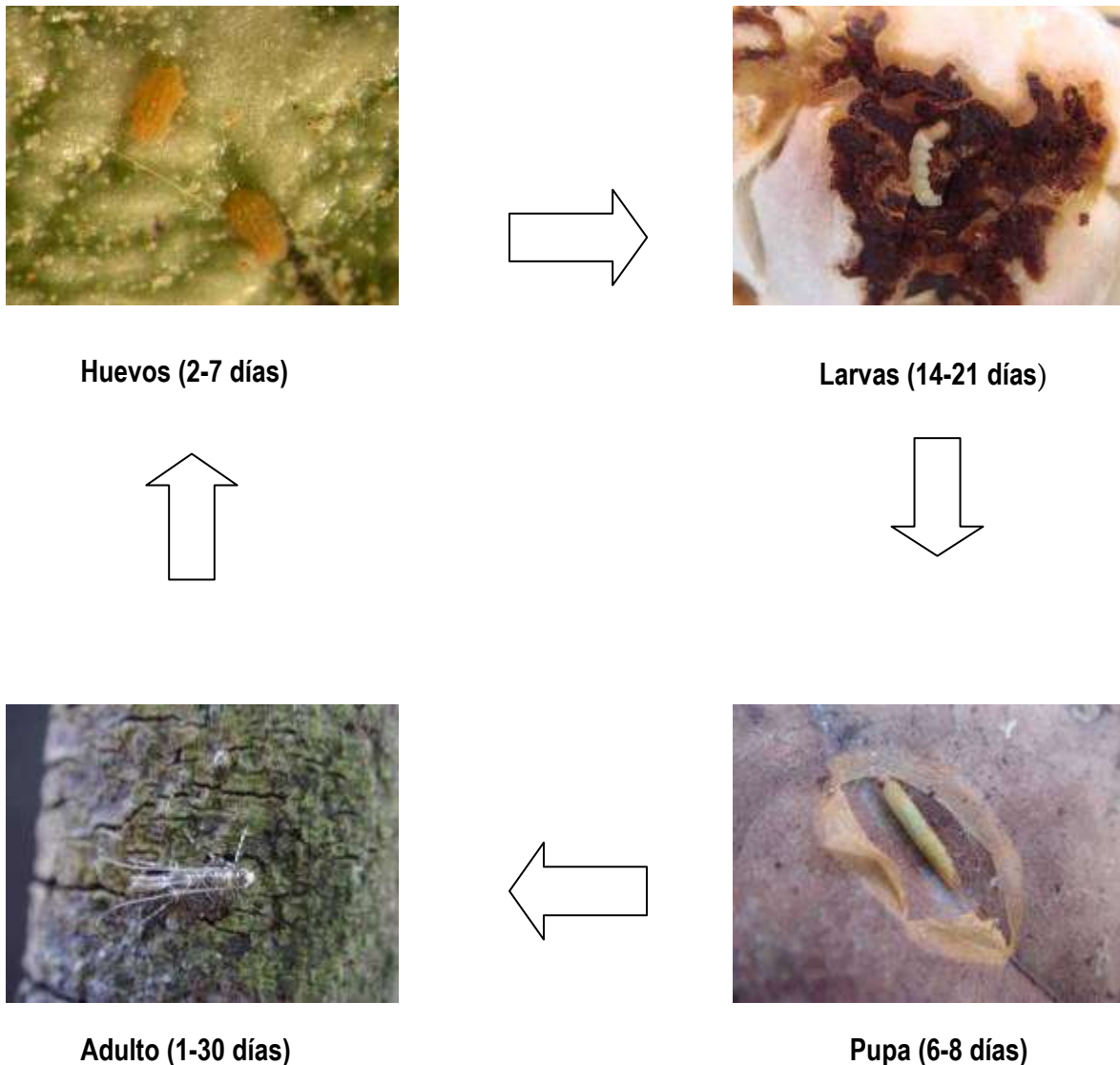


Figura 9.1.4. Ciclo de vida y duración de las etapas de vida del barrenador de la mazorca de cacao (A Alias, MCB)

9.1.6 Recomendaciones 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 9.1.5. Larva recién eclosionada del barrenador de la mazorca cavando un túnel en la pared de la mazorca (A Alias, MCB)



Figura 9.1.6. Larva del barrenador de la mazorca emergiendo de su túnel de salida en la pared de la mazorca (A Alias, MCB)



Figura 9.1.7. Pupa del barrenador de la mazorca bajo su capullo de seda en la hojarasca (A Alias, MCB)

9.1.7 Referencias

- Azhar I. 1986. A threat of cocoa pod borer (*Conopomorpha cramerella*) infestation to the Malaysian cocoa industry. 1. On the Biologie and 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.

9.2 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: aliasawang@koko.gov.my

9.2.1 Nombre científico

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

9.2.2 Síntomas

Tanto las ninfas como los adultos de *Helopeltis* infestan los brotes jóvenes (Fig. 9.2.1), 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. 9.2.2). 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. 9.2.3), tienen pocas probabilidades de sobrevivir (Wan Ibrahim, 1983). El daño causado por míridos puede conllevar a la invasión por plagas secundarias (Fig. 9.2.4) 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.

9.2.3 Distribución geográfica

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

9.2.4 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 9.2.1. Infestación por *Helopeltis* en brotes jóvenes (B Saripah, MCB)



Figura 9.2.2. Lesiones viejas de color oscuro en una mazorca de cacao (B Saripah, MCB)



Figura 9.2.3. Infestación por *Helopeltis* en un fruto (B Saripah, MCB)



Figura 9.2.4. Infestación por plaga secundaria (B Saripah, MCB)

9.2.5 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. 9.2.5) a verde oscuro cuando se convierte en adulto. Las ninfas son más pequeñas y no tienen alas. Los adultos miden aproximadamente 5 – 10mm de largo (Fig. 9.2.6).



Figura 9.2.5. Ninfa de *Helopeltis* de color verde claro (B Saripah, MCB)



Figura 9.2.6. *Helopeltis* adulto, generalmente de hasta 5.5 mm de longitud (B Saripah, MCB)

9.2.6 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. Nigeria Ent. Mag.: 59-60.
- Kalshoven LGE. 1980. Pests of crops in Indonesia. (Revised and edited by P.A. Van Der Laan). PT Ichtar Baru-Van Hove, 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 A Ibrahim. 1983. *Helopeltis* - Biologie, ecology and control. MAPPS: Advances in Cocoa Plant Protection in Malaysia: 16-18.

9.3 Otros insectos

Colin Campbell

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

Correo electrónico: cam_campbell@tiscali.co.uk

9.3.1 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.

9.3.1.1 Distribución geográfica

Los chinchas harinosos son ubicuos en los trópicos y se presentan en cacao en todas las regiones. Algunas pocas especies altamente polífagas 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 chinchas harinosos se han adaptado al cacao a partir de plantas hospedantes nativas.

9.3.1.2 Biología

Los chinchas harinosos son pequeños insectos succionadores 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. 9.3.1), un vector generalizado de CSSV en África occidental, puede producir progenie 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.

9.3.2 Míridos

Los insectos succionadores de plantas de la familia Miridae son plagas del cultivo de cacao en todas las regiones geográficas, excepto las Indias Occidentales, mientras que algunos pocos géneros de esta familia son depredadores de otros insectos plaga. Al igual que los chinches harinosos, las especies de esta plaga fueron adaptadas y transferidas al cacao de plantas locales nativas, y éstas pueden proporcionar un reservorio de plagas (Entwistle 1972).

9.3.2.1 Agent causal, distribution et symptômes

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 2009). 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. 9.3.2) y *Distantiella theobroma* (Fig. 9.3.3) 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. 9.3.4 y 9.3.5) son invadidas posteriormente por patógenos dañinos como el hongo de la mazorca negra (*Phytophthora* spp.).

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 2009). 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.

9.3.2.2 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 Minadores de la corteza

Sería indeseable la transferencia de minadores de la corteza lepidópteros tales como los tortricidos *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.

9.3.4 Referencias

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.ipmnetwork.net/>

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



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



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 mirdos 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 Recomendaciones generales de cuarentena para insectos plaga

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.

10. Nematodos fitoparásitos

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

¹Instituto de Cultivos Tropicales, Tarapoto, Perú. Correo electrónico: e.arevalo.ict@terra.com.pe

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. 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 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 (Cuadro 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).



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)

Tabla 10.1. Distribución geográfica de nematodos endoparásitos y ectoparásitos asociados con el cacao (Sosamma et al. 1979, Lopez-Chaves et al. 1980, Sharma 1982, Crozzoli et al. 2001, Wood et Lass 2001, Campos et Villain 2005, Arévalo et al. 2007, Arévalo 2008).

Género	Distribución geográfica
<i>Criconemoides</i>	Brasil, Côte d'Ivoire, Ghana, Malasia, Nigeria, Venezuela
<i>Dolichodorus</i>	Brasil
<i>Helicotylenchus</i>	Brasil, Costa Rica, Côte d'Ivoire, Filipinas, Ghana, Malasia, Nigeria, Venezuela
<i>Hemicycliophora</i>	Brasil, Côte d'Ivoire, Nigeria, Perú, Surinam
<i>Hoplolaimus</i>	Brasil, Costa Rica, Filipinas, Nigeria
<i>Meloidogyne</i>	Brasil, Costa Rica, Côte d'Ivoire, Ghana, India, Java, Malasia, Malawi, Nigeria, Papúa Nueva Guinea, Perú, Rhodesia, Santo Tomé, Venezuela, Zanzibar
<i>Peltamigrattus</i>	Venezuela
<i>Pratylenchus</i>	Brasil, Côte d'Ivoire, Ghana, India, Indonesia, Jamaica, Nigeria, Malasia, Perú, Venezuela
<i>Rotylenchulus</i>	Brasil, Nigeria, Perú, Venezuela
<i>Scutellonema</i>	Nigeria
<i>Trichodorus</i>	Brasil, Costa Rica, India, México, Nigeria, Perú, Venezuela
<i>Tylenchorhynchus</i>	Brasil, Costa Rica, India, México, Venezuela
<i>Xiphinema</i>	Brasil, Filipinas, Ghana, Malasia, México, Nigeria, Perú, Venezuela



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 sombrío comúnmente utilizados 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 sombrío, 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. Symptômes 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. Instituto internacional de agricultura tropical, Ibadan. pp. 148-156.
- Afolami SO. 1993. The effect of Basamid granular (Dazomet) on nematodes parasitic on cacao seedling in the nursery. In: Proceedings on 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: 9th international Cocoa research conference, February 12-18, 1984, Lomé, Togo. pp. 237-242.
- Arévalo GE. 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, Perú, November 16-21, 2008.
- Arévalo GE, Zúñiga CL, Baligar VC, Canto SM. 2007. Dynamics of nematode populations in cacao grown under traditional system of management in Peruvian Amazon. Poster presentado en el taller sobre Pan Amazonian Soil Biodiversity, Rio Branco Acre, Brasil, Septiembre 26-29, 2007.
- Asare-Nyako A, Owusu K. 1979. *Meloidogyne incognita* infection of cocoa seedlings. 7th International Cocoa Research Conference. Douala, Camerún, 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, RU. pp. 529-579.
- 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, Antillas Francesas. pp. 17-21.
- Meredith JA. 1974. Phytoparasitic nematodes associated with cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Venezuela. *Nematologica* 4:23-26.
- 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 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 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.). Proceedings of the Second Annual Symposium on Plantation Crops, June 26-29, Ootacamund, Inde. pp. 16-19.
- Sosamma VK, Koshy PK, Sundararaju P. 1980. Plant parasitic nematodes associated with cacao. *Cocoa Growers' Bulletin* 29: 27-30
- 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, RU. 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 2014

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: 978-92-9043-988-2

