

Directrices Técnicas para el Movimiento Seguro del Germoplasma de Cacao

Versión revisada de las Directrices Técnicas de FAO/IPGRI No. 20
(Cuarta Actualización, 2021)

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



Alliance



La Alianza de Bioversity International y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) ofrece soluciones basadas en la investigación que abordan las crisis globales de desnutrición, cambio climático, pérdida de biodiversidad y degradación ambiental. La Alianza se centra en el nexo entre agricultura, nutrición y medio ambiente. Trabajamos con socios locales, nacionales y multinacionales en África, Asia, América Latina y el Caribe, y con los sectores público y privado y la sociedad civil. Con alianzas novedosas, la Alianza genera evidencia e incorpora innovaciones para transformar los sistemas alimentarios y los paisajes de modo que sostengan el planeta, impulsen la prosperidad y alimenten a las personas en una crisis climática. La Alianza es parte de CGIAR, la asociación de investigación e innovación agrícola más grande del mundo para un futuro con seguridad alimentaria dedicada a reducir la pobreza, mejorar la seguridad alimentaria y nutricional y mejorar los recursos naturales. <https://alliancebioiversityciat.org> www.cgiar.org

La Alianza de Bioversity International y CIAT coordina la Red Global de Recursos Genéticos del Cacao, **CacaoNet**, 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

Coordinación global:

Alliance of Bioversity International and CIAT

Headquarters, Via di San Domenico, 1, 00153, Rome, Italy

Email: cacaonet.secretariat@gmail.com

CacaoNet Safe Movement Working Group

Cocoa Research Association Ltd. United Kingdom

Email: safemovementWG@cocoaresearch.org.uk

Citación: End, M.J.; Daymond, A.J.; Hadley, P. (eds.) 2021. Directrices Técnicas para el Movimiento Seguro del Germoplasma de Cacao. Versión revisada de las Directrices técnicas de FAO/IPGRI No. 20 (Cuarta actualización, 2021). Global Cacao Genetic Resources Network (CacaoNet), Bioversity International, Roma, Italia.

ISBN 978-92-9255-240-4 © Bioversity International 2021

Alliance of Bioversity International and CIAT

Headquarters

Via di San Domenico, 1

00153, Rome, Italy

Directrices Técnicas para el Movimiento Seguro del Germoplasma de Cacao

Versión Revisada de las Directrices Técnicas de FAO/IPGRI No. 20
(Cuarta Actualización, 2021)

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



Reconocimientos

CacaoNet desea agradecer a todos los que contribuyeron a la revisión de las Directrices técnicas para el movimiento seguro del germoplasma del cacao, así como a aquellos que contribuyeron a las primeras directrices FAO IPGRI No. 20, en las que está basada esta cuarta 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 esta revisión y versiones anteriores de estas directrices. Agradecemos a las numerosas instituciones y organizaciones de investigación del cacao que han permitido que su personal contribuya así como a organizaciones COPAL e ICCO por brindar oportunidades y facilidades permitiendo a estos científicos reunirse y compartir sus conocimientos. La publicación de esta revisión fue financiada gracias al apoyo financiero y en especie de Cocoa Research Association Ltd., Reino Unido (CRA Ltd, una organización con sede en el Reino Unido responsable de la gestión de la Investigación del Cacao en nombre de Mars-Wrigley, Mondelēz International y el London Cocoa Trade [ICE Futures Europe]) y la Universidad de Reading. Agradecemos las contribuciones financieras y en especie adicionales de Bioversity International y el Programa de Investigación de CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería (FTA) que permitieron la publicación de las revisiones anteriores. 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).

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

La concepción, diagramación y edición técnica de este folleto fueron realizadas por Claudine Picq, Bioversity International. También se encuentran disponibles versiones en inglés y francés.

Descarga de responsabilidad

Si bien se hace todo lo posible para garantizar la exactitud de la información reportada en esta publicación, CacaoNet, Alliance of Bioversity International y CIAT, y los autores y editores contribuyentes y sus organizaciones afiliadas no pueden aceptar ninguna responsabilidad por las consecuencias del uso de esta información. Las opiniones expresadas aquí son las de los autores y no necesariamente coinciden con las de sus instituciones o patrocinadores.

Tabla de contenido

1. Introducción.....	3
2. Colaboradores de esta versión actualizada	6
2.1 Colaboradores adicionales de las Directrices Técnicas de FAO/IPGRI No. 20 y versiones anteriores de este documento.....	8
3. Estaciones de cuarentena intermedia y regional	9
3.1 Estaciones de cuarentena intermedia	9
3.2 Estaciones de cuarentena regional (pos-entrada)	10
4. Recomendaciones generales	11
5. Opciones para el movimiento de germoplasma de cacao en relación con el riesgo de movilizar plagas.....	12
5.1 Semilla.....	12
5.2 Esquejes.....	12
5.3 Plantas enteras	13
5.4 Material <i>in vitro</i>	14
5.5 Polen y flores abiertas.....	14
5.6 Yemas florales.....	14
6. Resumen del riesgo de plagas	15
Descripción de plagas del cacao	22
7. Enfermedades virales.....	22
7.1 Virus de la necrosis del cacao (CNV): género <i>Nepovirus</i>	22
7.2 Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV): género <i>Badnavirus</i>	23
7.3 Virus del mosaico amarillo del cacao (CYMV): género <i>Tymovirus</i>	27
7.4 Virus del mosaico leve del cacao (CaMMV) y virus de bandas de las venas amarillas del cacao (CYVBV): género <i>Badnavirus</i>	27
7.5 Otras enfermedades similares a virus	32
8. Enfermedades fúngicas y oomicetos.....	34
8.1 Enfermedad de la escoba de bruja.....	34
8.2 Moniliasis.....	39
8.3 Mazorca negra o fitóftora (<i>Phytophthora spp.</i>).....	44
8.4 Muerte descendente por rayado vascular (Vascular Streak Dieback, VSD).....	50
8.5 Marchitamiento por <i>Verticillium</i> en cacao	60
8.6 Marchitez por <i>Ceratocystis</i> o mal de machete en cacao.....	68
8.7 Pudrición radical por <i>Rosellinia</i>	74
8.8 Otros patógenos de la fruta y el dosel.....	79
9. Insectos y acaros plaga	93
9.1 Recomendaciones generales de cuarentena para insectos y acaros plaga	93
9.2 Barrenador de la mazorca de cacao (CPB).....	94

2 Directrices técnicas para el movimiento seguro del germoplasma del cacao

9.3 Barrenador del fruto del cacao (<i>Carmenta spp.</i>).....	100
9.4 Otras plagas de lepidópteros.....	102
9.5 Miridos y otros insectos heterópteros chupadores.....	103
9.6 Mosquito del cacao.....	106
9.7 <i>Pseudotheraptus devastans</i> (Dist.).....	110
9.8 Chinchas harinosos y otros insectos.....	113
9.9. Escarabajos ambrosía.....	115
9.10 Ácaros fitófagos.....	117
10. Nematodos fitoparásitos.....	121

1. Introducción

Estas directrices describen procedimientos técnicos para minimizar el riesgo de introducir plagas asociadas al movimiento de germoplasma utilizado en investigación, mejoramiento del cultivo, fitomejoramiento, exploración o conservación. Es importante recalcar que estas directrices no están destinadas para el comercio ni para envíos comerciales relativos a la exportación e importación de germoplasma o cacao en grano (consulte la CIPF - Convención Internacional de Protección Fitosanitaria para obtener información que tiene como objetivo proteger los recursos vegetales del mundo de la propagación y introducción de plagas y promueve el comercio seguro).

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 (IPCC 2016).

El Grupo de Trabajo sobre Movimiento Seguro de la Red Global de Recursos Genéticos del Cacao (CacaoNet)² fue responsable de revisar las directrices técnicas

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

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

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 la Alianza Bioversity International y CIAT 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, sin embargo 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. La correspondencia relacionada con esta publicación debe dirigirse a los editores o los autores de la sección correspondiente.

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

Las directrices se dividen en dos partes:

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

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

Actualización de las directrices

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

detección o métodos de control.

Referencias

- FAO. 2016. Glossary of Phytosanitary Terms. ISPM No. 5 (2016) in International Standards for Phytosanitary Measures. FAO, Rome. Accesible desde la URL: <https://www.ippc.int/en/core-activities/standards-setting/ispms/>
- IPPC. 2016. Framework for pest risk analysis. Secretariat of the International Plant Protection Convention. Accesible desde la URL: https://www.ippc.int/static/media/files/publication/en/2016/01/ISPM_02_2007_En_2015-12-22_PostCPM10_InkAmReformatted.pdf

2. Colaboradores de esta versión actualizada

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

Dr Nara GR Braz Patrocinio
UESC,
Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 16,
Bahia,
BRASIL
naragrb@hotmail.com

Dr KP Gramacho, Dr Givaldo Niella
CEPLAC/CEPEC/SEFIT,
Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 22,
Itabuna, Bahia,
BRASIL
gramachokp@hotmail.com;
karina.gramacho@agricultura.gov.br;
givaldo.niella@agricultura.gov.br

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

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

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

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

Dr GM ten Hoopen, Dr Leila Bagny Beilhe
CIRAD
Campus International de Baillarguet,
UMR PHIM TA A-120/K,
34398 Montpellier,
FRANCE
tenhoopen@cirad.fr
leila.bagny@cirad.fr

Dr Anne-Sophie Bouchon
Plant Health Sustainable Solutions (PHSS),
Nancy
FRANCE
anne_sophie.bouchon@yahoo.fr
anne-sophie.bouchon@phss.fr

Mr Andrews Y Akrofi, Formerly of CRIG,
C.K. Memorial Lodge, c/o Apirede Calvary
Presbyterian Church, P.O. Box 79, Adukrom-
Akuapem,
GHANA
andrewsakrofi@yahoo.com

Mr E Kumi-Asare, I Amoako-Attah, CRIG
PO Box 8,
New Tafo-Akim,
GHANA
cocoaresearch@gmail.com

Dr GA Ameyaw, Dr G Awudzi, Dr O Domfeh, Dr
H K Dzahini-Obiatey,
Cocoa Research Institute of Ghana
PO Box 8,
New Tafo-Akim,
GHANA
gaakumfi@crig.org.gh
cocoaresearch@gmail.com

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

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

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

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

Prof P Umaharam, Dr TN Sreenivasan and R.
Umaharan
Cocoa Research Centre
The University of the West Indies
St. Augustine
TRINIDAD AND TOBAGO
Pathmanathan.Umaharan@sta.uwi.edu

Dr Alina Puig
Foreign Disease - Weed Science Research Unit
1301 Ditto Avenue, Fort Detrick,
MD 21702
ESTADOS UNIDOS alina.puig@usda.gov

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

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

Dr AC Wetten
Department of Applied Sciences,
University of the West of England, Coldharbour
Lane, Bristol, BS16 1QY
REINO UNIDO
Andy.Wetten@uwe.ac.uk

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

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

3. Estaciones de cuarentena intermedia y regional

3.1 Estaciones de cuarentena intermedia

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

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

Email: a.j.daymond@reading.ac.uk

Tel: +44 118 378 6628/ + 44 118 9760355

The Operational Manual for ICQC, R can be found at: <http://www.icqd.reading.ac.uk/icqc/documents.php>

United States Department of Agriculture (USDA)
Subtropical Horticulture Research Station
13601 Old Cutler Road
Miami, Florida 33158
Estados Unidos
Email: Osman.Gutierrez@ars.usda.gov

3.2 Estaciones de cuarentena regional (pos-entrada)

Existen estaciones de cuarentena pos-entrada 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 pos-entrada puede variar desde seis meses hasta dos años. En algunos casos, también se usan los establecimientos po-sentrada para el movimiento de germoplasma dentro del mismo país.

Las siguientes estaciones de cuarentena pos-entrada para el cacao están en funcionamiento:

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

Cenargen Quarantine Facility
Parque Estação Biológica, PqEB, Av. W5 Norte (final)
Caixa Postal 02372 – Brasília, DF – CEP 70770-917,
BRAZIL
Email: cenargen.niq@embrapa.br

4. Recomendaciones generales

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

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

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

5.1 Semilla

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

Cuadro 5.1. Patógenos transmitidos por la semilla en cacao.

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

5.2 Esquejes

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

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

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

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

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

Otras plagas que pueden ser transferidas mediante esquejes incluyen insectos, como los chinches harinosos y patógenos endofíticos por ejemplo *Ceratobasidium* (anteriormente *Oncobasidium theobromae*) y *Ceratocystis cacaofunesta*.

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%).
3. La yema debe examinarse con un microscopio o con una lupa de mano para detectar la presencia de insectos / ácaros o agujeros de perforación de insectos.

5.3 Plantas enteras

NO SE RECOMIENDA el movimiento de plantas enteras en suelo, o incluso plantas con las raíces desnudas, ya que conlleva un riesgo muy alto de transferir organismos transmitidos por el suelo y plagas asociadas con las raíces y partes aéreas de la planta. Por tanto, debe ejercerse extrema caución cuando se considera movilizar plantas enteras, y **NO** se recomienda el traslado de germoplasma entre regiones como plantas

enteras a menos que el material puede trasladarse por medio de una estación de cuarentena.

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

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

5.4 Material *in vitro*

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

5.5 Polen y flores abiertas

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

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

5.6 Yemas florales

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

5.7 Referencia

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

6. Resumen del riesgo de plagas

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

Plaga	Propagación geográfica ¹	Precauciones especiales
7.1 Virus de la necrosis del cacao (<i>Cacao necrosis virus</i> , CNV) Género <i>Nepovirus</i>	Ghana, Nigeria	
7.2 Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (<i>Cacao swollen shoot virus</i> , CSSV)	Benín, Côte d'Ivoire, Ghana, Liberia, Nigeria, Sierra Leona, Togo Registros también en Sri Lanka	Mazorca: Riesgo potencial Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Alto riesgo Cuarentena aconsejable Ver: 5.2 Esquejes FACTOR ESPECIAL DE RIESGO: INFECCIÓN LATENTE HASTA POR DOS AÑOS
7.3 Virus del mosaico amarillo del cacao (CYMV)	Sierra Leona	
7.4 Virus del mosaico leve del cacao (CaMMV) y virus del anillado amarillo de las nervaduras del cacao (CYVBV)	Ocurrencias aisladas en Trinidad	Esquejes: riesgo potencial de virus cuya distribución sea bastante localizada
7.5 Otras enfermedades similares a virus	Ocurrencias aisladas en Trinidad, Puerto Rico y Brasil	Esquejes: riesgo potencial Semilla: riesgo potencial
8.1 Enfermedad de la escoba de bruja (<i>Moniliophthora perniciosa</i>)	Brasil (Bahía, Espirito Santo, regiones amazónicas), Bolivia, Colombia, Ecuador, Granada, Guayana Francesa, Guayana, Panamá, Perú, San Vicente, Santa Lucía, Suriname, Trinidad y Tobago, Venezuela	Mazorca entera: Alto riesgo, no se recomienda Semilla: Riesgo moderado Esqueje: Riesgo moderado Ver: 8.1.6 Medidas de cuarentena
8.2 Moniliasis (<i>Moniliophthora roreri</i>)	Belice, Bolivia, Brasil (estado de Acre) Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, Méjico, Nicaragua, Panamá, Perú, occidente de Venezuela	Mazorca: Alto riesgo, no se recomienda Semilla: Riesgo moderado Esqueje: Riesgo moderado Se recomienda cuarentena FACTOR DE RIESGO ESPECIAL: ESPORAS DE LARGA VIDA Ver: 8.2.6 Medidas de cuarentena

¹**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

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

Plaga	Propagación geográfica ¹	Precauciones especiales
<p>8.3 <i>Phytophthora</i> Nota: las especies de <i>Phytophthora</i> están muy extendidas y, a veces, son difíciles de distinguir <i>P. palmivora</i> (syn. <i>P. arecae</i>)</p>	<p>La mayoría de los países productores de cacao en todo el mundo</p>	<p>Mazorca entera: Alto riesgo, no se recomienda Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Alto riesgo Se recomienda cuarentena intermedia FACTOR DE RIESGO ESPECIAL: PRESENCIA EN EL SUELO Ver: 8.3.6 Medidas de cuarentena</p>
<p><i>P. megakarya</i></p>	<p>Bioko (Fernando Pó), Camerún, Côte d'Ivoire, Gabón, Ghana, Nigeria, Santo Tomé y Príncipe, Togo</p>	<p>Ver: 8.3.6 Medidas de cuarentena</p>
<p><i>P. capsici</i>/<i>P. tropicalis</i></p>	<p>Brasil, Camerún, Costa Rica, Côte d'Ivoire, República Dominicana, El Salvador, Guayana Francesa, Guatemala, India, Indonesia, Jamaica, Méjico, Panamá, Perú, Trinidad, Venezuela</p>	
<p><i>P. citrophthora</i></p>	<p>Brasil, Cuba, Malasia, India, Méjico, Filipinas</p>	
<p><i>P. hevea</i></p>	<p>Brasil, Camerún, Cuba, India, Malasia, Méjico, Filipinas</p>	
<p><i>P. megasperma</i></p>	<p>Brasil, Cuba, India, Malasia, Venezuela, Filipinas</p>	
<p><i>P. nicotianae</i> var. <i>parasitica</i></p>	<p>Brasil, Colombia, Cuba, India, Malasia, Filipinas</p>	
<p><i>P. theobromicola</i></p>	<p>Brasil</p>	
<p>8.4 Muerte descendente por rayado vascular (VSD, <i>Ceratobasidium theobromae</i>)</p>	<p>La mayoría de las regiones cacaoteras del sur y sudeste de Asia: China (Isla Hainan), India, Indonesia, Malasia Occidental y Estado de Sabah, Myanmar, Papúa Nueva Guinea, (islas de Nueva Guinea, Nueva Bretaña, Nueva Irlanda), sur de Filipinas, Tailandia, Vietnam</p>	<p>Mazorca entera: Alto riesgo, no se recomienda Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Alto riesgo Se recomienda cuarentena intermedia Ver: 8.4.6 Medidas de cuarentena</p>
<p>8.5 Marchitamiento por <i>Verticillium</i> en cacao</p>	<p>Mundial, pero especialmente en Brasil, Colombia, RD Congo y Uganda</p>	<p>Mazorca entera: Bajo riesgo Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Riesgo moderado Ver: 8.5.6 Medidas de cuarentena</p>
<p>8.6 Mal de machete</p>	<p>Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, French Guiana, Guatemala, Haití, México, Perú, Trinidad & Tobago, Venezuela.</p>	<p>Mazorca: Alto riesgo Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Riesgo moderado Ver: 8.6.6 Medidas de cuarentena</p>

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

Plaga	Distribución geográfica	Precauciones especiales
8.7 Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i> <i>R. bunodes</i> , <i>R. pepo</i> <i>R. paraguayensis</i>	Extendido en América Central y del Sur, también en África Occidental, India, Indonesia, Malasia, Filipinas.	Mazorca: Bajo riesgo Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Alto riesgo Ver: 8.7.6 Medidas de cuarentena
8.8 Otros patógenos fúngicos	Extendido	Ver: sección 8.8 para mas detalles
9.2 Barrenador de la mazorca del cacao	Sudeste Asiático incluyendo India, Malasia, Indonesia, Filipinas y Papúa Nueva Guinea, Sri Lanka, Taiwan y Tailandia	Mazorca: Alto riesgo, no se recomienda Semilla: Alto riesgo Esqueje: Riesgo moderado Ver: 9.2.6 Medidas de cuarentena
9.3 Barrenador del fruto del cacao (<i>Carmanta spp.</i>)	Brasil, Colombia, Ecuador, Panamá, Perú, Trinidad & Tobago y Venezuela	Mazorca: Riesgo moderado Semilla: Bajo riesgo Ver 9.3.6 Medidas de cuarentena
9.4. Otras plagas de lepidópteros	Ampliamente distribuido	
9.5 Miridos y otros insectos heterópteros chupadores	Todas las regiones cacaoteras, excepto la región caribeña	Mazorca: Riesgo moderado Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Riesgo moderado Ver 9.5.6 Medidas de cuarentena
9.6 Mosquito del cacao	Todas las regiones cacaoteras	Mazorca: Riesgo moderado Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Riesgo moderado Ver 9.6.6 Medidas de cuarentena
9.7 <i>Pseudothraupis devastans</i>	Ampliamente distribuido en Africa	Mazorca: Riesgo moderado Ver 9.7.5 Medidas de cuarentena
9.8 Chinchas harinosos y otros insectos	Todas las regiones cacao	Mazorca: Riesgo moderado Semilla: Bajo riesgo Esqueje: Riesgo moderado
9.9 Escarabajos <i>Ambrosia</i>	Ampliamente distribuido	Esqueje: Riesgo moderado Ver 9.9.6 Medidas de cuarentena
9.10 Acaros fitofagos	Ampliamente distribuido	Esqueje: Riesgo moderado Ver 9.10.6 Medidas de cuarentena
10. Nematodos fitoparásitos	Ampliamente distribuido	Ver 10.6 Medidas de cuarentena

¹**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* está ampliamente distribuida, al igual que una serie de insectos y otras plagas de invertebrados). Se recomienda a los usuarios que verifiquen periódicamente otros informes de brotes de plagas / enfermedades en el país en el que están trabajando.

País	Riesgo de plagas
Belice	Moniliasis
Benín	Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV)
Bioko (Fernando Po)	<i>Phytophthora megakarya</i>
Bolivia	Enfermedad de la escoba de bruja Moniliasis
Brasil	Virus del mosaico leve del cacao (CaMMV) Podredumbre de la vaina por <i>Moniliophthora</i> (Estado de Acre) Enfermedad de la escoba de bruja <i>Phytophthora capsici</i> / <i>P. tropicalis</i> <i>P. citrophthora</i> <i>P. heveae</i> <i>P. megasperma</i> <i>P. nicotianae</i> <i>P. theobromicola</i> Marchitamiento por <i>Verticillium</i> Mal de machete Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i>
Camerún	<i>Phytophthora megakarya</i> <i>Phytophthora capsici</i> <i>Ceratocystis</i> spp. (<i>C. ethacetica</i> and <i>C. paradoxa</i>) Lasiodiplodia Dieback
Colombia	Enfermedad de la escoba de bruja Moniliasis Marchitamiento por <i>Verticillium</i> Mal de machete <i>Phytophthora nicotianae</i> Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i>
Costa Rica	Moniliasis Mal de machete Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i> <i>Phytophthora capsica</i>
Côte d'Ivoire	Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV) <i>Phytophthora megakarya</i>

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

País	Riesgo de plagas
Cuba	<i>Phytophthora citrophthora</i> <i>Phytophthora heveae</i> <i>Phytophthora megasperma</i> <i>Phytophthora nicotianae</i>
República Democrática del Congo	Marchitamiento por <i>Verticillium</i>
Republica Dominicana	<i>Phytophthora</i> spp.
Ecuador	Enfermedad de la escoba de bruja Moniliasis Mal de machete
El Salvador	<i>Phytophthora capsici</i> Moniliasis
Gábon	<i>Phytophthora megakarya</i>
Ghana	Virus de la necrosis del cacao (CNV) Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV) <i>Phytophthora megakarya</i>
Granada	Enfermedad de la escoba de bruja
Guatemala	Moniliasis <i>Phytophthora capsici</i> Mal de machete
Guayana	Enfermedad de la escoba de bruja
Guayana Francesa	Enfermedad de la escoba de bruja <i>Phytophthora capsici</i>
Haiti	<i>Phytophthora</i> spp. Mal de machete
Hawai	<i>Phytophthora</i> spp.
Honduras	Moniliasis
India	<i>Phytophthora capsici</i> <i>Phytophthora citrophthora</i> <i>Phytophthora heveae</i> <i>Phytophthora megasperma</i> , <i>Phytophthora nicotianae</i> Muerte descendente por rayado vascular (VSD) Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i>

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

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

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

País	Riesgo de plagas
Filipinas	<i>Phytophthora citrophthora</i> <i>Phytophthora heveae</i> <i>Phytophthora megasperma</i> <i>Phytophthora nicotianae</i> Muerte descendente por rayado vascular (VSD) Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i> Barrenador de la mazorca del cacao
Puerto Rico	Virus del mosaico leve del cacao (CaMMV)
Santo Tomé y Príncipe	<i>Phytophthora megakarya</i>
San Vicente	Enfermedad de la escoba de bruja
Sierra Leona	Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV) Virus del mosaico amarillo del cacao (CVMV)
Sri Lanka	Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV) [reportado] Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i>
Suriname	Enfermedad de la escoba de bruja
Tailandia	Muerte descendente por rayado vascular (VSD)
Togo	Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV) <i>Phytophthora megakarya</i>
Trinidad y Tobago	Enfermedad de la escoba de bruja <i>Phytophthora capsici</i> Podredumbre de la raíz por <i>Rosellinia</i> Mal de machete Virus del mosaico leve del cacao y virus del anillado amarillo de las nervaduras del cacao (anteriormente conocido como Trinidad Cocoa Virus A y B)
Uganda	Marchitamiento por <i>Verticillium</i>
Venezuela	Enfermedad de la escoba de bruja Moniliasis <i>Moniliophthora</i> pod rot (Western Venezuela) <i>Phytophthora capsici</i> <i>Phytophthora citrophthora</i> , <i>Phytophthora heveae</i> <i>Phytophthora megasperma</i> , <i>Phytophthora nicotianae</i> Mal de machete
Vietnam	Muerte descendente por rayado vascular (VSD)

Descripción de plagas del cacao

7. Enfermedades virales

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

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

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

7.1.1 Síntomas

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

7.1.2 Distribución geográfica

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

7.1.3 Transmisión

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

7.1.4 Morfología de la partícula

Las partículas son isométricas y miden 25 nm en diámetro.

7.1.5 Tratamiento

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

7.1.6 Indexación

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

7.1.7 Referencias y lectura adicional

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

Mycological Institute, Kew, RU.

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

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



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

7.2 Virus de la hinchazón de los brotes de cacao (CSSV): género *Badnavirus*

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

¹Cocoa Research Institute of Ghana, PO Box 8, Tafo-Akim, Ghana.

Correo electrónico: gaakumfi@crig.org.gh , cocoaresearch@gmail.com

² Department of Applied Sciences, University of the West of England, Coldharbour Lane, Bristol, UK, BS16

Correo electrónico: a.c.wetten@uwe.ac.uk

Se han recolectado muchos aislamientos de CSSV (género *Badnavirus*), que se diferencian mediante letras mayúsculas o son nombrados después de la localidad donde se recolectaron. El análisis de la variabilidad molecular del CSSV revela la presencia de por lo menos ocho especies en todo África Occidental cuando se usan las recomendaciones del Comité Internacional de Taxonomía de Virus, las cuales consideran la diversidad de nucleótidos en la región RT/RNaseH (Kouakou et al. 2012, Oro et al. 2012, Abrokwah et al. 2016, Chingandu et al. 2017, Muller et al. 2018). El *virus del moteado foliar del cacao* (cacao mottle leaf virus) es sinónimo del CSSV (Brunt et al. 1996).

7.2.1. Síntomas

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

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

7.2.2 Distribución geográfica

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

7.2.3 Plantas hospedantes

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

7.2.4 Transmisión

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

Mientras que se han encontrado resultados positivos de ADN por RCP utilizando cebadores de CSSV específicos en plántulas de árboles infectados autopolinizados, no se ha encontrado expresión de CSSV en dichas plántulas ya sea visualmente o mediante selección por RCP con transcripción inversa (TI) (Ameyaw et al. 2013). Si bien ha habido el descubrimiento reciente de secuencias integradas de badnavirales en la mayoría de los grupos genéticos del cacao (Muller et al. 2021), hasta la fecha no hay evidencia de transmisión de CSSV por semillas. Sin embargo, las plantas pueden infectarse cuando se inoculan las semillas utilizando chinches harinosos virulíferos o mediante transmisión mecánica/por savia con partículas virales purificadas.

7.2.5 Morfología de la partícula

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

7.2.6 Tratamiento

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

7.2.7 Cuarentena y medidas de detección

Las técnicas de ensayo por inmunoabsorción enzimática (ELISA), microscopía electrónica inmunosorbente (MEIS) y RCP se han usado con éxito para detectar CSSV

(Sagemann et al. 1985, Muller 2008, Abrokwah et al. 2016, Chingandu et al. 2017). También se ha utilizado la aglutinación viro-bacteriana (Hughes y Ollennu 1993). Se han reportado otros métodos de detección exitosos, los cuales han sido examinados recientemente (Dzahini-Obiatay 2008, Dzahini-Obiatay et al. 2009). Mientras que continúa mejorando la eficacia del seguimiento molecular para el CSSV, hasta la fecha no se ha producido una técnica de detección que sea completamente independiente de los aislamientos, por lo que todavía se recomienda la indexación visual en combinación con la selección basada en RCP.

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

7.2.8 Referencias y lectura adicional

- Abrokwah F, Dzahini-Obiatay H, Galyuon I, Osae-Awuku F, Muller E. 2016. Geographical distribution of cacao swollen shoot virus molecular variability in Ghana. *Plant Disease* 100:2011-2017. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-16-0081-RE>
- Ameyaw GA., Wetten A., Dzahini-Obiatay H., Allainguillaume J., Domfeh O., (2013). Investigations on Cacao swollen shoot virus (CSSV) pollen transmission through cross pollination. *Plant Pathology* 62: 421-427 <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2012.02640.x>
- Brunt A, Crabtree K, Dallwitz M, Gibbs A, Watson L, Zurcher E. Editors. 1996. *Viruses of Plants. Description and Lists from the VIDE Database*. CAB International, Wallingford, UK.
- Chingandu N, Kovakou K, Aka R, Amayaw G, Gutierrez O, Herman H-W, Brown JK. 2017. The proposed new species, cacao red vein virus, and three previously recognized badna virus species are associated with cacao swollen shoot disease. *Virology Journal* 14:199. <https://doi.org/10.1186/s12985-017-0866-6>.
- Dzahini-Obiatay H. 2008. *Cytopathological and molecular studies of CSSV infected cocoa plants*. PhD Thesis, University of Reading, UK.
- Dzahini-Obiatay H, Ollennu LA, Aculey PC. 2008. Cocoa swollen shoot virus in Ghana: A review of diagnostic procedures. *Ghana Journal of Agricultural Science* 41(1):123-136. <https://doi.org/10.4314/gjas.v41i1.46155>
- Hughes J d'A, Adomako D, Ollennu 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. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1995.tb06674.x>
- Hughes J d'A, Ollennu LA. 1993. The virobacterial agglutination test as a rapid means of detecting cocoa swollen shoot virus disease. *Annals of Applied Biology* 122:299-310. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1993.tb04035.x>
- Kouakou K, Kébé BI, Kouassi N, Aké S, Cilas C, Muller E. 2012. Geographical distribution of cacao swollen shoot virus molecular variability in Côte d'Ivoire. *Plant Disease* 96:1445-1450. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-11-0749-RE>
- Muller E, Ravel S, Agret C, Abrokwah F, Dzahini-Obiatay H, Galyuon I, Kouakou K, Jeyaseelan EC, Allainguillaume J, Wetten A. 2018. Next generation sequencing elucidates cacao badnavirus diversity and reveals the existence of more than ten viral species. *Virus Research* 244: 235-251. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2017.11.019>
- Muller E, Ullah I, Dunwell JM, Daymond AJ, Richardson M, Allainguillaume J, Wetten A. 2021. Identification and distribution of novel badnaviral sequences integrated in the genome of cacao (*Theobroma cacao*). *Scientific Reports* 11: 8270 <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87690-1>

Oro F, Mississo E, Okassa M, Guilhaumon C, Fenouillet C, Cilas C, Muller E. 2012. Geographical differentiation of the molecular diversity of cacao swollen shoot virus in Togo. Archives of Virology 157:509-514. <https://doi.org/10.1007/s00705-011-1158-x>

Quainoo AK, Wetten A, Allainguillaume J. 2008. The effectiveness of somatic embryogenesis in eliminating cocoa swollen shoot virus from infected cocoa trees. Journal of Virological Methods 149:91-96. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2008.01.007>

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. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.1985.tb04339.x>



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-Obiatay y Y Adu-Ampomah, sin publicar)



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

7.3 Virus del mosaico amarillo del cacao (CYMV): género *Tymovirus*

7.3.1. Distribución geográfica

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

7.3.2 Síntomas

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

7.3.3 Transmisión

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

7.3.4 Morfología de la partícula

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

7.3.5 Tratamiento

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

7.3.6 Indexación

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

7.3.7 Referencias y lectura adicional

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. <https://doi.org/10.1099/00221287-38-1-81>

7.4 Virus del mosaico leve del cacao (CaMMV) y virus de bandas de las venas amarillas del cacao (CYVBV): género *Badnavirus*

Alina S. Puig¹, Pathmanathan Umaharan²

¹ USDA-ARS, Foreign Disease - Weed Science, Fort Detrick, MD 21702 USA.. Email:

alina.puig@usda.gov

²Cocoa Research Centre, The University of the West Indies, Trinidad and Tobago. Email:

Pathmanathan.Umaharan@sta.uwi.edu

Nombres utilizados anteriormente (Posnette 1944; Baker y Dale 1947)

CaMMV- *Virus del moteado rojo*; *Cepa A del virus de Trinidad del cacao*

CYVBV- *Virus depurador de venas*; *Cepa B del virus de Trinidad del cacao*

7.4.1 Distribución geográfica

Los virus del cacao fueron reportados en Trinidad en 1943 (Posnette 1944) y se denominaron *cepas A y B del virus de Trinidad del cacao* (Baker y Dale 1947). Estuvieron

presentes en toda la isla hasta la década de 1950, cuando el gobierno inició un programa de remoción de árboles dirigido al cacao infectado con virus. Después de décadas sin informes de material sintomático, ambos virus se encontraron en plantas de cacao en 2007 (Sreenivasan 2009). Recientemente, se detectó CaMMV en Puerto Rico (Puig et al 2020) y Brasil (Ramos-Sobrinho et al. 2021), lo que indica que puede estar muy extendido en las Américas. Se han reportado síntomas similares a virus en otras áreas productoras de cacao en la región, incluidas Colombia, República Dominicana y Venezuela, pero aún no se han caracterizado.

7.4.2 Plantas Hospedantes

No se conocen huéspedes alternativos para CaMMV o CYVBV.

7.4.3 Síntomas

Aunque CaMMV y CYVBV causan menos daño que algunas cepas de CSSV en África Occidental, los primeros investigadores en Trinidad informaron un rendimiento reducido y muerte regresiva de ramas en árboles infectados (Cope 1953; Baker y Dale 1947). No se ha observado inflamación del tallo, pero las plantas infectadas desarrollan una variedad de síntomas de hojas y vainas.

Las vainas de los árboles infectados con CaMMV pueden desarrollar mosaicos, manchas, islas cloróticas y formas anormales (Fig. 7.4.1). Los síntomas comunes de las hojas incluyen bandas de venas rojas, pigmentación rosada cerca de las venas y márgenes, mosaico y bandas de venas amarillas (Fig. 7.4.2). El moteado rojo, el síntoma por el que originalmente se nombró a este virus, puede desarrollarse tanto en las hojas como en las vainas.

Por el contrario, CYVBV persiste con bandas de venas amarillas en las venas mayores y menores de las hojas maduras que pueden ir acompañadas de bandas de venas rojas.

7.4.4 Transmisión

Ambos virus son transmitidos por varias especies de cochinillas y por el uso de material infectado durante el injerto, incluso de tejido asintomático. *Planococcus citri*, se considera el vector principal en Trinidad debido a su abundancia, movilidad y capacidad para transmitir tanto CaMMV como CYVBV. Se confirmaron cuatro especies adicionales como vectores de CaMMV: *Dysmicoccus brevipes*, *D. sp. near brevipes*, *Ferrisia virgata*, and *Pseudococcus comstocki*. Sin embargo, las infecciones se caracterizaron por períodos de latencia más largos que los observados para CSSV. Cuando se permitió que las cochinillas infecciosas se alimentaran de granos de cacao antes de la siembra, los períodos de latencia variaron de 40 a 178 días en los estudios de transmisión de CaMMV (Kirkpatrick 1950; Kirkpatrick 1953). Se han realizado pocos estudios de transmisión con CYVBV, por lo que solo dos especies (*Pl. citri* y *D. sp. near brevipes*) han sido confirmados como vectores. En esos estudios, los síntomas aparecieron entre 41 y 91 días después de la alimentación. No se observó transmisión

de CYVBV con *D. brevipes* (Kirkpatrick 1950).

Después de la transmisión del injerto, los síntomas del virus aparecen cuando se producen nuevas hojas (rubor). Los experimentos de transmisión mostraron períodos de incubación de 34 a 125 días con CaMMV y de 45 a 136 días con CYVBV (Posnette 1944; Baker y Dale 1947). Dado que estos virus se distribuyen de manera desigual en los árboles de cacao, no todas las yemas extraídas de las plantas infectadas transmitirán el virus. Las primeras pruebas de transmisión mostraron que aproximadamente el 50% de los árboles injertados desarrollaron síntomas de virus cuando se utilizó esquejes de árboles infectados en la propagación (Posnette 1944).

En Florida, Puig et al. (2021) encontró *Pseudococcus jackbeardsleyi*, *Maconellicoccus hirsutus*, *Ps. comstocki*, y *F. virgata* alimentándose de árboles de cacao infectados con CaMMV (enumerados en orden decreciente de abundancia). Aunque se ha informado de *P. jackbeardsleyi* y *M. hirsutus* sobre cacao infectado con CSSV en Costa de Marfil (N'Guessan et al. 2019), no se ha evaluado su capacidad para transmitir los virus del cacao. La adquisición del virus se estimó a partir del ADN de la cochinilla utilizando una PCR anidada desarrollada recientemente (Puig 2021b), y las secuencias de CaMMV se obtuvieron de un subconjunto (34,6 a 44,6%) de las cuatro especies. Se necesitan pruebas adicionales para determinar si *P. jackbeardsleyi* y *M. hirsutus* pueden transmitir el virus.

Recientemente, se informó la transmisión de semillas de plantas madre infectadas con CaMMV (Puig 2021a). En estudios de transmisión realizados en cámaras de crecimiento de laboratorio, el 57.6 y el 64.3% de las plántulas dieron positivo para CaMMV seis y doce semanas después de la siembra, respectivamente. Aunque la mayoría de las plantas desarrollaron síntomas como mosaico de hojas y bandas de nervaduras, estos a menudo solo estaban presentes en un subconjunto de hojas (Puig 2021a). No se dispone de información sobre la transmisión por semillas de CYVBV.

Recientemente se informaron secuencias integradas de badnavirales en plantas de cacao asintomáticas que pertenecen a múltiples grupos genéticos (Muller et al. 2021). Estas secuencias integradas son significativamente diferentes de las que se sabe que causan enfermedades y se denominan eTcBV1 y eTcBV2 para el virus baciliforme endógeno de *Theobroma cacao* 1 y 2. No se han reconstruido genomas completos de estas especies y no se cree que sean infecciosos. Las secuencias detectadas hasta ahora son muy similares a una región del genoma de CYVBV (hasta 72,5% de identidad de nucleótidos).

7.4.5 Morfología de la partícula

No se han visualizado partículas de virus en tejido infectado con CaMMV o CYVBV. Se asume que tienen una morfología característica del género Badnavirus.

7.4.6 Tratamiento

Ninguna. Las plantas infectadas no se pueden curar. Se intentó la eliminación del

virus de esquejes infectados utilizando tratamientos de alta temperatura (Posnette 1944) pero no tuvo éxito.

7.4.7 Cuarentena y medidas de detección

Hay varios pares de cebadores disponibles para la detección por PCR de CaMMV, incluida una PCR anidada capaz de detectar múltiples cepas diferentes. Los resultados de los ensayos de tejido foliar indican que el virus se distribuye de forma desigual y que el tejido del pecíolo debe utilizarse en el diagnóstico molecular (Puig 2021b). Sin embargo, debido a la alta variabilidad genética encontrada en CaMMV, algunas cepas pueden no ser detectables con los cebadores actualmente disponibles. Para evitar falsos positivos debido a la presencia de secuencias de badnavirales integradas, el screening debe realizarse con cebadores diseñados específicamente para CaMMV y CYVBV. La identidad del amplicón se puede confirmar mediante la secuenciación de Sanger. No hay evidencia de que CaMMV o CYVBV se integren en el genoma de *T. cacao* (Chingandu et al.2017).

El bioensayo actual, en el que la yema se injerta en una planta indicadora susceptible (ICS 6 o Amelonado), aún debe usarse junto con herramientas moleculares. Además de los síntomas foliares descritos anteriormente, las plantas Amelonado también pueden producir hojas casi blancas después del injerto con yemas infectadas (Puig, inédito). Se ha desarrollado un nuevo ensayo calorimétrico de amplificación isotérmica mediada por bucle (LAMP) para la detección de CYVBV (Ullah et al. 2021). Debido a la evidencia de transmisión de semillas de CaMMV, se debe tener cuidado al transportar las vainas. En áreas donde está presente CaMMV, las semillas cultivadas para portainjertos solo deben tomarse de árboles que hayan sido examinados para detectar el virus. No existen estudios con respecto a la transmisión de semillas de CYVBV.



Figura 7.4.1. Las vainas en árboles infectados con CaMMV muestran una variedad de síntomas, como (a) mosaico rojo, (b) moteado, (c) islas cloróticas y (d) forma anormal (AS Puig, inédito)

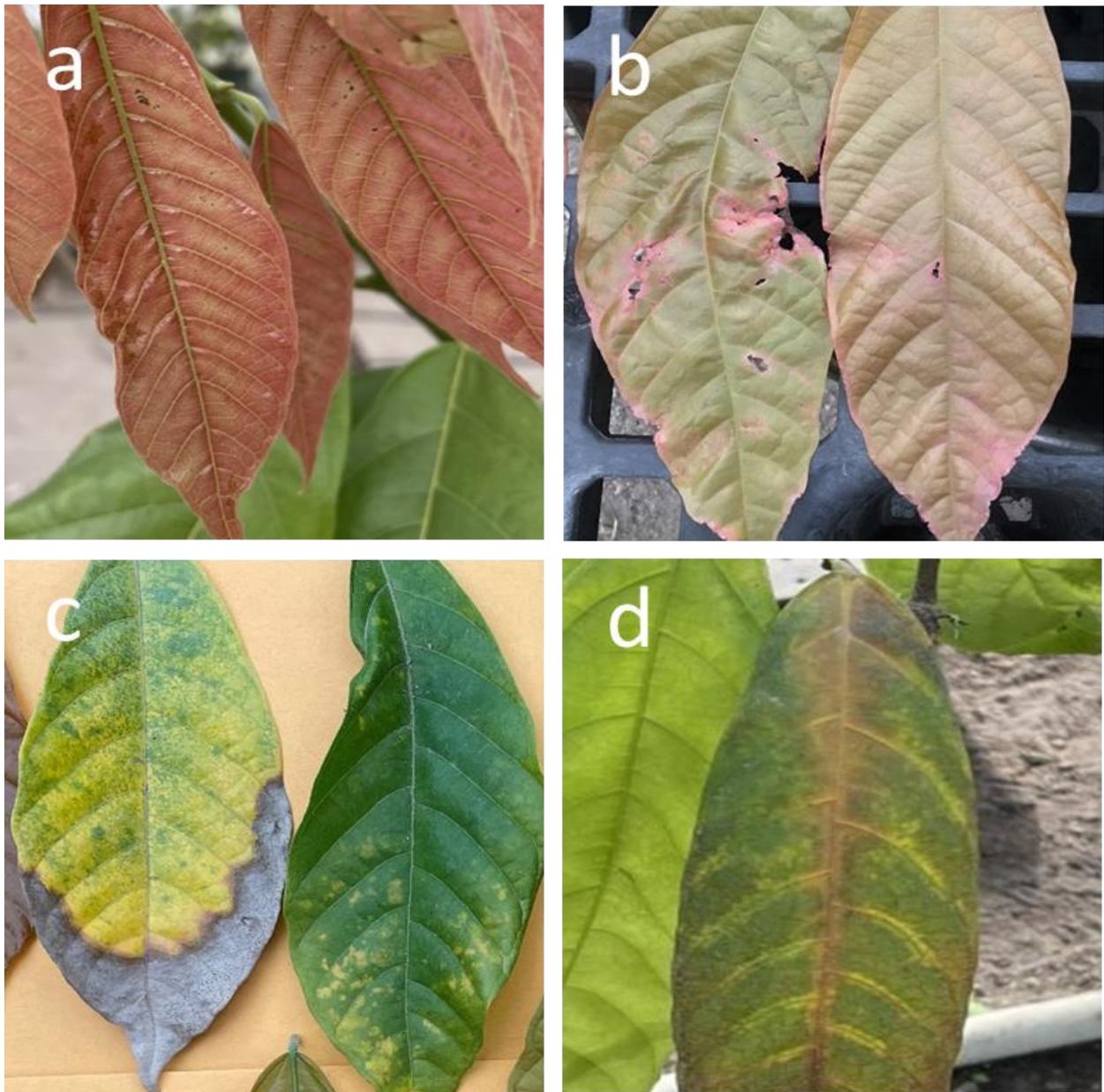


Figure 7.4.2. Síntomas foliares en árboles infectados con CaMMV: (a) bandas de venas rojas en hojas jóvenes, (b) pigmentación rosada cerca de las venas y márgenes de las hojas, (c) mosaico en hojas maduras, y (d) bandas de venas amarillas y necrosis en la nervadura central (AS Puig, inédito)

7.4.8 Referencias y lectura adicional

- Baker RED, Dale WT. 1947. Virus diseases of cacao in Trinidad-II. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 24: 127
- Chingandu N, Sreenivasan TN, Surujdeo-Maharaj S, Umaharan P, Gutierrez OA, Brown JK. 2017. Molecular characterization of previously elusive badnaviruses associated with symptomatic cacao in the New World. *Archives of virology* 162(5): 1363-1371. <https://doi.org/10.1007/s00705-017-3235-2>
- Cope FW. 1953. Statistical studies in the effects of virus infection upon yield in clonal cacao. In Report on cocoa research 1945–51. Imperial College of Trop. Agric., Univ. West Indies, St. Augustine, Trinidad. p. 126-129.
- Kirkpatrick TW. 1950. Insect transmission of cacao virus disease in Trinidad. *Bulletin of Entomological Research* 41(1): 99-117. <https://doi.org/10.1017/S0007485300027504>
- Kirkpatrick TW. 1953. Insect pests of cacao and insect vectors of cacao virus diseases. Pages 130-131 in: Cocoa Research 1945-1951. Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad and Tobago

- N'Guessan PW, Yapi A, N'Guessan FK, Kouamé NND, Gouamené CN, Aka RA, Coulibaly K, Tahí MG, Koné B, Kassin EK, Assi EM. 2019. Inventory and abundance of mealybug species in immature and mature cocoa farms in Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Entomology* 143(10):1065-1071. <https://doi.org/10.1111/jen.12707>
- Muller E, Ullah I, Dunwell JM, Daymond AJ, Richardson M, Allainguillaume J, Wetten A. 2021. Identification and distribution of novel badnaviral sequences integrated in the genome of cacao (*Theobroma cacao*). *Scientific reports* 11(1): 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87690-1>
- Posnette AF. 1944. Virus diseases of cacao in Trinidad. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 21(6), 105-106.
- Puig AS, Ramos-Sobrinho R, Keith CV, Kitchen N, Gutierrez OA, Goenaga R, Brown JK. 2020. First report of Cacao mild mosaic virus (CaMMV) associated with symptomatic commercial cacao (*Theobroma cacao* L.) trees in Puerto Rico. *Plant Disease* 104(11): 3089 <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-20-0745-PDN>
- Puig AS. 2021a. Seed transmission of a cacao virus from the Americas and the implication on crop cultivation and movement of germplasm. *Plant Health Conference Online*. August 2-6, 2021
- Puig AS. 2021b. Detection of *Cacao Mild Mosaic Virus* (CaMMV) Using Nested PCR and Evidence of Uneven Distribution in Leaf Tissue. *Agronomy* 11(9): 1842. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091842>
- Puig AS, Wurzel S, Suarez S, Marelli, JP, Niogret J. 2021. Mealybug species (Hemiptera: Pseudococcidae) associated with Cacao mild mosaic virus and evidence of virus acquisition. *Insects* 12(11), 994. <https://doi.org/10.3390/insects12110994>
- Ramos-Sobrinho R, Ferro MM, Nagata T, Puig AS, Keith CV, Britto DS, Gutierrez OA, Marelli JP, Brown JK. 2021. Complete genome sequences of three newly discovered cacao mild mosaic virus isolates from *Theobroma cacao* L. in Brazil and Puerto Rico and evidence for recombination. *Archives of virology* 166: 2027–2031. <https://doi.org/10.1007/s00705-021-05063-5>
- Sreenivasan, T. 2009. The enigma of the ICS 76 plants at Reading, UK. Report for CRU, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad
- Ullah, I, Daymond, AJ, Hadley, P, End, MJ, Umaharan, P, Dunwell, JM. 2021. Identification of Cacao Mild Mosaic Virus (CaMMV) and Cacao Yellow Vein-Banding Virus (CYVBV) in Cocoa (*Theobroma cacao*) Germplasm. *Viruses* 13(11): 2152. <https://doi.org/10.3390/v13112152>

7.5 Otras enfermedades similares a virus

Versión actualizada por Alina S. Puig

USDA-ARS, Foreign Disease - Weed Science Fort Detrick, MD 21702, USA. Email: alina.puig@usda.gov

El virus del mosaico se informó en Indonesia en 1962 y se pensó que era similar a los virus de los brotes hinchados del cacao en África occidental. Los primeros trabajos de H. Semangun mostraron que se transmitía a través de injertos y vectores de cochinilla. Las partículas de virus visualizadas en árboles infectados eran baciliformes, que es típico del género Badnavirus (Kenten y Woods 1976; Probowati 2019). Los síntomas incluyen bandas de venas rojas, mosaico y plumas cloróticas en las hojas; sin embargo, no se ha observado inflamación del tallo en árboles infectados en Indonesia. Probowati et al. (2019) mostraron que las secuencias obtenidas de plantas infectadas en Indonesia se parecían mucho a las secuencias de virus de África occidental, como el virus Togo A del brote hinchado del cacao (AJ781003) y el aislado de CSSV de New Juaben (AJ608931).

En Sri Lanka (antes conocida como Ceilán), se han documentado árboles de cacao con mosaico de hojas y síntomas de hinchazón del tallo (Peiris 1953; Orellana y Peiris

1957). Los análisis de laboratorio encontraron que *Planococcus citri* y *Planococcus lilacinus*, las cochinillas más prevalentes en el área, podían transmitir el virus (Carter 1956). En 2018, se obtuvo un genoma completo del virus (7215 pb) de una hoja sintomática de Sri Lanka (Muller et al. 2018). Esta nueva especie se denominó virus SriLanka baciliforme del cacao (CBSLV) y compartía una identidad de nucleótidos del 65,9% con el genoma del aislado Gha25-15 del brote hinchado de cacao Togo A (MF642716). Se han informado enfermedades similares a virus en el cacao en Venezuela, Colombia y República Dominicana (Posnette y Palma 1944; Ciferri 1948). Se realizaron pruebas de transmisión en la República Dominicana y se demostró que la enfermedad es transmisible por injerto (Ciferri 1948). Sin embargo, no se han realizado estudios adicionales.

7.5.1. Referencias y lectura adicional

- Carter W. 1956. Notes on some mealybugs (Coccidae) of economic importance in Ceylon. *FAO Plant Prot Bull* 4: 49.
- Ciferri R. 1948. Una virosis del cacao en Colombia y en la República Dominicana. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 8(29-30): 79-84.
- Kenten RH, Woods RD. 1976. A virus of the cacao swollen shoot group infecting cocoa in North Sumatra. *PANS* 22:488-490. <https://doi.org/10.1080/09670877609414338>
- Orellana RG and Peiris JWL. 1957. The swollen shoot phase of the virus disease of cacao in Ceylon. *FAO Plant Prot Bull.* 5: 165-168
- Muller E, Ravel S, Agret C, Abrokwah F, Dzahini-Obiatey H, Galyuon I, Kouakou K, Jeyaseelan EC, Allainguillaume J, Wetten A. 2018. Next generation sequencing elucidates cacao badnavirus diversity and reveals the existence of more than ten viral species. *Virus Research* 244:235-251. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2017.11.019>
- Peiris JWL. 1953. A virus disease of Cacao in Ceylon. *Tropical Agriculturist* 109(2): 135-138.
- Posnette AF, Palma M. 1944. Observations on cacao on the Paria peninsula, Venezuela. *Tropical Agriculture* 21(7).
- Probowati W, Somowiyarjo S, Hartono S. 2019. Molecular characterization of Mosaic Virus from the cocoa trees showing mosaic symptoms in Yogyakarta, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 20 (12). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d201232>

8. Enfermedades fúngicas y oomicetos

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

Referencias

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

Fulton RH. 1989. The cacao disease trilogy: black pod, Monilia pod rot, and witches' broom. Plant Disease 73:601-603. <https://doi.org/10.1094/PD-73-0601>

8.1 Enfermedad de la escoba de bruja

Versión actualizada por Karina P Gramacho¹ y Nara G R B Patrocínio² y Givaldo Niella^{1*}

¹CEPLAC/CEPEC/SEFIT. Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 22. Itabuna, BA, Brasil

Correo electrónico: gramachokp@gmail.com ; karina.gramacho@agricultura.gov.br;

*Correo electrónico: givaldo.niella@agricultura.gov.br

²Molecular Biologist, Ilhéus, BA, Brazil. Correo electrónico: naragrb@hotmail.com

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

M. perniciosa puede infectar todos los tejidos en crecimiento activo (brotes, cojines florales, vainas), induciendo diversos síntomas que dependen del órgano de la planta infectado. El hongo tiene un largo período de incubación (generalmente de 4 a 6 semanas) desde la penetración inicial hasta la aparición de los síntomas; más corto para infecciones florales sistémicas. Los síntomas típicos son las escobas vegetativas que se desarrollan tras la infección de las yemas terminales y axilares. Los hinchazones del tallo se forman después de la infección del eje principal en un entrenudo o nodo involucrado. Las escobas son inicialmente verdes y se vuelven

necróticas después de varias semanas. Las escobas necróticas pueden permanecer adheridas o pueden caer al dosel o a la superficie del suelo. Los síntomas de la escoba de bruja se muestran en la Fig. 8.1.1 y la Fig. 8.1.2.

La infección del cojín floral puede formar flores hipertrofiadas, escobas vegetativas y vainas partenocárpicas en forma de zanahoria o fresa. (Figura 8.1.2 A-C).

Las vainas pueden infectarse en cualquier etapa, siendo más susceptibles cuando son jóvenes (de 0 a 2 meses de edad). Las vainas infectadas sufren hipertrofia, distorsión, maduración temprana y lesiones necróticas externas de los tejidos que provocan la momificación de la vaina. Los niveles de daño interno dependen de cuándo ocurre la infección y pueden variar desde podredumbre acuosa hasta una masa de frijol compacta y seca (Fig. 8.1.2D). Aunque, en la mayoría de los casos, las semillas se cementan parcial o completamente entre sí y con la pared de la mazorca, las infecciones de las mazorcas en maduración pueden dar lugar a áreas necróticas localizadas en las paredes de la mazorca con cierta viabilidad de retención de la semilla.

Para obtener detalles sobre la sintomatología de la enfermedad, consulte Purdy y Schmidt, 1996 y Silva et al. (2002).

8.1.3 Distribución geográfica

Originaria de la cuenca del Amazonas, la WBD se informó por primera vez en 1895 en Surinam y se extendió rápidamente durante los siguientes 30 años a las regiones productoras cercanas a la cuenca del Amazonas. La enfermedad está presente actualmente en Bolivia, Belice (informe sin fundamento), Brasil (Bahía, Pará, Rondônia, Espírito Santo, regiones amazónicas, Mato Grosso, Minas Gerais (biotipo S, ver más abajo), Colombia, República Dominicana, Ecuador, francés Guayana, Granada, Guyana, Panamá (al sur del canal de Panamá), Perú, Santa Lucía (Kelly et al. 2009), San Vicente, Surinam, Trinidad y Tobago y Venezuela.

8.1.4 Plantas hospedantes

El hongo es endémico de la Región Amazónica, no solo en el cacao nativo sino también en el cultivado. La especie *M. perniciosus* consiste en poblaciones geográficamente separadas (Ploetz et al. 2005, Patrocínio et al. 2017) que infectan una amplia gama de hospedadores diferentes. Según la especificidad del hospedador, el hongo se ha agrupado en cuatro biotipos de acuerdo con su rango de hospedador: C (Malvaceae); H (Malpighiaceae); L (Bignoniaceae) y S (Solanaceae). Los hospedadores más importantes son especies del **Familia Malvaceae**: *Theobroma cacao* (cacao), *T. grandiflorum* (cupuaçu), *T. sylvestris*, *T. obovata*, *T. bicolor*, *Herrania* spp.

Hospederos alternativos incluyen *Bixa orellana* (Familia: **Bixaceae**), *Solanum cernuum*, *S. grandiflorum* var. *Setosum*, *S. paniculatum* L. (*jurubeba*), and *S. stipulaceum*, (*caičara*), *S. lasiantherum*, *S. rugosum*, *S. lycocarpum* (tomato), *S. melongena* (eggplant), *Capsicum annuum* L. (*pepper*), *C. frutescens* (hot pepper), *Athenaem pogogena* (Familia:

Solanaceae); *Banisteriopsis caapi*, *Mascagnia* cf. *Sepium*, *Stigmaphyllon blanchetti*, (Familia: **Malpighiaceae**); *Arrabidaea verrucosa* (Familia: **Bignoniaceae**).

Para una revisión de la ocurrencia de *Moniliophthora spp.* sobre huéspedes putativos, véase De Souza et al. (2018), Evans (2016), Lisboa et al. (2020), Patrocínio et al. (2017).



Figura 8.1.1. Síntomas de la enfermedad de la escoba de bruja en condiciones de campo: a) árbol de cacao seriamente infectado en Bahía, b) escoba vegetativa terminal parcialmente seca, c) cojín floral infectado, d) lesión de la mazorca con lesión necrótica y semillas / granos acuosos. Fuente: CEPLAC/CEPEC/SEFIT

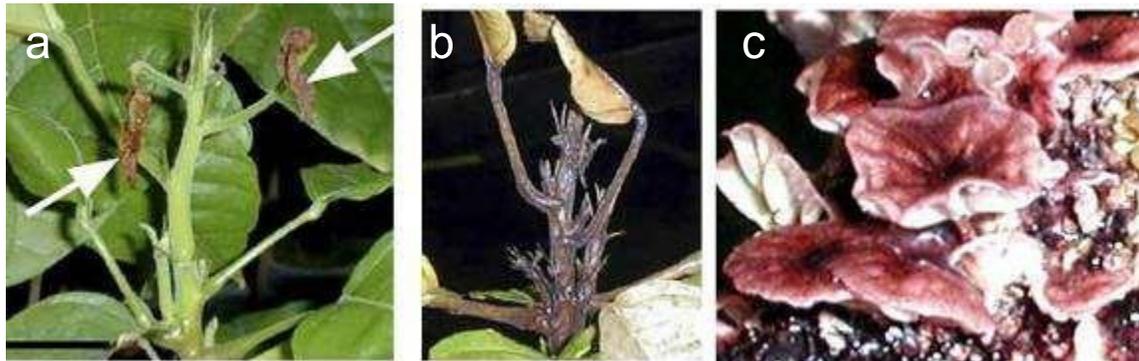


Figura 8.1.2 Plántulas con síntomas de escoba de bruja: a) escoba vegetativa verde seguido de necrosis de los tallos de las escobas desde sus puntas (flechas), b) escoba vegetativa seca terminal, c) producción de basidiocarpos in vitro. Fuente: CEPLAC/CEPEC/SEFIT

8.1.5 Biología

M. perniciosa es un hongo homotálico hemibiotrófico, con una fase biotrófica larga (45 a 60 días) (Purdy y Schmidt 2006). Las basidiosporas, los únicos propágulos infecciosos, se producen en los basidios ubicados en la parte inferior de los casquetes de los basidiocarpos rosados / rojizos en forma de hongo alrededor de 4 a 8 semanas después del inicio de la lluvia. Los basidiocarpos pueden formarse en cualquier tejido necrótico, como tallo, semillas / frijoles, vena de la hoja o tejido de la vaina que haya sufrido necrosis (Fig. 8.1.3 A-C).

El viento es el principal modo de diseminación de las esporas, aunque la dispersión también puede ocurrir por el agua y los seres humanos. Las esporas tienen múltiples modos de penetración y pueden infectar directamente a través de la epidermis, base de tricomas y / o estomas (Sena et al. 2014, Meraz-Pérez et al. 2021).

Poco después de la infección, el patógeno establece una fase biotrófica, pero la infección puede volverse latente y los síntomas se desarrollarán cuando la planta reinicie el crecimiento (Purdy y Schmidt 1996, Silva et al. 2002). La duración de la fase biotrófica variará según factores como la cepa WBD, el genotipo del hospedador, la nutrición de la planta y las condiciones ambientales. Después del cambio a la fase necrotrófica, *M. pernicioso* sobrevive como saprófito en escobas secas, vainas momificadas, cojines florales y yemas latentes infectadas. Estas infecciones son de importancia epidemiológica ya que permiten la supervivencia del hongo entre períodos sucesivos de crecimiento y fructificación de la planta. Aunque se han informado clamidosporas en las escobas secas, no se comprende bien su papel en el ciclo de vida. Sin embargo, pueden representar una fase latente después de la infección del huésped (Meinhardt et al. 2008).

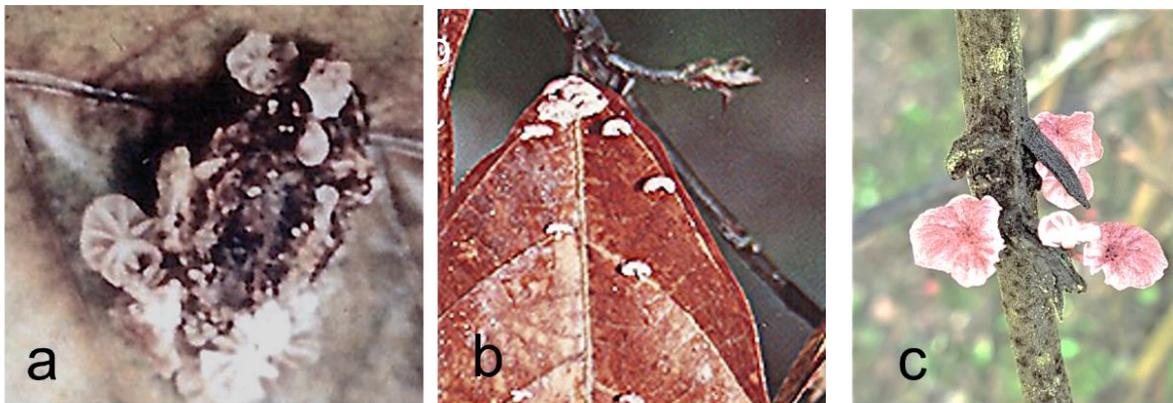


Figure 8.1.3. Producción de basidiocarpos en (a) semillas / frijoles necróticos, (b) vena de hojas y (c) tallos (escobas secas) de cacao.

8.1.6 Medidas de cuarentena

Es probable que las siguientes partes de la planta transporten el patógeno en el comercio y el transporte:

- Frutos (incluidas las vainas): Cuerpos fructíferos, hifas; soportado internamente; soportado externamente
- Hojas: Hifas; soportado internamente
- Tallos (por encima del suelo) / brotes / troncos / ramas: Cuerpos fructíferos, hifas; soportado internamente; soportado externamente; generalmente invisible a simple vista.
- Semillas: hifas, invisibles a simple vista

La actividad antropogénica es responsable de la diseminación a larga distancia, ya que las esporas tienen una vida corta y el hongo puede sobrevivir como infecciones ocultas en partes de la planta. La presencia de subpoblaciones dentro del biotipo C

(por ejemplo, según su país: Ecuador, Perú, Brasil, Bolivia) con diferentes niveles de virulencia más el potencial de patogenicidad cruzada entre biotipos, hacen que las precauciones de cuarentena sean esenciales incluso cuando se mueva material vegetal. entre áreas donde WBD ya está presente. Por la misma razón, no se recomienda el intercambio de material enfermo y aislados del hongo para investigación entre regiones / países.

El hongo puede ser transportado en plantas enteras o sus partes (semillas, vainas, hojas y tallos (brotes / ramas / yemas, etc.)). Por lo tanto, el movimiento de estas partes de la planta hacia áreas libres de enfermedades dentro de un país o región no es recomendado, a menos que el material pueda ser transferido a través de una instalación de cuarentena.

Aunque *M. pernicioso* puede transmitirse por semilla, el movimiento como semilla es el método más seguro para mover germoplasma. Las semillas deben recolectarse de vainas aparentemente sanas, tratadas con fungicida de cobre o un fungicida recomendado para reducir el riesgo de transmisión de patógenos.

Se recomienda que el material recién introducido se cultive aislado en invernaderos a prueba de insectos bajo estricta supervisión en una estación de cuarentena durante al menos un año para asegurar que las plantas estén libres de enfermedades antes de ser liberadas para uso general.

8.1.7 Referencias y lectura adicional

- Aime MC and Phillips-Mora W. 2005. The Causal agents of witches' broom and frosty pod of cacao (chocolate, *Theobroma cacao*) form a new lineage of Marasmiaceae. *Mycology* 97(5):1012-1022. <https://doi.org/10.1080/15572536.2006.11832751>
- CABI Crop Protection Compendium (<https://www.cabi.org/cpci>)
- Evans HC, 2016. Witches' Broom Disease (*Moniliophthora pernicioso*): History and Biology. In: Bailey BA,, Meinhardt LW, eds. 2016 Cacao Diseases: a History of Old Enemies and New Encounters Springer International Publishing, 137–177. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_5
- European and Mediterranean Plant Protection Organization. 2021. Available from URL <https://gd.eppo.int/taxon/CRNPPE>.
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2009.02024.x>
- Lisboa DO, Evans HC, Araújo JPM, Elias SG, Barreto RW. 2020. *Moniliophthora pernicioso*, the mushroom causing witches' broom disease of cacao: Insights into its taxonomy, ecology and host range in Brazil. *Fungal Biology* 124, 983–1003. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2020.09.001>
- Meinhardt LW, Rincones J, Bailey BA, Aime C, Griffiths GW, Zhang D, Pereira GAG. 2008. *Moniliophthora pernicioso*, the causal agent of witches' broom disease of cacao: What's new from this old foe? *Molecular Plant Pathology* 9, 577–588. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2008.00496.x>
- Meraz-Pérez IM, Carvalho MR, Sena KF, Soares YJB, Estrela Jnr AS, Lopes UV, dos Santos Filhos LP, Araújo SA, Soares VLF, Pirovani CP, Gramacho KP. 2021. The *Moniliophthora pernicioso*-Cacao pod pathosystem: Structural and activated defense strategies against disease establishment. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 115, 101656. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101656>
- Patrocínio NGRB, Ceresini PC, Gomes LIS, Resende MLV, Mizubuti ESG, Gramacho KP. 2017. Population

- structure and migration of the witches' broom pathogen *Moniliophthora perniciosa* from cacao and cultivated and wild solanaceous hosts in southeastern Brazil. *Plant Pathology* 66, 900–911. <https://doi.org/10.1111/ppa.12636>
- Ploetz RC, Schnell RJ, Ying Z, Zheng Q, Olano CT, Motamayor JC, Johnson ES. 2005. Molecular diversity in *Crinipellis perniciosa* with AFLPs. *European Journal of Plant Pathology* 111, 317–326. <https://doi.org/10.1007/s10658-004-3821-5>
- Purdy LH, Schmidt RA, 1996. STATUS OF CACAO WITCHES' BROOM: Biology, Epidemiology, and Management. *Annual review of phytopathology* 34, 573–594. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.34.1.573>
- Sena K, Alemanno L, Gramacho KP. 2014. The infection process of *Moniliophthora perniciosa* in cacao. *Plant Pathology* 63, 1272–1281. <https://doi.org/10.1111/ppa.12224>
- de Souza JT, Pereira Monteiro F, Ferreira MA, Peres Gramacho K, Martins ED, Luz N. 2018. In: Umaharan, P. (Ed.). 2018 Achieving sustainable cultivation of cocoa (1st ed.). Cocoa diseases: witches' broom. pp. 239–270. <https://doi.org/10.19103/AS.2017.0021.14>
- Silva SDVM, Luz EDMN, Almeida OD, Gramacho K, Bezerra, JL. 2002. Redescricao da sintomatologia causada por *Crinipellis perniciosa* em cacaueiro. *Agrotropica* 1, 1–23

8.2 Moniliasis

Versión actualizada por Wilbert Phillips-Mora

Fitopatólogo del cacao, San José, 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 solo a las vainas, que a menudo se infectan cuando son jóvenes (de 0 a 3 meses) y se vuelven menos susceptibles a medida que maduran. Las frutas que se infectan muy temprano en su desarrollo mueren rápidamente. El hongo tiene un largo período de incubación (3-4 semanas) desde la penetración inicial hasta la aparición de los síntomas.

Síntomas externos de la fruta: pueden incluir pequeñas lesiones acuosas, que se agrandan hasta convertirse en áreas necróticas con bordes irregulares; uno o más hinchamientos (Fig. 8.2.1) y maduración prematura mostrando diferentes patrones de mosaicos verdes y amarillos. Un estroma fúngico blanco (Fig. 8.2.2) cubre el área necrótica dentro de 3 a 5 días, con formación profusa de esporas de color crema a marrón claro. Esta es la etapa más característica de la enfermedad en el campo. Después de un período de aproximadamente tres meses, las vainas infectadas se secan y momifican en los árboles y permanecen adheridas al tronco por largos períodos (Fig. 8.2.3). Estas vainas son una fuente importante de inóculo responsable de nuevas oleadas de infección de la enfermedad durante un período de tiempo considerable.

Síntomas internos de la fruta: los cherelles infectados no desarrollan semillas y están llenos de tejidos gelatinosos y desorganizados. Cuando la infección ocurre en una etapa posterior, los tejidos de la fruta, incluidas partes de la cáscara, la placenta, la pulpa y los granos, parecen formar una masa compacta y homogénea, en la que es difícil distinguir las partes que la componen. Estos tejidos están rodeados de una sustancia acuosa en descomposición como resultado de la maceración de los tejidos, lo que hace que las vainas pesen más que las sanas. Los frijoles pueden destruirse parcial o completamente, dependiendo de la etapa de maduración cuando ocurre la infección.

8.2.3 Distribución geográfica

M. royeri estuvo confinado al noroeste de América del Sur hasta la década de 1950. Su aparición en Panamá en 1956 marcó un cambio en su distribución geográfica. Ahora, se encuentra en 14 países de América tropical. 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) y El Salvador (Phillips-Mora et al. 2010). Se detectó por primera vez en el Caribe en Jamaica en 2016 (IPPC 2016, Johnson et al. 2017) y recientemente se informó en un área urbana del estado de Acre (CEPLAC 2021).

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) y *T. bicolor* (pataxte).

8.2.5 Biología

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

M. royeri es un hemibiótrofo con una fase biotrófica prolongada (45 a 90 días) (Bailey et al. 2018). Las esporas, que se producen en gran abundancia en las vainas enfermas, son los únicos propágulos infecciosos de *M. royeri* y sólo se han observado infecciones naturales en las frutas. Las esporas son viables durante varias semanas y pueden resistir la exposición a la luz solar. Las masas de polvo seco de las esporas se dispersan eficientemente en el aire por cualquier contacto físico con la vaina infectada (Evans, 1981). El viento es el principal modo de diseminación de las esporas, aunque la dispersión también puede ocurrir por el agua, los insectos, los seres humanos y otros animales. La transmisión de enfermedades por semillas infectadas no se ha observado y es muy poco probable. Las esporas germinan y penetran en la vaina en todas las etapas de desarrollo, directamente a través de la epidermis o vía estomáica sin presencia de heridas (Suárez 1972).

8.2.6 Medidas de cuarentena

Es probable que las siguientes partes de la planta porten el patógeno en el comercio y el transporte:

- Frutos (incluidas las vainas): hifas externas y esporas visibles a simple vista; soportado internamente
- Tallos (sobre el suelo)/brotes/troncos/ramas: Esporas.
- Semillas: normalmente no se transmiten por semillas, pero las esporas pueden transportarse en la superficie.

La agresividad de *M. royeri*, su capacidad para sobrevivir en diferentes condiciones ambientales, su rápida dispersión natural, su propensión a la dispersión mediada por el hombre y la susceptibilidad de la mayoría de los genotipos comerciales de cacao, indican que el hongo representa una amenaza sustancial para el cultivo de cacao en todo el mundo. (Phillips-Mora & Wilkinson 2007).

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

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

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

8.2.7 Referencias y lectura adicional

- Bailey BA, Evans HC, Phillips-Mora W, Ali SS, Meinhart LW. 2018. *Moniliophthora roreri*, causal agent of cacao frosty pod rot. *Molecular Plant Pathology* 19(7):1580-1594. <https://doi.org/10.1111/mpp.12648>
- CEPLAC. 2021 Foco de praga que atinge cultivo de cacau e cupuaçu é detectado no Acre. News article published online 7 July 2021. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/foco-de-praga-que-atinge-cultivo-de-cacau-e-cupuacu-e-detectado-no-acre>
- Evans HC, 1981. Pod rot of cacao caused by *Moniliophthora (Monilia) roreri*. London, UK: Commonwealth Mycological Institute. *Phytopathological papers* no. 24, 44 p.
- 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. <https://doi.org/10.1017/S0269915X02004093>
- IPPC. 2016. Detection of Frost Pod Rot in Jamaica. Pest Report, September 2016.
- Johnson ES, Rutherford MA, Edgington S, Flood J, Crozier J, Cafá G, Buddie AG, Offord L, Elliott SM, Christie KV, 2017. First report of *Moniliophthora roreri* causing frosty pod rot on *Theobroma cacao* in Jamaica. *New Disease Reports* 36, 2. <https://doi.org/10.5197/j.2044-0588.2017.036.002>
- Phillips-Mora W, Aime MC, Wilkinson MJ. 2007. Biodiversity and biogeography of the cacao (*Theobroma cacao*) pathogen *Moniliophthora roreri* in tropical America. *Plant Pathology* 56:911-922. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01646.x>
- Phillips-Mora W., Wilkinson, M. J. 2007. Frosty pod of cacao: A disease with a limited geographic range but unlimited potential of damage. *Phytopathology* 97:1644-1647. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01646.x>
- 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, pp 93-99.
- Suárez, C. 1972. Mecanismo de penetración y proceso de infección de *Monilia roreri* Ciferri & Parodi en frutos de cacao. Fourth International Cocoa Research Conference, pp. 506-510. St. Augustine, Trinidad and Tobago: Cocoa Producers' Alliance.



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



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



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



Figura 8.2.4. Podredumbre de la vaina por *Moniliophthora*: evolución de la enfermedad de una mancha necrótica a una lesión esporulada y una vaina seca momificada. (W Phillips-Mora y A Mora, CATIE, Costa Rica)

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

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

¹ CIRAD, Campus International de Baillarguet, UMR PHIM TA A-120/K, 34398 Montpellier, Francia.

Correo electrónico: tenhoopen@cirad.fr

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

³ CRC, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad y Tobago.

Correo electrónico: romina.umaharan@sta.uwi.edu

8.3.1 Agente causal

Phytophthora palmivora, *P. megakarya*, *P. citrophthora*, *P. tropicalis* (*P. capsici*) and occasionally other *Phytophthora* species such as *P. heveae*, *P. megasperma*, *P. nicotianae* var *parasitica*, *P. katsurae*, *P. meadii*, *P. botryosa* (Surujdeo-Maharaj et al. 2016) y *P. theobromicola* sp. nov (Decloquement et al. 2021). Sin embargo, solo las primeras cuatro especies se consideran actualmente de importancia comercial.

8.3.2 Plantas hospedantes

Phytophthora palmivora – una gran cantidad y variedad de especies de plantas, incluyendo el cocotero, papaya, *Citrus* spp., árbol de caucho (*Hevea*), mango, pepper (*Capsicum* spp.) y tomate.

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

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

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

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

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

Para una revisión general de especies de *Phytophthora* que afectan el cacao, véase también Surujdeo-Maharaj et al. (2016) y Bailey et al. (2016). Para más información sobre cultivos afectados por diferentes especies de *Phytophthora*, véase por ejemplo Erwin y Ribeiro (1996), el Compendio de Protección de Cultivos de CABI

(<https://www.cabi.org/cpc/>) y la base de datos de patógenos fúngicos de USDA-ARS (<https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>).

8.3.3 Síntomas

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

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

8.3.4 Distribución geográfica

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

8.3.5 Biología

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

8.3.6 Medidas de cuarentena

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

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

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

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

Esquejes: Solamente se deben usar esquejes de árboles aparentemente sanos. No se debe recolectar esquejes de árboles que presentan chancros o cualquier otra señal de enfermedad. Puesto que los zoosporas de *Phytophthora* tienen una vida relativamente

corta y son susceptibles a pesticidas y condiciones de sequía, se reduce aún más el riesgo de dispersión de propágulos de *Phytophthora* que posiblemente estén presentes en los esquejes con una aplicación de/baño de inmersión en pesticidas (por ejemplo, una mezcla de Mefenoxam y un compuesto de cobre) (Opoku et al. 2007).

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

Transporte por humanos: Lo más probable es que los seres humanos son los culpables de la dispersión extendida de *Phytophthora* ya sea por no tener cuidado al transportar material vegetal (mazorcas, esquejes, yemas, etc.), cultivos alimentarios como cormos de cocoyam y chupones de plátano suelo, o por actividades humanas como la construcción de carreteras y senderismo.

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

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

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

8.3.7 Referencias y lectura adicional

- Akrofi, A. Y., Amoako-Attah, I., Assuah, M., & Asare, E. K. (2015). Black pod disease on cacao (*Theobroma cacao*, L) in Ghana: Spread of *Phytophthora megakarya* and role of economic plants in the disease epidemiology. *Crop Protection* 72: 66–75. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.01.015>
- Appiah AA. 2001. Variability of *Phytophthora* species causing black pod disease of cocoa (*Theobroma cacao* L.) and implications for assessment of host resistance. London, UK: PhD Thesis University of London.
- Appiah AA, Opoku IY, Akrofi AY. 2004. Natural occurrence and distribution of stem cankers caused by *Phytophthora megakarya* and *Phytophthora palmivora* on cocoa. *European Journal of Plant Pathology* 110: 983-990. <https://doi.org/10.1007/s10658-004-0811-6>
- Bailey BA, Ali SS, Akrofi AY, Meinhardt L. 2016. *Phytophthora megakarya*, a causal agent of black pod rot in Africa. In: Bailey BA, Meinhardt, LW, editors. *Cacao Diseases: a History of Old Enemies and New Encounters* Eds. Springer International Publishing, Switzerland. pp. 267- 303. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_8
- Decloquement J, Sobrinho R-R, Galvão Elias S, Santos Britto D, Puig AS, Reis A, Fernandes da Silva RA, Honorato-Júnior J, Martins Newman Luz ED, Batista Pinho D. and Marelli, J-P. 2021. *Phytophthora theobromicola* sp. nov.: A New Species Causing Black Pod Disease on Cacao in Brazil. *Frontiers in Microbiology* <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.537399>
- Erwin DC, Ribeiro OK. 1996. *Phytophthora* Diseases Worldwide. American Phytopathological Society, St. Paul, MN, USA.

- Holmes KA, Evans HC, Wayne S, Smith J. 2003. *Irvingia*, a forest host of the cocoa black-pod pathogen, *Phytophthora megakarya*, in Cameroon. *Plant Pathology* 52:486-490. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2003.00869.x>
- 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. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)80301-8](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)80301-8)
- N’Goran JAK, Lachenaud P, Kébé IB, N’Guessan KF, Tahi GM, Pokou D, Sounigo O, N’Goran K, Eskes AB. 2006. In: Eskes AB, Efron Y, editors. Global Approaches to Cocoa Germplasm Utilization and Conservation. CFC Technical Paper No. 50. pp. 35-40.
- Nyassé S, Grivet L, Risterucci AM, Blaha G, Berry D, Lanaud C, Despréaux D. 1999. Diversity of *Phytophthora megakarya* in Central and West Africa revealed by isozyme and RAPD markers. *Mycological Research* 103:1225-1234. <https://doi.org/10.1017/S0953756299008369>
- Opoku IY, Akrofi AY, Appiah AA. 2002. Shade trees are alternative hosts of the cocoa pathogen *Phytophthora megakarya*. *Crop Protection* 21: 629-634. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(02\)00013-3](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(02)00013-3)
- Opoku IY, Akrofi AY, Appiah AA. 2007. Assessment of sanitation and fungicide application directed at cocoa tree trunks for the control of *Phytophthora* black pod infections in pods growing in the canopy. *European Journal of Plant Pathology* 117: 167-175. <https://doi.org/10.1007/s10658-006-9082-8>
- Ramírez Martínez, J., Cárdenas Toquica, M., Guevara-Suarez, M., Duarte, D., Victorino Jimenez, L. D., Argüello Bernal, B. K., Gutiérrez Rodríguez, E., & Restrepo Restrepo, S. (2021). Oomycete species associated with *Theobroma cacao* crops in Colombia. *Plant Pathology* 70:1695–1707. <https://doi.org/10.1111/ppa.13410>
- Surujdeo-Maharaj S, Sreenivasan TN, Motilal LA, Umaharan P. 2016. Black pod and other *Phytophthora* induced diseases of cacao: history, biology, and control. In: Bailey BA, Meinhart LW, editors. *Cacao Diseases: a History of Old Enemies and New Encounters*. Springer International Publishing, Switzerland. pp. 213-266. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_7
- Tian D, Babadoost M. 2004. Host range of *Phytophthora capsici* from pumpkin and pathogenicity of isolates. *Plant Disease* 88:485-489. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.5.485>



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

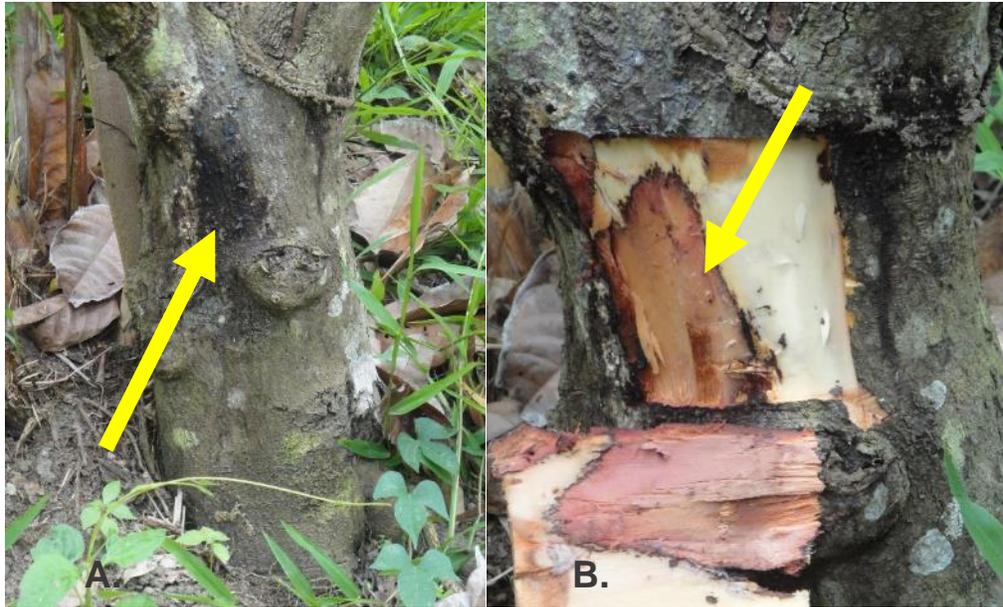


Figura 8.3.2. (a) tronco del cacaotero con síntomas de chancro (decoloración negruzca); (b) decoloración de la albura. (T Sreenivasan, CRC)



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

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

Versión actualizada por Julie Flood

CABI, Bakeham Lane, Egham, Surrey TW20 9TY, Reino Unido

Correo electrónico: j.flood@cabi.org

8.4.1 Agente causal

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

8.4.2 Síntomas

El síntoma inicial más característico de la enfermedad es la clorosis generalizada de una hoja, generalmente en el segundo o tercer brote hacia el extremo de la rama, con áreas dispersas de tejido verde de 2–5 mm en diámetro (Keane y Prior 1991) (Fig. 8.4.1a,b). Esta hoja cae en unos pocos días y los síntomas se desarrollan progresivamente en hojas adyacentes. Las lenticelas generalmente se agrandan de manera notoria, causando un endurecimiento de la corteza de las ramas afectadas. Tres vestigios vasculares ennegrecidos se hacen visibles cuando se raspa la superficie seca de las cicatrices foliares que quedan en el tallo después de la caída de hojas enfermas (Fig. 8.4.2a). Esta es una manera útil de distinguir entre cicatrices foliares que resultan de la VSD y las que resultan de la caída de hojas debido a la senescencia foliar normal. También se observan vestigios vasculares ennegrecidos en los pecíolos desprendidos de árboles infectados (Fig. 8.4.2b). Otra característica de los tallos enfermos es la rápida decoloración del cámbium a un color marrón oxidado cuando se quita la corteza y el tejido se expone al aire. La presencia de este rayado marrón en la parte leñosa de ramas aún vivas es otro síntoma de la enfermedad. Se pueden observar hifas de infección del patógeno dentro de los vasos del xilema y las hojas, y se presenta decoloración del xilema infectado en forma de vetas color marrón, que son fácilmente visibles cuando se parten los tallos (Fig. 8.4.3a).

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

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

Además de los síntomas descritos anteriormente, en los últimos 10 años más o menos, se han observado otros síntomas que involucran mayor necrosis foliar y estas hojas infectadas permanecen unidas a la rama por un período de varias semanas (McMahon y Purwantara 2016) (Fig. 8.4.1b). Curiosamente, todos los síntomas pueden verse en el mismo genotipo e incluso en la misma rama. Todavía no se conocen los factores que conducen a estos cambios en los síntomas, aunque se ha sugerido que podrían incluir una mayor respuesta de resistencia, quizás asociada con el cambio climático (por ejemplo, aumento de las temperaturas o aumento de los niveles de CO₂) o asociada con la falta de nutrientes esenciales, como como potasio (K), alcanzando el dosel ya que existe poca evidencia de que una cepa alterna del patógeno es responsable de los síntomas de necrosis (McMahon y Purwantara 2016).

8.4.3 Distribución geográfica

Se ha observado la enfermedad VSD en la mayoría de las áreas productoras de cacao de Asia meridional, el Sudeste Asiático y la parte oriental de Papúa Nueva Guinea (islas de Nueva Guinea, Nueva Bretaña, Nueva Irlanda), la parte norte de la isla de Hainan (China) y la parte occidental del estado de Kerala (India). Ha sido un importante problema en las grandes plantaciones comerciales de cacao en Malasia Occidental y Sabah, y se encuentra ampliamente difundida en Indonesia, incluyendo las plantaciones de cacao de aroma fino en Java Oriental y Occidental, Sumatra, Kalimantan, Islas Molucas y grandes áreas de nuevas siembras de cacao en Sulawesi. La enfermedad también ha sido reportada en el sur de Tailandia, Myanmar, Vietnam y el sur de Filipinas (Keane y Prior 1991, Flood y Murphy 2004, McMahon y Purwantara 2016). Hay pruebas sólidas de que el hongo evolucionó en una planta hospedante autóctona, hasta ahora sin identificar, en el Sudeste Asiático/Melanesia y se adaptó al cacao cuando el cultivo se introdujo a la región.

A excepción de un único registro en aguacate en Papúa Nueva Guinea (Keane y Prior 1991), el hongo solo se ha reportado en cacao. Por tanto, la distribución geográfica refleja en general la presencia de cultivos de cacao en Asia Meridional y el Sudeste Asiático y Melanesia. En Papúa Nueva Guinea, su límite natural más al este es probablemente Nueva Bretaña y el descubrimiento de su presencia en Nueva Irlanda representa indudablemente una brecha de cuarentena. Lo más probable es que esto se deba al movimiento "no oficial" de material de cacao desde áreas muy infectadas, como la península de Gazelle en Nueva Bretaña, a pesar de la campaña de concientización en los puertos y aeropuertos sobre los riesgos involucrados, ya que todo movimiento oficial de germoplasma sigue una estricta cuarentena. procedimientos. La enfermedad

no se encuentra en la provincia de Manus o el norte de las Islas Solomón que están más al este, a pesar de que allí se encuentran grandes siembras de cacao. Esta distribución indica que la supuesta planta hospedante autóctona quizá no se presenta más allá en la región Pacífica que Nueva Bretaña o que el patógeno no ha alcanzado los límites de distribución de su planta hospedante autóctona (que parece improbable). Aun en la isla principal y en Nueva Bretaña, la incidencia de la enfermedad es irregular, con plantaciones aisladas libres de la enfermedad (Prior 1980).

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

8.4.4 Plantas hospedantes

El aguacate es una planta hospedante alternativa de la VSD.

8.4.5 Biología

La formación de basidios y la descarga forzosa de basidiosporos se presentan principalmente durante la noche después de que los basidiocarpos (o cuerpos fructíferos fúngicos) han sido bañados con la lluvia (Keane et al. 1972). Prior (1982) mostró que la llegada de la oscuridad es también un estímulo para la esporulación. Los basidiosporos se produjeron 8–12 h después de que los basidiocarpos fueron sometidos a condiciones de oscuridad, mientras que no esporularon los que fueron expuestos a luz artificial continua durante la noche. Existía cierta evidencia de que una caída de temperatura de 5°C también estimulaba la esporulación en basidiocarpos traídos al laboratorio (Prior 1982). Los basidiocarpos siguen siendo fecundos durante un promedio de 10 días en ramas adheridas. En ramas desprendidas, dejan de producir esporas después de solo dos días.

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

Los basidiosporos son dispersados por el viento durante la noche y son rápidamente destruidos por la luz solar. La exposición a condiciones atmosféricas normales, bajo sombra, en una plantación durante solo 20 min fue suficiente para reducir la germinación en un 80% (Keane 1981). La exposición de las esporas a la luz solar directo durante 12 min redujo la germinación en un 95%. Dado que las esporas mueren rápidamente cuando se expone a condiciones normales de día en los trópicos

y requieren de agua libre para la germinación, la dispersión eficaz de esporas probablemente está limitada a las pocas horas de oscuridad y alta humedad después de su descarga.

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

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

Los basidiosporos no tienen latencia y se requiere de agua libre para la germinación de esporas y la infección. Prior (1979) encontró que cuando se colocaba una suspensión de esporas en hojas jóvenes, las esporas germinaban en 30 min si las hojas permanecían húmedas, pero no crecían más una vez que el agua hubiera evaporado. La primera señal de penetración se presentó después de 12 h, con hinchazón del extremo del tubo germinal para formar un apresorio que se adhirió a la superficie de la hoja. Las células epidérmicas adyacentes mostraron un oscurecimiento ante la presencia del hongo. A menudo la infección no siguió avanzando, pero ocasionalmente se formaron estructuras de penetración debajo de los apresorios. No se han observado hifas penetrando los elementos del xilema de las venas, aunque Prior (1979) observó vestigios de células de mesófilo descoloridos que iban desde la superficie hacia la vaina fascicular alrededor del xilema. En hojas con decoloración y sin ésta, se observaron hifas creciendo dentro de la hoja inoculada en los alrededores de las venas (Keane 1972, Prior 1979), pero éstas no se podría remontar a envolturas vacías de esporas en la superficie foliar. Existe evidencia (Prior 1979) de que el rocío se forma primero en vellos y glándulas concentradas directamente encima de las venas de las hojas jóvenes de cacao. Estos pueden formar una trampa para esporas depositadas y pueden explicar la presencia de penetraciones directamente encima de las venas como fue observado por Keane (1972).

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

medios artificiales e incluso si se producen basidiosporos, éstos se producen en números insuficientes para uso en pruebas de patogenicidad.

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

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

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

Problemas con el cultivo y mantenimiento del hongo en cultivo, han restringido los estudios de diversidad genética y del genoma. Sin embargo, Ali et al. (2019) describieron un genoma ensamblado *de novo* de 33,90 Mbp. La predicción de genes *Ab initio* identificó 9264 genes que codifican proteínas, de los cuales 800 son exclusivos de *C. theobromae* en comparación con *Rhizoctonia spp.*, un grupo estrechamente relacionado. El genoma presentado apoyó un modelo de patogénesis típico, donde el hongo secreta proteínas efectoras involucradas en la supresión de las defensas de las plantas junto con las enzimas necesarias para la degradación de las paredes celulares y otros componentes celulares. Los autores creían que estos hallazgos brindan un modelo para probar y comparar en el futuro.

8.4.6 Medidas de cuarentena

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

- Frutos (incluyendo las mazorcas): Hifas; transmitida internamente; invisible.

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

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

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

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

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

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

No se ha demostrado que las semillas de cacao transmiten la enfermedad de VSD. Sin embargo, se recomienda una inmersión preventiva en la fungicida triazole (Prior 1985). Las autoridades de cuarentena en Malasia actualmente requieren que la semilla sea tratada con tiram.

Recientemente se han revisado los métodos de manejo (McMahon y Purwantara 2016), incluyendo métodos culturales, intentos de manejo con productos químicos y selección por resistencia de la planta hospedante, considerado esta última como la estrategia más prometedora para el manejo de VSD. Guest y Keane (2018) afirman que el manejo integrado que incluye la producción de plantas libres de enfermedades en viveros cubiertos, el manejo del dosel y la poda regular de ramas infectadas, manteniendo solo niveles bajos de sombra y el uso de genotipos de cacao parcialmente resistentes, proporciona un control adecuado de la enfermedad en las áreas actualmente afectadas, aunque abogan por el desarrollo de variedades resistentes adecuadas para su uso en América Latina y África en caso de que la enfermedad se propague fuera del sudeste asiático. Las estrategias de control biológico, como el uso de hongos endófitos o inductores de bacterias, también son prometedoras como parte de una estrategia de gestión integrada (Asman et al. 2018, Rosmana et al. 2015, 2019, Vanhove et al. 2016).

8.4.7 Referencias

- Abdoellah S. 2009. The effect of vascular streak die-back (VSD) attack on macronutrients content of cocoa leaves. In: Proceedings of the 16th International Cocoa Research Conference, Bali, Indonesia 16-21 November, 2009. pp. 325-334.
- Ali SS, Asman A, Shao J, Firmansyah AP, Susilo AW, Rosmana A, McMahon P, Junaid M, Guest D, Kheng TW, Meinhardt LW, Bailey BA. 2019. Draft genome sequence of fastidious pathogen *Ceratobasidium theobromae*, which causes vascular-streak dieback in *Theobroma cacao*. Short Report. *Fungal Biology and Biotechnology* 6:14 <https://doi.org/10.1186/s40694-019-0077-6>
- Anderson RD. 1989. Avocado, an alternate host for *Oncobasidium theobromae*. *Australasian Plant Pathology* 18:96-97. <https://doi.org/10.1071/APP9890096>
- Asman A., Amin N, Rosmana A, Abdullah T. 2018.. Endophytic fungi associated with cacao branch and their potential for biocontrol vascular streak dieback disease on cacao seedling. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 157: 012039
- Chan CL, Syed KSW. 1976. Vascular-streak dieback of cocoa in Peninsular Malaysia. In: Proceedings of the Cocoa Coconut Seminar, Tawau, Sabah. East Malaysia Planters' Association. pp. 134-144. de Oliveira GAP, Pereira EG, Dias CV, Souza TLF, Ferretti GDS, Cordeiro Y, Camillo LR, Cascardo J, Almeida FC, Valenta AP, Silva JL. 2012 *Moniliophthora perniciosa* necrosis and Ethylene Inducing Protein 2 (MpNep2) as a metastable dimer in solution: Structural and functional implications. *PLoS One* 7 e45620. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045620>
- European and Mediterranean Plant Protection Organization. 2005. PQR database (version 4.4). Available from URL <http://www.eppo.org/DATABASES/pqr/pqr.htm>.
- Frison EA, Feliu E (Editors). 1989. FAO/IBPGR technical guidelines for the safe movement of cocoa germplasm. FAO/IBPGR technical guidelines for the safe movement of cocoa germplasm. 29 pp.
- Flood J, Murphy R. (Editors). 2004. Cocoa Futures: A source book of some important issues facing the cocoa industry. CABI-FEDERACAFE, USDA, Chinchina, Colombia. 163 pp.
- Guest DI, Keane PJ. 2018. Cacao diseases: vascular-streak dieback In: Umaharan P. editor. Achieving sustainable cultivation of cocoa. ISBN: 978 1 78676 168 2
- Holderness M. 1990. Control of vascular-streak dieback of cocoa with triazole fungicides and the problem of phytotoxicity. *Plant Pathology* 39:286-293. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1990.tb02505.x>

- Jayawardena MPGS, Patmanathan M, Ramadasan K. 1978. Thinning and vascular streak dieback control in high density cocoa plantings under coconuts. In: Proceedings of International Conference on Cocoa and Coconuts, Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 322-339.
- Keane PJ. 1972. Aetiology and epidemiology of vascular-streak dieback of cocoa. PhD Thesis, University of Papua New Guinea.
- Keane PJ. 1981. Epidemiology of vascular-streak dieback of cocoa. *Annals of Applied Biology* 98:227-241. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1981.tb00756.x>
- 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. <https://doi.org/10.1071/BI9720553>
- Keane PJ, Prior C. 1991. Vascular-streak dieback of cocoa. *Phytopathological Papers* No. 33. 39 pp.
- Keane PJ, Turner PD. 1972. Vascular-streak dieback of cocoa in West Malaysia. In: RL Wastie and DA Earp (eds). Proceedings of the Conference on Cocoa and Coconuts in Malaysia. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malaysia. pp 50--57.
- Kotila JE. 1929. A study of the biology of a new spore-forming *Rhizoctonia*, *Corticium praticola*. *Phytopathology* 19: 1059- 1099.
- Lai AL. 1985. Pest and disease records, Burma: New record of cocoa disease. *Quarterly Newsletter, Asia and Pacific Plant Protection Commission* 28(4):9.
- McMahon PJ, Purwantara A, Susilo AW, Sukanto S, Wahab A, bin Purang H. Hidayat M, Ismail D, Taproni T, Lambert S, Guest DI, Keane PJ. 2010. On farm selection for quality and resistance to pest/diseases of cocoa in Sulawesi ii) quality and performance of selections against *Phytophthora* pod rot and vascular streak die back. *International Journal of Pest Management* 56:351-261.
- McMahon PJ, Purwantara A. 2016. Vascular streak dieback (*Ceratobasidium theobromae*): history and biology. In: Bailey BA, Meinhardt LW, editors. Cacao Diseases: a History of Old Enemies and New Encounters. Springer International Publishing, Switzerland. pp. 307-335. <https://doi.org/10.1080/09670874.2010.503284>
- Minimol JS, Suma B, Ummer M, Jayasree PA. 2016. Parental contribution analysis in hybrids bred for vascular streak dieback (VSD) disease resistance in cocoa. *Journal of Plantation Crops* 44: 2. <https://doi.org/10.19071/jpc.2016.v44.i1.3011>
- Oberwinkler F, Reiss K, Bauer R, Kirschner R, Garnica S. 2013. Taxonomic re-evaluation of the *Ceratobasidium-Rhizoctonia* complex and *Rhizoctonia butinii*, a new species attacking spruce. *Mycological Progress* 12: 763-776. <https://doi.org/10.1007/s11557-013-0936-0>
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1978.tb00725.x>
- Prior C. 1979. Resistance of cocoa to vascular-streak dieback disease. *Annals of Applied Biology* 92:369-376. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1979.tb03886.x>
- Prior C. 1980. Vascular streak dieback. *Cocoa Growers' Bulletin* 29:21-26.
- Prior C. 1981. Vascular-streak dieback disease in Papua New Guinea. In: Proceedings of the 6th International Cocoa Research Conference, Caracas, Venezuela 1977. pp. 300-305.
- Prior C. 1982. Basidiospore production by *Oncobasidium theobromae* in dual culture with cocoa callus tissue. *Transactions of the British Mycological Society* 78:571-574. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(82\)80175-7](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(82)80175-7)
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1985.tb01412.x>
- Prior C. 1987. Chemical control of vascular-streak dieback disease of cocoa in Papua New Guinea. *Plant Pathology* 36:355-360. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1987.tb02243.x>
- Prior C. 1992. Comparative risks from diseases of cocoa in Papua New Guinea, Sabah and the Caribbean. In: Keane PJ, Putter CAJ, editors. *Cocoa pest and disease management in Southeast Asia and Australasia*. FAO, Rome, Italy. pp. 109-116.
- Rosmana A, Samuels GJ, Ismaiel A, Ibrahim ES, Chaverri P, Herawati J, Asman A. 2015. *Tropical Plant Pathology* 40: 19. <https://doi.org/10.1007/s40858-015-0004-1>
- Rosmana A, Taufik M, Asman A, Jayanti NJ, Hakkar AA. 2019. Dynamic of Vascular Streak Dieback Disease Incidence on Susceptible Cacao Treated with Composted Plant Residues and *Trichoderma asperellum* in Field. *Agronomy* 9: 650; <https://doi.org/10.3390/agronomy9100650>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2011.07.009>
- 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. <https://doi.org/10.1071/BT9710203>
- Vanhove W, Vanhoudt N, Van Damme P. 2016. Biocontrol of vascular streak dieback (*Ceratobasidium theobromae*) on cacao (*Theobroma cacao*) through induced systemic resistance and direct antagonism. *Biocontrol Science and Technology* 26(4): 492–503. <https://doi.org/10.1080/09583157.2015.1128527>
- Zainal Abidin MA, Varghese G, Mainstone BJ. 1981. Vascular streak dieback of cocoa in Malaysia. I. A survey of its incidence and identification of the pathogen involved. *Planter* 57:3-13.
- Zainal Abidin MA, Varghese G, Mainstone BJ. 1986. Aspects of the epidemiology of vascular streak dieback of cocoa in Malaysia. In: *Proceedings International Conference on Cocoa and Coconuts Progress and Outlook*, Kuala Lumpur, Malaysia, 15-17 Oct. 1984. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 405-411.

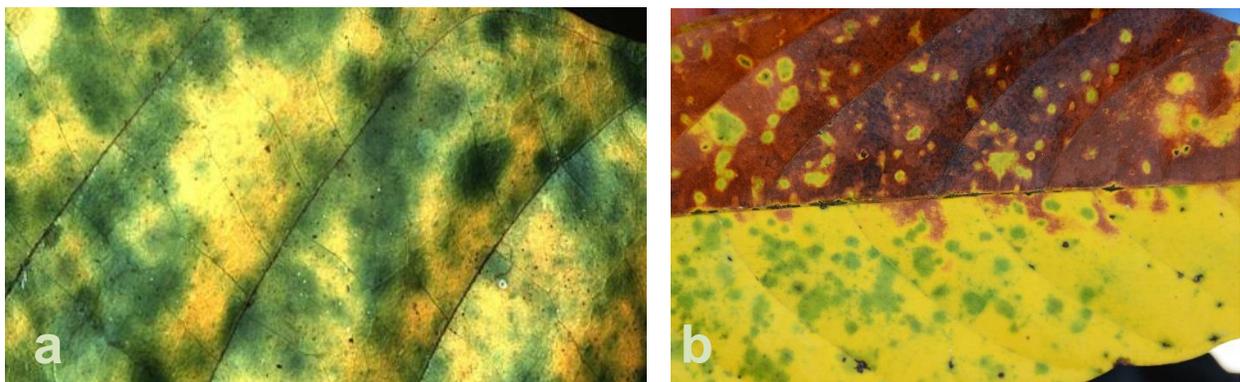


Figura 8.4.1 (a) Muerte descendente por el virus del rayado vascular (VSD): hoja clorótica (M Holderness, CABI) y (b) Hojas presentando necrosis y puntos dispersos de tejido verde (AJ Daymond, Universidad de Reading).

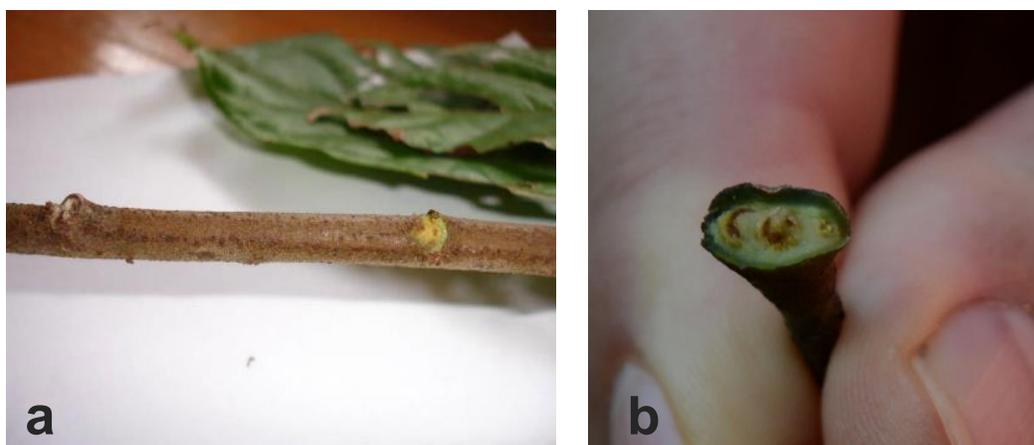


Figura 8.4.2 (a) tallo infectado con muerte descendente por el virus del rayado vascular con presencia de lenticelas agrandados y vestigios vasculares ennegrecidos en la cicatriz foliar (J Flood, CABI) y (b) pecíolo infectado con muerte descendente por el virus del rayado vascular (AJ Daymond, Universidad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



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

8.5 Marchitamiento por *Verticillium* en cacao

Actualizado por Mário Lúcio Vilela de Resende¹, Anne-Sophie Bouchon², Adriano Augusto de Paiva Custódio¹ y Fernanda Carvalho Lopes de Medeiros¹

¹Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, CEP 37200-000, Brasil.

Correo electrónico: mlucio@ufla.br

² Plant Health Sustainable Solutions (PHSS), Nancy, France UK Email: anne-sophie.bouchon@phss.fr

8.5.1 Agente causal

Este marchitamiento en cacao es causado por *Verticillium dahliae* Klebahn. (Ascomycota, en la familia Plectosphaerellaceae)

8.5.2 Síntomas

Los síntomas generales del marchitamiento por *Verticillium* incluyen epinastia (Fig. 8.5.1a), amarillamiento, necrosis y marchitamiento o abscisión de hojas (Fig. 8.5.1b,c,d), seguido de atrofiamiento en el crecimiento o muerte de la planta (Resende et al. 1996). Según Fradin y Thomma (2006), el marchitamiento normalmente comienza desde la punta de una hoja infectada, generalmente en los tallos más viejos ya que la invasión es acropetal (desde la base hacia el ápice). En el cacao, las plantas infectadas generalmente presentan un marchitamiento súbito y posteriormente necrosis de tanto las hojas viejas como las nuevas.

Se pueden presentar un desarrollo similar de síntomas de defoliación (Fig. 8.5.1b) y no defoliación (Fig. 8.5.1c) en el cacao y otros hospedantes. Por ejemplo, los patotipos de *V. dahliae* se describieron como defoliantes o no defoliantes en algodón y olivo (Schnathorst & Mathre, 1966; Bejarano-Alcázar et al., 1996), pero otros autores (Ashworth Jr, 1983; Dervis et al., 2010) sugirieron un continuo de síntomas relacionados con la agresividad relativa entre las cepas de *V. dahliae*, en lugar de la aparición de distintos patotipos. fue sugerida por otros autores (Ashworth Jr, 1983; Dervis et al., 2010). En olivo y algodón, la resistencia de determinados cultivares puede variar según el patotipo de *V. dahliae* o los grupos de compatibilidad vegetativa (VCG) (López-Escudero et al., 2004; Göre et al., 2014).

En general, se considera que los síntomas de marchitamiento se deben al estrés hídrico causado por oclusión vascular, mientras que la defoliación también puede involucrar desequilibrios en los reguladores de crecimiento. Por lo tanto, Talboys (1968) sugirió que la defoliación estaba relacionada con el nivel del estrés hídrico, mientras que Tzeng y DeVay (1985) encontraron una producción mejorada de etileno en plantas de algodón y Resende et al. (1996) en plantas de cacao cuando éstas fueron inoculadas con aislamientos defoliadores en comparación con plantas infectadas con aislamientos no defoliadores.

En las secciones de tallo se puede apreciar una decoloración marrón de los tejidos vasculares (Fig. 8.5.1e,f). Internamente en los vasos se pueden observar oscurecimiento, tilo y deposición de geles y aglutinantes (Fig. 8.5.1g). Los niveles de síntomas dependen principalmente de la concentración de inóculo, patotipo o VCG de *Verticillium*, variedad de planta y etapa de desarrollo de la planta, temperatura, humedad del suelo y nutrición, particularmente contenido de potasio (Trocmé 1972, Emechebe 1975, Resende 1994, Bouchon 2020). La infestación de las raíces de las plantas por nematodos parásitos puede aumentar la aparición y la gravedad de enfermedades causadas por hongos del suelo como *V. dahliae* (Johnson y Santo 2001, Bae et al. 2011). *Verticillium dahliae* que ataca al cacao parece verse favorecido por temperaturas entre 20 °C y 28 °C, aunque diferentes VGC tienen diferentes temperaturas óptimas (Resende 1994, Bouchon 2020).

En los campos de cacao, los síntomas de la infección por *V. dahliae* aparecen en el momento en que el árbol comienza a producir vainas, es decir, 2 a 3 años después de la siembra (Matovu, 1973). Los ataques severos, seguidos de condiciones especialmente secas o anegamientos, pueden causar la muerte de un árbol de cacao una semana después de una situación de aparente salud y vigor (Leakey, 1965). En otros casos se observa una recuperación natural del árbol, dependiendo principalmente del genotipo (Resende, 1994).

En Brasil, se observó una mayor incidencia de marchitez por *Verticillium* en áreas secas en combinación con falta de sombra (de Almeida et al., 1989). Se ha demostrado que dar sombra al cacao reduce tanto la incidencia como la gravedad del marchitamiento del cacao por *Verticillium* en Uganda (Trocmé 1972, Matovu 1973).

8.5.3 Distribución geográfica

Verticillium spp. son hongos transmitidos por el suelo con distribución mundial, que causan enfermedades vasculares que resultan en pérdidas severas de rendimiento y calidad en varios cultivos (Inderbitzin et al. 2011).

En Brasil, el marchitamiento por *Verticillium* es un serio problema en los estados de Bahía y Espírito Santo (Resende et al. 1995, Agriannual 2009). En Uganda, el marchitamiento por *Verticillium* fue reportado consistentemente como la principal enfermedad que afecta al cacao (Emechebe et al. 1971, Matovu 1973, Bouchon 2020) con pérdidas de hasta el 30% en algunas fincas (Matovu 1973). El marchitamiento por *Verticillium* se informó recientemente en la provincia de Kivu del Norte en la República Democrática del Congo (Bouchon 2020). También se ha encontrado *Verticillium dahliae* en cacao en Colombia (Granada 1989, Resende et al. 1995) y en Perú (Bouchon 2020, Leon-Ttacca et al. 2019). En Ecuador, también se identificó un patógeno que causa la marchitez del cacao en el género *Verticillium* pero no se identificó a nivel de especie (Zavala et al. 2010). La enfermedad también se informó en otros países productores de cacao, incluidos Santo Tomé y Príncipe, Gabón y Sri

Lanka (Chalot & Luc 1906, Kaden 1933, Navel 1921, Park 1933, 1934 citado por Oliveira y Luz 2005).

8.5.4 Plantas hospedantes

Más de 400 especies de dicotiledóneas albergan *V. dahliae*, incluidos otros miembros de la familia Malvaceae, como el algodón (Malcolm et al. 2013).

8.5.5 Biología

El micelio vegetativo de *V. dahliae* es hialino, generalmente ramificado, septado y multinucleado (Fig. 8.5.2a). El aspecto del conidióforo es característico: es verticilado debido a la producción de conidios en las puntas de las células conidiógenas; se producen en verticilos entre 2 y 3 células conidiógenas por nudo. Los conidios son elipsoidales a ovoides (Fig. 8.5.2 A), (Inderbitzin et al. 2011). Comúnmente se observan microesclerocios, considerados estructuras de reposo. Los conidios y los microesclerocios se utilizan comúnmente para identificar *V. dahliae* a nivel de especie.

Se encontró que distintas variaciones morfológicas (aspectos de cultivo, tamaño de conidios y microesclerocios) discriminan los diferentes grupos de compatibilidad vegetativa de *V. dahliae* que atacan el cacao en Uganda y Perú (Bouchon 2020) (Fig. 8.5.2 B).

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

8.5.6 Medidas de cuarentena

La siguiente es una lista de partes de plantas susceptibles de portar la plaga en el comercio/transporte (información de varios cultivos):

- Frutos (incluidas las vainas): Hifas; soportado internamente; invisible.
- Hojas: Hifas; soportado internamente; invisible a simple vista.
- Raíces: Hifas; soportado internamente; invisible.
- Tallos (sobre el suelo)/brotes/troncos/ramas: Hifas, esclerocios; soportado internamente; soportado externamente; invisible a simple vista.
- Semillas: hifas, esclerocios, esporas; invisible a simple vista
- Medio de cultivo que acompaña a las plantas

Aunque *V. dahliae* está muy extendida, es importante evitar la propagación de diferentes cepas entre las zonas de cultivo de cacao. Se necesita un cuidado especial debido a la naturaleza longeva de los microesclerocios, que pueden sobrevivir en el suelo, por ejemplo, durante más de 10 años. 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.

Verticillium dahliae se puede aislar del xilema de raíces, tallos, ramas, ramitas e incluso hojas y semillas de muchos cultivos comerciales. Se han publicado protocolos de diagnóstico para varias combinaciones de cultivos/especies de *Verticillium* (por ejemplo, EPPO, 2020). El diagnóstico a menudo se lleva a cabo después del aislamiento del hongo a partir de tejido vascular extirpado en medio de estreptomicina sulfato-alcohol-agar (SAA) o medio semiselectivo NP-10 (Kabir et al. 2004). Si bien se han desarrollado pruebas serológicas para certificar materiales de siembra, los esfuerzos recientes para detectar e identificar especies de *Verticillium* se concentran principalmente en el uso de técnicas de diagnóstico molecular mediante amplificación por PCR (por ejemplo, Maurer et al. 2013) y se han desarrollado ensayos *in planta* para cultivos como el olivo (Mousavi et al. 2020). Bouchon (2020) ha utilizado una técnica de PCR para identificar los VCG de *V. dahliae* que atacan al cacao.

Para controlar el marchitamiento por *Verticillium* en los árboles, se necesita una estrategia de gestión integrada que incluya combinaciones de medidas de control biológicas, químicas, físicas y culturales para reducir las pérdidas debidas a *V. dahliae* y evitar su propagación a nuevas áreas de plantación. Los materiales de plantación limpios son un punto de partida importante, y para otros cultivos, 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. Además, la solarización puede erradicar patógenos

potencialmente presentes en el suelo asociado con el material de siembra (Kanaan et al., 2015). Aunque la resistencia genética es deseable, aún no se dispone de materiales de siembra de cacao con un nivel de resistencia satisfactorio, aunque se ha demostrado que algunos clones son parcialmente resistentes a la enfermedad (Resende 1994; Oliveira y Luz 2005; Pereira et al. 2008, Bouchon 2020). Las medidas culturales que incluyen la remoción de residuos de cultivos infectados y la eliminación de árboles muertos y sus sistemas de raíces (Oliveira y Luz 2005), la prevención de daños a las raíces de cacao al manipular plántulas o durante el deshierbe (Emechebe 1975) y el uso de sombra y fertilizantes adecuados pueden mejorar la enfermedad. manejo y extender la vida de las plantas (Oliveira y Luz 2005, Pereira et al. 2008). Resende (1994) ha enfatizado la importancia del manejo de malezas en las áreas de cultivo de cacao porque las malezas pueden actuar como un reservorio de *V. dahliae*. La investigación sobre agentes de control biológico para *V. dahliae* está mostrando resultados prometedores, pero estos estudios se realizan principalmente en condiciones ambientales controladas (Deketelaere et al. 2017, Leon-Ttacca et al. 2019, Montes-Osuna & Mercado-Blanco, 2020). Las enmiendas orgánicas o biológicas del suelo pueden ser efectivas para reducir la enfermedad del marchitamiento por *Verticillium* en algunos sistemas de cultivo (Montes-Osuna y Mercado-Blanco 2020).

8.5.7 Referencias y lectura adicional

- Agriannual. 2009. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos. 500 pp.
- Ashworth Jr, L. 1983. Aggressiveness of random and selected isolates of *Verticillium dahliae* from cotton and the quantitative relationship of internal inoculum to defoliation. *Phytopathology* 73(9): 1292-1295. <https://doi.org/10.1094/Phyto-73-1292>
- Auger SJ, Esterio GM, Jürgensen EE. 1995. Immunodiagnosis of *Verticillium dahliae* Klebahn on grape (*Vitis vinifera*) and apricot (*Prunus armeniaca*). *Fitopatologia* 30(3): 138-142.
- Bae J, Neu K, Halterman D, Jansky S. 2011. Development of a potato seedling assay to screen for resistance to *Verticillium dahliae*. *Plant Breeding*, 130(2), 225-230. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2010.01821.x>
- Bejarano-Alcázar J, Blanco-López M, Melero-Vara J, Jiménez-Díaz RM. 1996. Etiology, importance, and distribution of *Verticillium* wilt of cotton in southern Spain. *Plant Disease* 80(11): 1233-1238. <https://doi.org/10.1094/PD-80-1233>
- Bouchon A. 2020. Vascular wilt disease of *Theobroma cacao* in Uganda and DR Congo caused by *Verticillium dahliae*: studies on management using a genetic approach. PhD Thesis, University of Aberdeen, UK.
- CABI/EPPO. Data Sheets on Quarantine Pests: *Verticillium* spp. on hops. Available from URL: <https://gd.eppo.int/taxon/VERTDH/documents>. Date accessed: 20 May 2021.
- de Almeida O, de Almeida L, de Figueiredo J. 1989. Obtencao, em meio de cultura, de propágulos de *Verticillium dahliae* Kleb., causador da murcha de-verticillium em cacauero (*Theobroma cacao* L.). *Agrotropica (Brasil)* 1(3): 213-215.
- Deketelaere S, Tyvaert L, França SC, Höfte M. 2017. Desirable traits of a good biocontrol agent against *Verticillium* wilt. *Frontiers in Microbiology* 8: 1186. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01186>

- Dervis S, Mercado-Blanco J, Erten L, Valverde-Corredor A, Pérez-Artés E. 2010. *Verticillium* wilt of olive in Turkey: a survey on disease importance, pathogen diversity and susceptibility of relevant olive cultivars. *European Journal of Plant Pathology* 127(2): 287-301. <https://doi.org/10.1007/s10658-010-9595-z>
- Emechebe A. 1975. Some host factors affecting inoculation of cacao seedlings with *Verticillium dahliae*. *East African Agricultural and Forestry Journal* 40(3): 271-277. <https://doi.org/10.1080/00128325.1975.11662744>
- Emechebe A, Leakey CL, Banage W. 1971. *Verticillium* wilt of cacao in Uganda: symptoms and establishment of pathogenicity. *Annals of Applied Biology* 69(3): 223-227. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1971.tb04674.x>
- Fradin EF, Thomma BP. 2006. Physiology and molecular aspects of *Verticillium* wilt diseases caused by *V. dahliae* and *V. albo-atrum*. *Molecular Plant Pathology* 7(2): 71-86. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2006.00323.x>
- Gómez-Gálvez F, Rodríguez-Jurado D. 2018. Potential efficacy of soil-applied disinfectant treatments against *Verticillium* wilt of olive. *Crop Protection* 106: 190-200. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.01.002>
- Gómez-Alpízar L. 2001. *Verticillium dahliae*. PP-728 Pathogen Profiles (online). NC State University, 2001. Available from URL: <http://www.cals.ncsu.edu/course/pp728/Verticillium/Vertifin.htm>. Date accessed: 20 May 2021
- Göre M, Erdoğan O, Caner Ö, Aydın M, Berk, S. 2014. VCG diversity and virulence of *Verticillium dahliae* from commercially available cotton seed lots in Turkey. *European Journal of Plant Pathology* 140(4): 689-699. <https://doi.org/10.1007/s10658-014-0500-z>
- Granada G. 1989. Marchitez del cacao por *Verticillium dahliae*. *Cacaotero Colombiano (Colombia)* 12(37): 17-28.
- Inderbitzin P, Bostock RM, Davis RM, Usami T, Platt HW, Subbarao KV. 2011. Phylogenetics and taxonomy of the fungal vascular wilt pathogen *Verticillium*, with the descriptions of five new species. *PloS One* 6(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028341>
- 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(11): 1189-1192. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2001.85.11.1189>
- Kabir Z, Bhat R, Subbarao K. 2004. Comparison of media for recovery of *Verticillium dahliae* from soil. *Plant Disease* 88(1), 49-55. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.1.49>
- Kanaan H, Medina S, Krassnovsky A, Raviv M. (2015). Survival of *Macrophomina phaseolina* sl and *Verticillium dahliae* during solarization as affected by composts of various maturities. *Crop Protection* 76, 108-113. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.07.006>
- Leakey C. 1965. Sudden death disease of cacao in Uganda associated with *Verticillium dahliae* Kleb. *East African Agricultural and Forestry Journal* 31(1), 21-24. <https://doi.org/10.1080/00128325.1965.11662020>
- Leon-Ttacca B, Arévalo-Gardini E, Bouchon, AS. 2019. Sudden death of *Theobroma cacao* L. caused by *Verticillium dahliae* Kleb. in Peru and its *in vitro* biocontrol. *Ciencia Y Tecnología Agropecuaria* 20(1), 133-148. https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num1_art:1251
- López-Escudero FJ, Del Río C, Caballero J, Blanco-López M. 2004. Evaluation of olive cultivars for resistance to *Verticillium dahliae*. *European Journal of Plant Pathology* 110(1): 79-85. <https://doi.org/10.1023/B:EJPP.0000010150.08098.2d>
- Malcolm GM, Kuldau GA, Gugino BK, Jiménez-Gasco M d M. 2013. Hidden host plant associations of soilborne fungal pathogens: an ecological perspective. *Phytopathology* 103(6): 538-544. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-12-0192-LE>
- Matovu S. 1973. A survey of cocoa diseases in Uganda. *East African Agricultural and Forestry Journal* 38(3): 218-228. <https://doi.org/10.1080/00128325.1973.11662584>

- Maurer KA, Radišek S, Berg G, Seefelder S. 2013. Real-time PCR assay to detect *Verticillium albo-atrum* and *V. dahliae* in hops: development and comparison with a standard PCR method. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 120(3): 105-114. <https://doi.org/10.1007/BF03356461>
- Montes-Osuna N, Mercado-Blanco J. 2020. *Verticillium* wilt of olive and its control: what did we learn during the last decade? *Plants* 9(6): 735. <https://doi.org/10.3390/plants9060735>
- Mousavi SA, Keykhasaber M, Fahmideh L, Aran M. 2020. A robust method for identification and in-plant detection of *Verticillium dahliae* in the infected olive trees, using real-time PCR and nested PCR, *Physiological and Molecular Plant Pathology* 112: 101559. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2020.101559>
- Oliveira M, Luz E. 2005. *Identificação e manejo das principais doenças do cacauero no Brasil*. Ilhéus, Brasil: CEPLAC/CEPEC/SEFIT.
- Pereira RB, Resende M, Ribeiro Jr PM, Amaral DR, Lucas GC, Cavalcanti FR. 2008. Activation of defence responses on cocoa against *Verticillium* wilt by natural extracts and acibenzolar-S-methyl. [Ativação de defesa em cacauero contra a murcha-de-verticillio por extratos naturais e acibenzolar-S-metil] *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(2), 171-178. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000200003>
- Plasencia J, Banttari EE. 1997. Comparison between a culture plate method and an immunoassay to evaluate vascular colonization of potato by *Verticillium dahliae*. *Plant Disease* 81(1), 53-56. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1997.81.1.53>
- Resende M. 1994. *Vascular Wilt of Cocoa (Theobroma cacao L.) Caused by Verticillium dahliae Kleb: Studies on Pathogenicity and Resistance*. PhD Thesis, University of Bath, UK.
- Resende M, 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(2), 374-383. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1995.tb02790.x>
- Resende M, 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(5), 964-972. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1996.tb02907.x>
- Schnathorst W, Mathre D. 1966. Host range and differentiation of a severe form of *Verticillium albo-atrum* in cotton. *Phytopathology*, 56(10), 1155-1161.
- Talboys P. 1968. Water deficits in vascular disease. *Water Deficits and Plant Growth* 2: 255-311.
- Trocme O. 1972. Contribution à l'étude d'une maladie du cacaoyer en Ouganda: le dessèchement éco-fongique des branches. *Café, Cacao, Thé* 16(3): 219-235.
- Tzeng D, De Vay J. 1985. Physiological responses of *Gossypium hirsutum* L. to infection by defoliating and nondefoliating pathotypes of *Verticillium dahliae* Kleb. *Physiological Plant Pathology* 26(1): 57-72. [https://doi.org/10.1016/0048-4059\(85\)90030-X](https://doi.org/10.1016/0048-4059(85)90030-X)
- Van de Koppel M, Schots A. 1995. Monoclonal antibody-based double-antibody sandwich-ELISA for detection of *Verticillium* spp. in ornamentals. *Phytopathology* 85(5): 608-612. <https://doi.org/10.1094/Phyto-85-608>
- Veronese P, Narasimhan ML, Stevenson RA, Zhu J, Weller SC, Subbarao KV, Bressan RA. 2003. Identification of a locus controlling *Verticillium* disease symptom response in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal* 35(5): 574-587. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3113X.2003.01830.x>
- Zavala MGM, Feijoo MIJ, García ELP. 2010. Actualización de la microbiota patogénica del cacao "arriba" (*Theobroma cacao*) presente en la costa Ecuatoriana. *Revista Tecnológica-ESPOL* 23(1): 21-26.

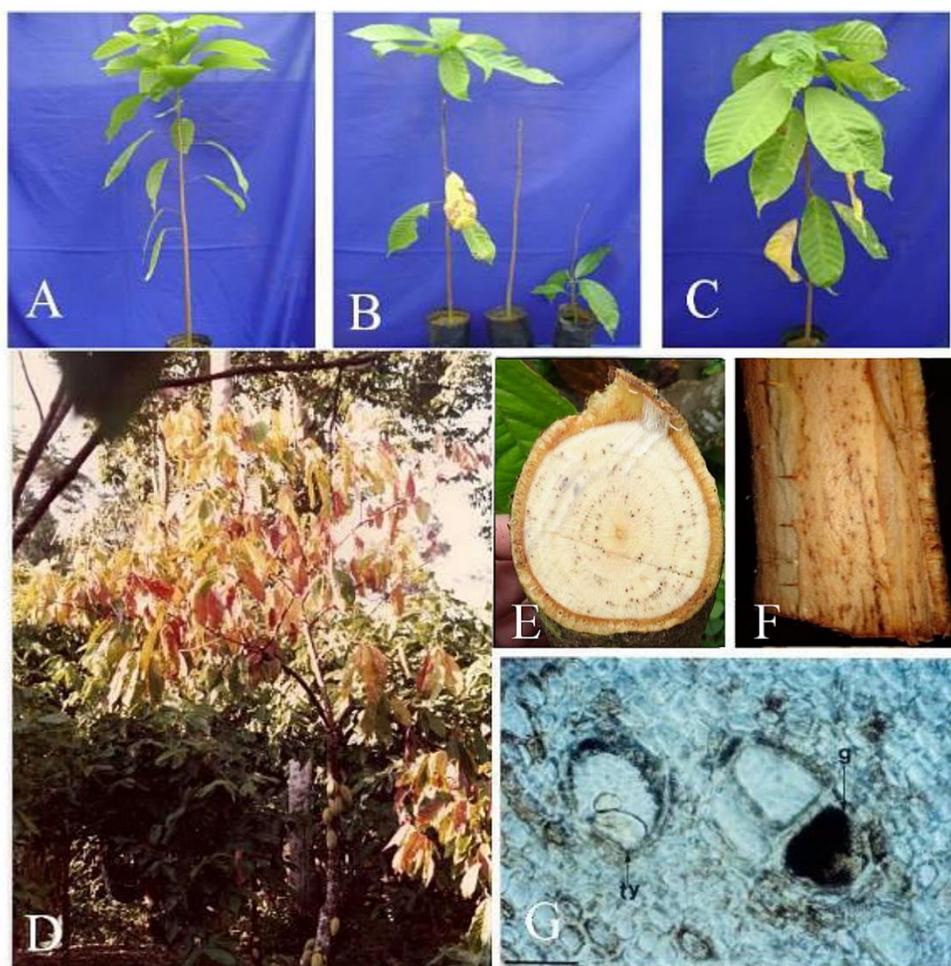


Figura 8.5.1 Síntomas externos (A–D) e internos (E–G) de la interacción *Verticillium dahliae*–cacao (MLV Resende, Univ. Federal de Lavras, Brasil):

- A Epinastia (desde la base hasta el ápice – dirección acropetal)
- B Defoliación
- C Nodefoliación
- D Marchitez general de las hojas en el campo
- E Sección transversal de una rama de cacao que muestra decoloraciones vasculares
- F Sección longitudinal que muestra la línea vascular
- G Sección transversal de un tallo de cacao infectado bajo microscopía óptica: depósitos de goma marrón oscuro (g) y tilosis (ty), producidos en respuesta a la infección (Los marcadores de barra representan 50 μ m).

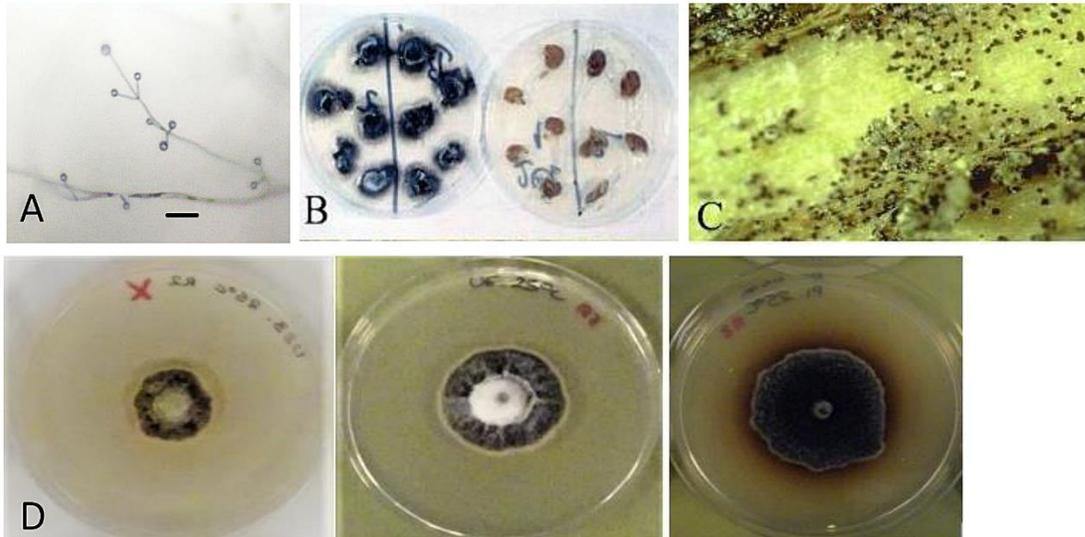


Figura 8.5.2 Ciclo biológico de *Verticillium dahliae*:

- A. Aislado de *V. dahliae* (el marcador de barra representa 160 µm; AS Bouchon)
- B. Morfología de colonia típica de *V. dahliae* reaislada de cortes transversales de tallos de cacao en un medio de agar con alcohol. (Placas de Petri que contienen muestras de plantas infectadas en el lado izquierdo y no infectadas en el lado derecho) (MLV Resende, Univ. Federal de Lavras, Brasil)
- C. Microesclerocios en tallo de algodón infectado (Gómez-Alpízar 2001)
- D. Colonias de *V. dahliae* después de 14 días de incubación a 25 °C en medio de agar papa dextrosa (izquierda: VCG4A, medio: VCG4B, derecha: Perú; AS Bouchon)

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

Actualizado por Carmen Suárez-Capello¹

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo, Ecuador Correo electrónico: csuarez@uteq.edu.ec

8.6.1 Agente causal

Ceratocystis cacaofunesta Engelbr. & T.C. Harr.

El patógeno del cacao es miembro del clado latinoamericano del complejo de especies *Ceratocystis fimbriata*, que tiene una variación genética sustancial y una amplia gama de huéspedes. Marin y Wingfield (2006) publicaron una revisión extensa del género, y se incluye una actualización reciente de *C. cacaofunesta* en el Compendio de especies invasoras de CABI (CABI, 2021).

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). Estudios anteriores sugirieron que *C. fimbriata* era un complejo de especies crípticas que mostraban especialización en hospedantes (Baker et al. 2003, Engelbrecht y Harrington 2005). Las técnicas moleculares modernas y las diferencias morfológicas entre los aislamientos de cacao (*Theobroma cacao*), camote (*Ipomoea batatas*) y sicómoro (*Platanus spp.*) permitieron reclasificar las especies específicas del cacao como *Ceratocystis cacaofunesta* (Engelbrecht y Harrington 2005).

8.6.2 Síntomas

Los árboles infectados muestran follaje marchito, de color marrón, bien sea en una rama única o en todo el árbol, dependiendo si solamente está infectada una rama o si se trata del tallo principal. El primer síntoma es un amarillamiento general de las hojas (clorosis), seguido de oscurecimiento de los tallos y marchitez y desecación de las hojas en un período de 2 a 4 semanas, aunque las hojas permanecen adheridas a la planta (Delgado y Suárez 2003). La marchitez por *Ceratocystis* se reconoce típicamente por el follaje marchito de color marrón que pende del árbol sin caer, aun cuando se sacude la rama o el árbol infectado (Fig. 8.6.1). Los árboles enfermos atraen a los escarabajos del género *Xyleborus*, los cuales perforan las ramas o el tallo principal (Saunders 1965). Los escarabajos ambrosia empujan el excremento hacia fuera del tallo o rama, y éste se acumula en la base del árbol en forma de finas masas polvorientas, reconocido como la primera señal positiva de la marchitez por *Ceratocystis* (Fig. 8.6.2). Con frecuencia incluso se ve el excremento antes de que el amarillamiento del árbol se haga visible.

Una vez dentro de la planta, el hongo provoca una necrosis de las células del parénquima radial, comprometiendo el xilema; dichas lesiones avanzan en dirección al ápice de la planta, aunque la sección transversal también está completamente colonizada (Harrington 2004) lo que lleva a la expresión de los síntomas de clorosis y oscurecimiento del tallo.

8.6.3 Plantas hospedantes

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, CABI 2021).

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). Se informó que causó grandes daños en Colombia después de 1940, Venezuela en 1958 (Thorold 1975), Costa Rica en 1958 (Thorold 1975) y Trinidad 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. Se ha demostrado que los aislamientos de Bahía, en particular, son más agresivos que otros aislamientos de América Latina (Silva et al. 2004).

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) que puede propagarse por el viento o las salpicaduras de lluvia (Iton y Conway 1961). Aunque es posible que este excremento transmita la infección a otras plantas (Iton, 1960), los medios más eficientes para propagar el hongo son las cuchillas de "machete" y las herramientas de poda (Malaguti, 1952). Con frecuencia, los árboles infectados muestran una fuerte infección en la base, quizás a través de la infección de las heridas cerca del suelo. El nombre 'mal de machete' proviene de la asociación de tales infecciones con heridas de machete.

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

enfermedad, dependiendo del grado de resistencia de la planta.

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

8.6.6 Medidas de Cuarentena

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

- Raíces: hifas; portado internamente; invisible.
- Tallos (aéreos)/brotes/troncos/ramas: hifas, organismos fructíferos; portado interna y externamente; visible a simple vista.
- Medio de cultivo que acompaña a las plantas.

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.

La enfermedad puede propagarse por micelio, esporas asexuales (endoconidios y aleurioconidios) y esporas sexuales (ascosporas). Las aleurioconidias son esporas de paredes gruesas que permiten la supervivencia a largo plazo del hongo en la madera o el suelo; Se ha informado sobre la supervivencia de *Ceratocystis* en la madera hasta por cinco años. Por lo tanto, los envases a base de madera y el suelo sin tratar son factores de alto riesgo para la propagación a larga distancia de las enfermedades de *Ceratocystis* (CABI, 2021).

Una vez que ocurre la infección, se produce un crecimiento extensivo de micelio dentro del tejido del cacao mucho antes de que los síntomas sean visibles. Todos estos hechos deben tenerse en cuenta al tratar con el movimiento de plantas o partes de plantas, ya que el movimiento sin restricciones de esquejes u otro material propagativo es potencialmente peligroso. En consecuencia, se debe evitar el transporte de plantas enteras o esquejes desde áreas donde está presente *C. cacaofunesta*. Se recomienda que cuando se requiera material para propagación vegetativa, se trate con insecticida y fungicida antes de enviarlo a una estación de cuarentena intermedia en un área libre de enfermedades. El material injertado debe mantenerse aislado durante varios flujos de crecimiento sucesivos, para confirmar que está libre de *C. cacaofunesta*.

Aún no se han informado técnicas de diagnóstico molecular o serológico para *C. cacaofunesta*, aunque existen secuencias de ADN de ITS-rDNA y otros genes exclusivos de las especies de *Ceratocystis* que podrían desarrollarse para el diagnóstico (CABI, 2021). La especialización del huésped parece ser un factor importante que define grupos de especies de *Ceratocystis* estrechamente

relacionadas y morfológicamente indistinguibles (Engelbrecht, 2004; Baker et. al. 2003). El reconocimiento de estas poblaciones únicas como especies facilitaría el manejo de enfermedades y el desarrollo de medidas de cuarentena más efectivas para minimizar el riesgo de introducir formas especializadas del patógeno en nuevas regiones.

8.6.7 Referencias y lecturas adicionales

- Baker CJ, Harrington TC, Krauss U, Alfenas AC. 2003. Genetic variability and host specialization in the Latin American clade of *Ceratocystis fimbriata*. *Phytopathology* 93, 1274–84. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2003.93.10.1274>
- Bastos CN, Evans HC. 1978. Ocorrência de *Ceratocystis fimbriata* Ell & Halst. na Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica* 8:543–544. <https://doi.org/10.1590/1809-43921978084543>
- Bezerra JL. 1997. *Ceratocystis fimbriata* causing death of budded cocoa seedlings in Bahia, Brazil. *INCOPEP Newsletter* 1:6.
- CABI. 2021. CABI Invasive Species Compendium. *Ceratocystis cacaofunesta*. Last updated Dec. 10, 2020. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/120176> and *Ceratocystis fimbriata* <https://www.cabi.org/isc/datasheet/12143>
- Delgado R, Suarez, C. 2003. Diferencias en agresividad entre aislamientos de *Ceratocystis fimbriata* de Ecuador y Brasil em cacao. In XII Seminario Nacional de Sanidad Vegetal, Noviembre 19-21, 2003. Latacunga, Ecuador. 8p
- Engelbrecht, CJB 2004. Host specialization, intersterility, and taxonomy of populations of *Ceratocystis fimbriata* from sweet potato, sycamore, and cacao. Retrospective Theses and Dissertations. 935. <https://lib.dr.iastate.edu/rtd/935>
- Engelbrecht CJB, Harrington TC. 2005. Intersterility, morphology and taxonomy of *Ceratocystis fimbriata* on sweet potato, cacao and sycamore. *Mycologia* 97: 57–69. <https://doi.org/10.1080/15572536.2006.11832839>
- Engelbrecht CJB, Harrington TC, Alfenas AC, Suarez C. 2007. Genetic variation in populations of the cacao wilt pathogen, *Ceratocystis cacaofunesta*. *Plant Pathology* 56:923–933. Harrington TC. 2000. Host specialization and speciation in the American wilt pathogen *Ceratocystis fimbriata*. *Fitopatologia Brasileira* 25: 262–263. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01735.x>
- Harrington TC. 2004. *Ceratocystis fimbriata* [update on the original text prepared by C.J. Baker and T.C. Harrington]. In: CABI Crop Protection Compendium. CAB International: Wallingford, UK. Retrieved March 15th, 2006, from <http://www.public.iastate.edu/~tcharrin/CABIinfo.html>
- Iton EF. 1960. Studies on a wilt disease of cacao at River Estate. II. Some aspects of wind transmission. In: Annual Report on Cacao Research, 1959–1960. Imperial College of Tropical Agriculture, University of the West Indies, St Augustine, Trinidad. pp. 47–58.
- Iton EF, Conway GR. 1961. Studies on a wilt disease of cacao at River Estate III. Some aspects of the biology and habits of *Xyleborus* spp. and their relation to disease transmission. In: Annual Report on Cacao Research 1959–1960. Imperial College of Tropical Agriculture, University of the West Indies, St Augustine, Trinidad. pp. 59–65.
- Malaguti G. 1952. *Ceratostomella fimbriata* en el cacao de Venezuela. *Acta Científica Venezolana* 3:94–97.
- Marin M, Wingfield M. 2006. A review of *Ceratocystis sensu stricto* with special reference to the species complexes *C. coerulescens* and *C. fimbriata*. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellin*.Vol.59, No.1. p.3045-3075.
- 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.
- Silva, SDVM, Gomes, ARS, Mandarino, EP, dos Santos-Filho, LP, Damaceno, VO. 2007. Indicações de resistência a murcha-de-Ceratocystis em genótipos de cacaueiros no sul da Bahia, Brasil. In Proceedings of the 15th International Cocoa Research Conference, vol.2 (p967). San José, Costa Rica: Cocoa Producer's Alliance.
- Silva SDVM, Paim MC, Castro WM. (2004). Cacaú "Jaca" Resistente a *Ceratocystis fimbriata* na Região Cacaueira da Bahia, Brasil. *Fitopatologia Brasileira*, 29, 538–540. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582004000500011>
- 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. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(99\)00073-3](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(99)00073-3)
- 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, UK.



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)

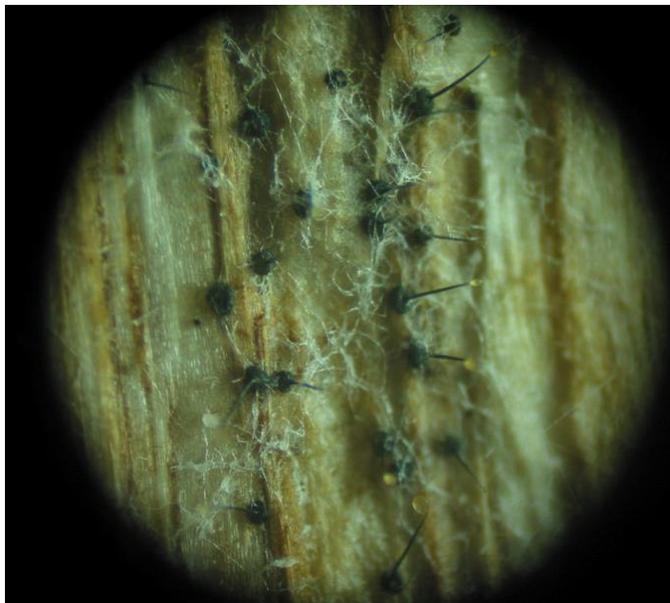


Figura 8.6.3 Peritecios de *Ceratocystis cacaofunesta* creciendo sobre el xilema de ramas de cacao inoculadas con el patógeno (C Suárez-Capello, UTEQ, Ecuador)

8.7 Pudrición radical por *Rosellinia*

Actualizado por Fabio Aranzazu Hernández¹, Darwin H. Martínez Botello¹ y G Martijn ten Hoopen²

¹FEDECACAO, Departamento de Investigación, Cra 23 No. 36-16, Oficina 203, Bucaramanga, Santander, Colombia.

Correo electrónico: fabioaranzazu@hotmail.com

² CIRAD, Campus International de Baillarguet, UMR PHIM TA A-120/K, 34398 Montpellier, France

Correo electrónico: tenhoopen@cirad.fr

8.7.1 Agente causal

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

8.7.2 Síntomas

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

Aunque los síntomas externos de la enfermedad son similares tanto para *R. pepo* como para *R. bunodes*, existen diferencias respecto a la forma en que el micelio se organiza en las raíces. En el caso de *R. pepo*, el micelio se presenta en las raíces como cordones

miceliales grisáceos en forma de estrella que se tornan negros y se unen en una masa algodonosa. Debajo de la corteza, se pueden observar abanicos en forma de estrella (Fig. 8.7.1). En el caso de *R. bunodes*, se presentan cordones ramificados ennegrecidos firmemente adheridos a las raíces, que pueden engrosarse hasta formar nudos irregulares (Fig. 8.7.2). Además, se puede observar *R. bunodes* tanto al exterior como al interior de la corteza de la raíz (Fig. 8.7.3) y, en condiciones húmedas, puede extenderse mucho más por encima de la superficie del suelo (Sivanesan y Holliday 1972). En las Américas, *Rosellinia* y *Ceratocystis cacaofunesta* (anteriormente *C. fimbriata*; véase sección 8.6 de estas directrices) parecen actuar juntos ya que a menudo se encuentran juntos en cacao (Aranzazu et al. 1999, Ten Hoopen y Krauss 2006). Los síntomas de uno de los patógenos pueden ocultar la presencia del otro.

8.7.3 Distribución geográfica

Rosellinia pepo y *R. bunodes* se presentan en zonas tropicales en América Central y del Sur, África Occidental, Indias Occidentales y Asia. La distribución de *R. pepo* es probablemente más restringida que la de *R. bunodes* (Waterston 1941, Saccas 1956, Sivanesan y Holliday 1972, Holliday 1980). Para más información consulte también <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/> y el Compendio de Protección de Cultivos de CABI (<http://www.cabi.org/cpc/>).

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., *Erythrina* spp., y *Populus deltoides* entre otros (Waterston 1941, Saccas 1956, Booth y Holliday 1972, Sivanesan y Holliday 1972, Aranzazu et al. 1999, Ten Hoopen y Krauss 2006, Kleina et al., 2018). Muchas de estas plantas hospedantes están a menudo asociadas con cacao.

8.7.5 Biología

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

Los puntos iniciales de infección a menudo están asociados con árboles de 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, FEDECACA)



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, UK. <https://doi.org/10.1079/DFB/20056400354>
- Holliday P. 1980. *Fungus diseases of tropical crops*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 6070pp.
- Kleina HT, dos Santos AF, Silveira Duarte HS, Machado EB. (2018) Physiological characterization of *Rosellinia bunodes* and Symptomatology of *Rosellinia* root rot in Poplar Seedlings. Rev. Árvore 42 (1) <https://doi.org/10.1590/1806-90882018000100011>
- López S, Fernández O. 1966. Llagas radicales negra (*Rosellinia bunodes*) y estrellada (*Rosellinia pepo*) del cafeto. II. Efecto de la humedad y pH del suelo en el desarrollo micelial e infección. Cenicafé 17:61-69.
- Mendoza RA. 2000. Aislamiento selectivo y pretamizado en bioensayos de micoparásitos contra *Rosellinia* spp. 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. *Biological Control* 27:210-227. [https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(03\)00014-8](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(03)00014-8)
- 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, UK. <https://doi.org/10.1079/DFB/20056400351>
- Ten Hoopen GM, Krauss U. 2006. Biology and control of *Rosellinia bunodes*, *Rosellinia necatrix* and *Rosellinia pepo*: a review. *Crop Protection* 25:89-107. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.03.009>
- Waterston JM. 1941. Observations on the parasitism of *Rosellinia pepo* Pat. *Tropical Agriculture* 18:174-184

8.8 Otros patógenos de la fruta y el dosel

Actualizado por Andrews Y. Akrofi¹; Eric Kumi-Asare² and Ishmael Amoako-Atta².

¹C.K. Memorial Lodge, c/o Apirede Calvary Presbyterian Church, P.O. Box 79, Adukrom-Akuapem, Ghana. Email: andrewsakrofi@yahoo.com

²Cocoa Research Institute of Ghana, P.O. Box 8, Akim Tafo, Ghana. Email: cocoaresearch@gmail.com

Introducción: Además de las principales enfermedades cubiertas en las secciones anteriores, hay una serie de especies de hongos emergentes que también pueden tener efectos graves en la producción de cacao en brotes locales, particularmente con cambios en las condiciones ambientales debido al calentamiento global y las prácticas de cultivo de cacao. Además, hay una serie de especies con amplia distribución y rangos de huéspedes que pueden asociarse con varios síntomas en el cacao, como muerte regresiva, agallas y canchales, aunque en algunos casos no está claro si se trata de patógenos oportunistas que ingresan a través de heridas existentes, latentes. infecciones o cepas patógenas de especies endófitas. A continuación se proporciona una breve descripción de algunos de los organismos causales, pero se pueden encontrar más detalles en Akrofi et al. (2016).

Referencia general

Akrofi AY, Amoako-Atta I, Acheampong K, Assuah MK, Melnick RL. 2016. Fruit and Canopy Pathogens of Unknown Potential Risk. In B. A. Bailey & L. W. Meinhardt (Eds.), *Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters*. Springer International Publishing. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-24789-2>

8.8.1. Enfermedad rosada

Erythricium salmonicolor (Berk. & Broome) Burdsall (Syn. *Corticium salmonicolor* Berk. & Broome) (syn. *Phanerochaete salmonicolor* Berk. & Broome, Julich). Conocido como “maladie rose” en francés y “mal rosado” en español y portugués.

8.8.1.1. Plantas hospedantes

Se encuentran en muchas especies de plantas, incluidos cultivos como caucho, té, café, cítricos, mango y kola, cultivos de cobertura como *Cajanus cajan*, *Crotolaria* y árboles de sombra como *Leucaena* y *Gliricidia* (Smith, 1985; Wood y Lass, 1985).), eucalipto (Seth et al. 1978).

8.8.1.2 Distribución geográfica

Ampliamente distribuido (informado sobre cacao en Brasil, Colombia, Ghana, Nigeria, Malasia, Papúa Nueva Guinea, Samoa Occidental y Trinidad). Aunque se informó por primera vez en Ghana como una enfermedad menor en 1962, parece que se está propagando y está emergiendo como una enfermedad importante del cacao (Akrofi et al. 2014, 2016) con varias cepas genéticamente distintas reportadas (Kwarteng et al, 2018).

8.8.1.3. Síntomas

La enfermedad se presenta como un micelio blanco escaso (hilos) en forma de telarañas sobre la corteza, que se extiende principalmente a lo largo de la parte inferior de la rama. Aparecen pústulas de color blanco rosado a través de grietas en la corteza ya través de aberturas naturales, alrededor de 1 a 8 cm por detrás del borde de ataque de la infección. Las hifas penetran en la rama, provocando la muerte de los tejidos distales y, posteriormente, la muerte progresiva de las hojas distales a la infección. Se observa una capa de coloración rosada a naranja de los cuerpos fructíferos (conidios) en las ramas infectadas con hojas muertas que permanecen adheridas durante varias semanas. Se han observado cuatro formas distintas de crecimiento en la corteza de los árboles infectados: etapa de telaraña con micelio vegetativo blanco/rosa claro que puede pasarse por alto fácilmente cuando la corteza está húmeda (Fig. 8.8.1a), incrustaciones/pústulas de rosa a salmón en cualquier parte de la rama (Fig. 8.8.1b), pústulas cremosas que son más conspicuas en la parte inferior de las ramas infectadas (Fig. 8.8.1c) y cuerpos fructíferos anaranjados que se desarrollan a partir de las pústulas cremosas en tallos infectados moribundos (Fig. 8.8.1d). A esto le sigue la muerte regresiva en las ramas infectadas con hojas muertas colgando (Fig. 8.8.1e). Todas las formas de crecimiento se pueden encontrar juntas en la corteza enferma al mismo tiempo, pero las más conspicuas y distintivas son las incrustaciones de color rosa salmón formadas por los cuerpos fructíferos de las hifas en las ramas y tallos del árbol (Akrofi et al., 2016).

8.8.1.4. Biología

El hongo puede diseminarse por medio de basidiosporas (ampliamente elipsoidales con un ápice prominente) que se producen en el basidioma en la costra rosa/naranja que se encuentra principalmente en la parte inferior de las ramas infectadas. Las basidiosporas se liberan poco después de la lluvia y deben asentarse en la corteza marrón húmeda para una germinación y penetración exitosas. El hongo también se

puede propagar a partir de conidias producidas por las pústulas anaranjadas/rojas. Estos pueden permanecer viables durante aproximadamente 20 días en condiciones secas, pero se requiere una alta humedad para la germinación. La mayoría de las esporas se propagan por el viento, las salpicaduras de lluvia, las hormigas y otros insectos, aunque se ha sugerido que la distribución discontinua de la enfermedad en las granjas de Ghana podría ser el resultado de la participación humana (Akrofi et al 2014; Kwarteng et al, 2018).

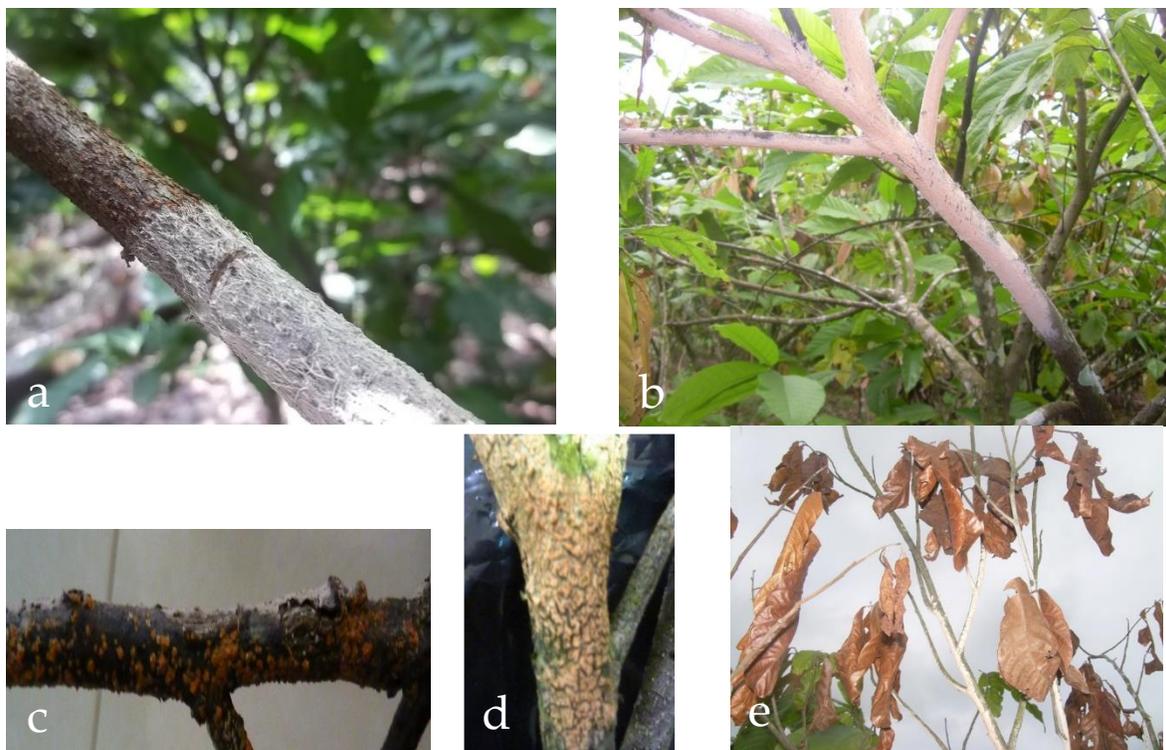


Fig. 8.8.1 Síntomas de la enfermedad rosada en el cacao: (a) micelio vegetativo blanco/rosado claro que puede pasarse por alto fácilmente cuando la corteza está húmeda; (b) incrustaciones/pústulas de color rosa a salmón en la rama; (c) pústulas cremosas que son más conspicuas en la parte inferior de las ramas infectadas; (d) cuerpos fructíferos anaranjados que se desarrollan a partir de las pústulas cremosas en tallos infectados moribundos y (e) muerte regresiva en ramas infectadas con hojas muertas colgando (Fuente: Andrews Akrofi).

8.8.1.5. Medidas de cuarentena

Las siguientes partes podrían portar la enfermedad:

- Troncos/ramas/tallos/brotes jóvenes
- hojas

Partes de la planta que es poco probable que transmitan la enfermedad:

- Vainas
- No se ha demostrado que las semillas transmitan la enfermedad

No se ha demostrado que el patógeno sea transmitido por semillas, pero los conidios pueden sobrevivir durante 20 días en brotes y ramas. Cuando se requiera material clonal, debe suministrarse como yemas de áreas libres de enfermedades cuando sea posible. Al obtener injertos de plantas que crecen en un área infestada, se debe tener cuidado de que el árbol que proporciona los injertos y todos sus vecinos no muestren síntomas de la enfermedad. Se ha demostrado que una variedad de fungicidas, incluidas las formulaciones de cobre, muestran actividad contra *E. salmonicolor* y deben usarse como inmersión fungicida para injertos.

8.8.1.6. References

- Akrofi AY, Amoako-Atta I, Assuah M, Kumi-Asare E. 2014. Pink disease caused by *Erythricium salmonicolor* (Berk. & Broome) Burdsall: An epidemiological assessment of its potential effect on cocoa production in Ghana. *Journal of Plant Pathology & Microbiology* 5: 215. <https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000215>
- Akrofi AY, Amoako-Atta I, Acheampong K, Assuah MK, Melnick RL. 2016. Fruit and Canopy Pathogens of Unknown Potential Risk. In BA Bailey & LW Meinhardt (Eds.), *Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters*. Springer International Publishing. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-24789-2>
- Kwarteng FG, Cornelius E, Acquah KK, Asare EK. 2018. Morphological and Molecular Identification of the Fungus Associated with Pink Disease of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) in the Eastern Region of Ghana. *International Journal of Pathogen Research* 1(1): 1–8. <https://doi.org/10.9734/ijpr/2018/v1i11161>
- Seth SK, Bakshi BK, Reddy MAR, Singh S. 1978. Pink disease of Eucalyptus in India. *European Journal of Forest Pathology* 84: 200-216. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.1978.tb00628.x>
- Smith ESC. 1985. A review of the relationship between shade types and cocoa pests and disease problems in Papua New Guinea. *Papua New Guinea Journal of Agriculture, Forest and Fisheries* 33 (3-4): 77-78.
- Wood GAR, Lass RA. 1985. *Cocoa*. Tropical Agricultural Series (4th Ed., 620pp). London, Longman.

8.8.2. Antracnosis del Cacao

Especies como *Colletotrichum theobromicola* y *C. siamense*, dentro del complejo *Colletotrichum gloeosporioides* y *C. aeschynomenes* se han asociado con la enfermedad de *Colletotrichum* del cacao. Aunque algunas especies de *Colletotrichum* causan enfermedades, algunas como *C. tropicale* son los principales hongos endófitos foliares en plantas de cacao sanas y tienen un uso potencial como agentes de control biológico debido a su capacidad para reducir la incidencia de enfermedades.

8.8.2.1. Plantas Hospedantes

Las especies de *Colletotrichum* causan antracnosis en muchos cultivos, incluidos mango, aguacate, almendra y maracuyá (Freeman et al. 1996; Nelson 2008; Anaruma

et al. 2010). Se ha informado que *C. gloeosporioides*, un complejo de especies de *Colletotrichum* que incluye a *C. theobromicola* (Roljas et al. 2010) y *C. siamense*, causa la enfermedad de antracnosis del cacao (Suryanto et al. 2014, James et al. 2014, Asare et al. 2021). *C. aeschynomenes* fue responsable de un informe reciente de la enfermedad de antracnosis del cacao en Brasil (Nascimento et al. 2019).

8.8.2.2. Distribución geográfica:

La enfermedad de *Colletotrichum* está ampliamente distribuida y se informa que es de particular preocupación para las áreas donde se cultiva la variedad susceptible "Porcelana" en áreas de América del Sur, en algunas regiones productoras de cacao de la India, Malasia, Brasil y recientemente en Ghana (referencias citadas en Akrofi et al. 2014, Akrofi et al. 2016, Asare et al. 2021).

8.8.2.3. Síntomas

Los síntomas foliares (observados particularmente en las hojas jóvenes expuestas a altos niveles de luz) incluyen lesiones necróticas marrones rodeadas por un halo amarillo clorótico. En infecciones graves, se pueden arruinar grandes áreas de las hojas y esto puede provocar la defoliación y la muerte regresiva de las ramas (Fig. 8.8.2A). En las mazorcas de cacao, el patógeno causa lesiones de color marrón suave cubiertas con masas de esporas anaranjadas o acérvulos, a menudo en anillos concéntricos. (Figura 8.8.2 B).



Figura 8.8.2. Síntomas de antracnosis que muestran lesiones de color marrón oscuro en hojas de cacao (A) y vainas de cacao cubiertas con masas de esporas anaranjadas o acérvulos en anillos concéntricos (B) (Fuente: Eric Kumi Asare, CRIG, Ghana).

8.8.2.4. Biología y Propagación

Colletotrichum infecta las plantas mediante la germinación de conidios y la formación de apresorios con los que el patógeno penetra en los tejidos del huésped (Zakaria

2021). Las esporas se producen en las lesiones del tallo y frutos cuando las condiciones ambientales son húmedas. Las esporas son diseminadas por el viento, agua de lluvia o riego, insectos y herramientas. La infección del follaje ocurre durante la temporada de lluvias, a menudo a través de heridas causadas por insectos. La enfermedad se puede controlar usando fitosanitarios efectivos. Se ha demostrado que varios fungicidas, incluidas las formulaciones a base de cobre, son efectivos.

8.8.2.5. Medidas para la cuarentena

Las siguientes partes podrían portar la enfermedad:

- troncos/ramas/tallos/brotos jóvenes
- hojas
- vainas

Partes de la planta que es poco probable que transmitan la enfermedad:

- No se ha demostrado que las semillas transmitan la enfermedad

Cuando se requiera material clonal, debe suministrarse como yemas de áreas libres de enfermedades cuando sea posible. Al obtener injertos de plantas que crecen en un área infestada, se debe tener cuidado de que el árbol que proporciona los injertos y todos sus vecinos no muestren síntomas de la enfermedad. Se ha demostrado que una variedad de fungicidas, incluidas las formulaciones de cobre, muestran actividad contra *Colletotrichum spp.* y la inmersión en fungicida de cobre podría usarse como tratamiento de yemas.

8.8.2.6. References

- Akrofi AY, Amoako-Atta I, Acheampong K, Assuah MK, Melnick RL. 2016. Fruit and Canopy Pathogens of Unknown Potential Risk. In B. A. Bailey & L. W. Meinhardt (Eds.), *Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_11
- Anaruma AD, Schmidt FL, Duarte MCT, Figueira GM, Delarmelina C, Benato EA, Sartoratto A. 2010. Control of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. in yellow passion fruit using *Cymbopogon citratus* essential oil. *Brazilian Journal of Microbiology* 41: 66–73. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822010000100012>
- Asare EK, Domfeh O, Avicor SW, Pobee P, Bukari Y, Amoako-Attah I. 2021. *Colletotrichum gloeosporioides s.l.* causes an outbreak of anthracnose of cacao in Ghana. *South African Journal of Plant and Soil* 38(2): 107–11. <https://doi.org/10.1080/02571862.2020.1863485>
- Freeman S, Katan T, Shabi E. 1996. Characterization of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates from avocado and almond fruits with molecular and pathogenicity tests. *Applied and Environmental Microbiology* 62: 1014–1020. <https://doi.org/10.1128/aem.62.3.1014-1020.1996>
- James RS, Ray J, Tan YP, Shivas RG. 2014. *Colletotrichum siamense*, *C. theobromicola* and *C. queenslandicum* from several plant species and the identification of *C. asianum* in the Northern Territory, Australia. *Australasian Plant Disease Notes* 9: 1–6. <https://doi.org/10.1007/s13314-014-0138-x>
- Nascimento AD, Lima MO, Feijó FM, Júnior JH, Sobrinho RR, Assunção IP, Lima GSA. 2019. First report of *Colletotrichum aeschynomenes* causing anthracnose in cacao (*Theobroma cacao*) in Brazil. *Plant Disease* 103: 3284. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-18-2047-PDN>

- Nelson SC. 2008. Mango anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). *Plant Disease* 48: 1–9.
- Rojas EI, Rehner SA, Samuels GJ, Van Bael SA, Herre EA, Cannon P. 2010. *Colletotrichum gloeosporioides* s.l. associated with *Theobroma cacao* L. and other plants in Panamá: multilocus phylogenies distinguish host-associated pathogens from asymptomatic endophytes. *Mycologia* 102: 1318–1338. <https://doi.org/10.3852/09-244>
- Suryanto D, Wahyuni S, Siregar EBM, Munir E. 2014. Utilization of chitinolytic bacterial isolates to control anthracnose of cacao leaf caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. *African Journal of Biotechnology* 13: 1631–1637. <https://doi.org/10.5897/AJB11.3687>
- Zakaria L. 2021. Diversity of *Colletotrichum* species associated with anthracnose disease in tropical fruit crops—A Review. *Agriculture* 11: 297. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040297>

8.8.3. Lasiodiplodia Pod Rot, Cojín Gall y Dieback enfermedades

Lasiodiplodia theobromae (syn. *Botryodiplodia theobromae* (Pat.) Griff. y Maubl), el estado asexual del hongo *Botryosphaeria rhodina*. También conocido como Charcoal Pod Rot, Diplodia rot, “Pourriture Noire”, “Podredumbre de carbon”. En las enfermedades de agallas en cojín y muerte regresiva, las especies de *Lasiodiplodia* se encuentran a menudo junto con otras especies como *Fusarium decemcellae* y otras especies de *Fusarium*.

8.8.3.1. Plantas hospedantes

Extendido y conocido por causar diversas enfermedades en una variedad de cultivos de árboles tropicales y subtropicales, incluidos el mango, el marañón, la *Jatropha podagrica* y cultivos alimentarios como el ñame y el banano/plátano.

8.8.3.2. Distribución geográfica

La pudrición de la vaina del cacao por *Lasiodiplodia* se ha informado en áreas de África occidental, incluidos Camerún, Nigeria y Ghana (referencias citadas en Akrofi et al. 2016), Bangladesh (Shamim et al. 2010) y también se ha informado como una limitación para la producción de cacao. en India (Kannan y Priya 2010) y en Filipinas (Alvinda 2017).

8.8.3.3. Síntomas y Biología

Pod infection is usually via wounds caused by insects or other pests but the infection of undamaged pods in Hawaii has recently been reported (Puig et al. 2021). El primer síntoma es una lesión marrón que eventualmente se vuelve negra. Estas lesiones producen copiosas conidias negras que hacen que la vaina parezca cubierta con polvo de hollín (Fig. 8.8.3). Las esporas se dispersan fácilmente con el viento.

L. theobromae, junto con las especies de *Fusarium*, están asociadas con la enfermedad de muerte regresiva por la cual las hojas en las ramitas exteriores se vuelven amarillas, luego se secan pero permanecen adheridas a las ramitas durante varias semanas. Los hongos infectan los tallos a través de las heridas de alimentación de los mirdos y los cortes de poda y crecen sistémicamente extendiéndose desde la ramita hasta la rama

principal. En casos severos, la infección se extiende al tronco y eventualmente puede resultar en la muerte del árbol. Los tallos y ramas infectados muestran decoloración interna con rayas marrones en los tejidos vasculares. También se han informado exudados blancos y amarillentos de troncos infectados (gomosis). Estos síntomas se asemejan a los de otras enfermedades y se especula sobre las asociaciones de *L. theobromae* con otros patógenos del cacao, como el cancro causado por especies de *Phytophthora* (Jaiyeola et al. 2014) y la muerte regresiva de la estría vascular (VSD, por sus siglas en inglés) (Alvindia y Gallema 2017, McMahon y Purwantara 2016) (referencias citadas en Ali et al. 2019). *L. theobromae* también se ha aislado de agallas en cojín en Cuba (Pérez et al. 2012) y Venezuela (Castillo et al 2016). En este último estudio, se demostró que las cepas patógenas de *L. theobromae*, junto con las cepas de *Fusarium decemcellulare*, son capaces de inducir agallas en las plántulas de cacao. También se han informado variaciones genéticas y diferencias en la patogenicidad de cepas de *L. theobromae* (y en algunos casos de *L. pseudotheobromae*) en aislamientos de Ghana, India, Indonesia, Filipinas y Puerto Rico (Adu-Acheampong 2009, Ali et al. 2019)., Castillo et al. 2016, Puig et al. 2021).



Fig. 8.8.3 Vaina de cacao que muestra los típicos conidios negros que hacen que la vaina parezca cubierta con un polvo de hollín (Fuente: Eric Kumi Asare, CRIG).

8.8.3.5. Medidas para la cuarentena

Las siguientes partes podrían portar la enfermedad:

- troncos/ramas/tallos
- hojas
- vainas

- raíces

Partes de la planta que es poco probable que transmitan la enfermedad:

- No se ha demostrado que las semillas transmitan la enfermedad

Cuando se requiera material clonal, debe suministrarse como yemas de áreas libres de enfermedades cuando sea posible. Al obtener injertos de plantas que crecen en un área infestada, se debe tener cuidado de que el árbol que proporciona los injertos y todos sus vecinos no muestren síntomas de la enfermedad.

8.8.3.5. Referencias y lectura adicional

- Adu-Acheampong R. 2009. Pathogen diversity and host resistance in dieback disease of cocoa caused by *Fusarium decemcellulare* and *Lasiodiplodia theobromae* (Issue Dic) [Imperial College of Science, Technology and Medicine, London]. <http://eprints.imperial.ac.uk/bitstream/10044/1/4670/1/Adu-Acheampong-RK-2009-PhD-Thesis.pdf>
- Ali SS, Asman A, Shao J, Balidion JF, Strem M, Puig AS, Meinhardt LW, Bailey BA. 2019. Genome and transcriptome analysis of the latent pathogen *Lasiodiplodia theobromae*, an emerging threat to the cacao industry. *Genome*, gen-2019-0112. <https://doi.org/10.1139/gen-2019-0112>.
- Alvinda DG, Gallema FLM. 2017. *Lasiodiplodia theobromae* causes vascular streak dieback (VSD)-like symptoms of cacao in Davao Region., Philippines. *Australasian Plant Disease Notes* 12:54. <https://doi.org/10.1007/s13314-017-0279-9>
- Castillo DS, del Parra D, Noceda C, Pérez-Martínez S. 2016. Co-occurrence of pathogenic and non-pathogenic *Fusarium decemcellulare* and *Lasiodiplodia theobromae* isolates in cushion galls disease of cacao (*Theobroma cacao* L.). *Journal of Plant Protection Research* 56(2): 129–138. <https://doi.org/10.1515/jppr-2016-0020>
- Chaithra M, Vanitha S, Ramanathan A, Jegadeeshwari V, Rajesh V, Hegde V, Apshara, ES. (2020). Morphological and Molecular Characterization of Endophytic Fungi Associated with Cocoa (*Theobroma cacao* L.) in India. *Current Journal of Applied Science and Technology* 1–8. <https://doi.org/10.9734/cjast/2019/v38i630447>
- Jaiyeola I, Akinrinlola RJ, Ige GS, Omoleye OO, Oyedele A, Odunayo BJ. 2014. Bot. canker pathogens could complicate the management of *Phytophthora* black pod of cocoa. *African J. Microbiol. Res.* 8: 3094-3100. Kannan, C and Priya, M.K.K. (2010). *Lasiodiplodia theobromae* causes a damaging dieback of cocoa in India. *Plant Pathology* 59(2): 410. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2009.02192.x>
- Mbenoun M, Zeutsa EHM, Samuels GJ, Amougou FN, Nyassé S. 2008. Dieback due to *Lasiodiplodia theobromae*, a new constraint to cocoa production in Cameroon. *Plant Pathology* 57(2): 381. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01755.x>
- McMahon P, Purwantara A. 2016. Vascular streak dieback (*Ceratobasidium theobromae*, history and biology. In *Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters*. Edited by B. A. Bailey and L.W. Meinhardt. Springer International Publishing, New York, N.Y. pp. 307-335.
- Puig AS, Keith LM, Matsumoto TK, Gutierrez OA, Marelli JP. 2021. Virulence tests of *Neofusicoccum parvum*, *Lasiodiplodia theobromae*, and *Phytophthora palmivora* on *Theobroma cacao*. *European Journal of Plant Pathology* 159: 851-862. <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02210-1>
- Shamsi S. Naher N, Momtaz S. 2010. First report of *Lasiodiplodia* pod rot disease of cacao (*Theobroma cacao* L.) from Bangladesh. *Bangladesh Journal of Plant Pathology* 26 (No.1/2): 81-82.

8.8.4. Tizón del hilo

Cuatro especies de *Marasmiellus* distinguidas de cinco morfotipos (basados en la forma y color únicos de las hebras de micelio, presencia y ausencia de rizomorfos en condiciones de campo y estructuras de fructificación), secuencias de genes ITS, LSU y mtSSU han sido reportadas en cacao (Amoako-Atta et al. 2020). Estas especies son: (a) *Marasmius crinis-equi* (F. Muell. ex Berk) Dennis (negro, hebras de micelio tipo “pelo de caballo”); (b) *Marasmius tenuissimus* (Jungh.) Singer (hebras de micelio marrón); (c) *Marasmiellus palmivorus* Sharples (hebras de micelio de color blanquecino a blanco pardusco) y (d) *Marasmiellus scandens* Masee (hebras de micelio de color crema tenue o blanco opaco).

8.8.4.1. Plantas hospedantes

Se encuentra en muchos cultivos tropicales, como banano, plátano, taro, ñame, cocoyam, coco, maíz, piña, jengibre, té, caucho y café (Dechassa, 2019; Nelson y Javier, 2001; Dutta y Archaya, 2018; Farr y Rossman, 2017); palma aceitera, coco (Pong et al. 2012, Amoako Atta et al. 2020).

8.8.4.2. Distribución geográfica

Distribución global y es particularmente común en las regiones tropicales húmedas. Está ampliamente distribuido en Brasil y las Indias Occidentales, y partes de América Central (Barros 1981, Ceresini et al. 2012), Ecuador, Perú, Belice y Surinam (Koch et al. 2018). Ghana, Papúa Nueva Guinea, Brasil, Trinidad y Tobago, India, Malasia (Amoako-Atta et al. 2020).

8.8.4.3. Síntomas y biología

El hongo crece como una red de hebras secas en forma de telaraña (rizomorfos), principalmente en pecíolos y en la superficie inferior de hojas y ramas, y puede ser predominantemente de color negro (hilo negro) (Fig. 8.8.4A) o blanco. en color (hilo blanco) (Fig. 8.8.4B). Las hebras, de hasta 2 mm de espesor, siempre se ramifican desde los pecíolos hacia las láminas de las hojas y luego se esparcen en numerosas hebras finas (1-4 μm). Estas finas hebras inician una necrosis de color marrón oscuro y, más tarde, toda la hoja se seca y se vuelve parecida al papel. Las hojas marchitas son distintivamente de color marrón a marrón oscuro y estas hojas se adhieren entre sí y permanecen suspendidas por las hebras del árbol (Fig. 8.8.4C) (Opoku et al. 2007, Amoako-Atta et al. 2016). En árboles severamente infectados, la gruesa masa de hojas muertas suspendidas en el dosel (Fig. 8.8.4D) obstruye nuevos flujos y crea un ambiente favorable para plagas y enfermedades como el desarrollo de la pudrición por *Phytophthora* (David 2005).

Las hojas muertas y las ramas con micelio son la principal fuente de inóculo y se propagan por el viento, la lluvia, los insectos, los pájaros que anidan y las actividades humanas (César et al. 2018). En ciertos puntos del crecimiento del micelio, el hongo forma grupos de hifas de forma irregular, de forma cóncava (1-3 mm de alto y 2-8 mm

de ancho) en los bordes de las hojas o en las nervaduras (Fig.8.8.4E). Los grupos sirven como estructuras de supervivencia, pero no como cuerpos fructíferos, y ocurren tanto en hojas vivas como muertas, pero rara vez en ramas. Los grumos absorben la humedad fácilmente y se vuelven pegajosos en condiciones de campo, lo que les permite adherirse a las hojas y ramas sanas del huésped para iniciar nuevas infecciones en 24 horas. Los hongos, por lo general, crecen más rápido en las ramas (4,9 – 49,7 mm/día) que en las hojas (0 – 37,6 mm/día). La enfermedad puede alcanzar proporciones epidémicas cuando prevalecen temperaturas cálidas, alta humedad, sombra y ramas colgantes.



Figura 8.8.4. Signos y síntomas de la enfermedad del tizón del hilo en las hojas de cacao: A: Hebras de hifas patógenas de hilo negro en la rama de cacao; B: Hebras de hifas patógenas de hilo blanco en rama de cacao; C: rizomorfos blancos del patógeno de hilo blanco en la superficie de la hoja infectada desprendida y colgante; D: Masa de hojas muertas desprendidas y colgando en el dosel y E: Grupos de hifas en el margen de la hoja (Fuente: Ishmael Amoako-Atta & Eric Kumi-Asare, CRIG).

8.8.4.4. Medidas para la cuarentena

Las siguientes partes podrían portar la enfermedad:

- Troncos/ramas/tallos
- hojas

Partes de la planta con pocas probabilidades de portar la enfermedad.

- Vainas

- Semillas

Cuando se requiera material clonal, debe suministrarse como yemas de áreas libres de enfermedades cuando sea posible. Al obtener injertos de plantas que crecen en un área infestada, se debe tener cuidado de que el árbol que proporciona los injertos y todos sus vecinos no muestren síntomas de la enfermedad. Se ha demostrado que una variedad de fungicidas, incluidas las formulaciones de cobre y cobre-mefenoxam, muestran actividad contra el hongo del tizón de la hoja. El tratamiento con fungicidas reduciría el inóculo y limitaría considerablemente las posibilidades de una introducción no deseada.

8.8.4.5. Referencias

- Amoako-Atta I, Akrofi AY, Bin-Hakeem R, Asamoah M, Kumi-Asare E. 2016. White thread blight disease caused by *Marasmiellus scandens* (Masse) Dennis & Reid on cocoa and its control in Ghana. *African Journal of Agricultural Research* 11 (50): 5064-5070.
- Amoako-Attah I, Ali, SS, Aime MC, Odamtten GT, Cornelius E, Nyaku ST, Asare EK, Yahaya B, Bailey B. 2020. Identification and characterization of fungi causing thread blight diseases on cacao in Ghana. *Plant Disease* 104(11): 3033-3042 <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-20-0565-RE>
- Barros NO. 1981. Cacao. Manual de Asistencia Técnica, Vol. 23. Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá, Colombia.
- Ceresini PC, Costa-Souza E, Zala M, Furtado EL and Souza NL. 2012. Evidence that the *Cerotobasidium*-like white blight and black rot fungal pathogens from persimmon and tea crops in the Brazilian Atlantic Forest agroecosystem are two distinct phylopecies. *Genet. Mol. Biol.* 35:480-497. <https://doi.org/10.1590/s1415-47572012005000032>
- César E, Bandala VM, Montoya L, Ramos A. 2018. A new *Gymnopus* species with rhizomorphs and its record as nesting material by birds (Tyrannidae) in the subtropical cloud forest for Eastern Mexico. *MycKeys* 42: 21-34. <https://mycokeys.pensoft.net/article/28894/>
- David S. 2005. Learning About Sustainable Cocoa Production. A Guide for Participatory Farmer Training. I. Intergrated Crop and Pest Management Sustainable Tree Crop Program. IITA, Yaoundé, Camerroun.
- Dechassa N. 2019. Occurrence, distribution, biology and management of coffee thread blight (*Corticium koleroga* (Cke) Hoehnel): A review. *J. Environ. Earth Sci.* 9 (2).
- Dutta AK, Acharya K. 2018. A new host of for the parasitic macrofungus *Marasmius palmivorus* Sharples (Maramiaceae). *Curr. Sci.* 114:1400-1407.
- Farr DF, Rossman A.Y. 2017. Fungal Databases, U.S. National Fungal Collections, ARS, USDA. Retrieved 20th July, 2021, from <https://nt.ars-gov.grin.gov/fungaldatabases>.
- Koch RA, Lodge DJ, Sourell S, Nakasone K, McCoy AG, Aime MC. 2018. Tying up loose threads: Revised taxonomy and phylogeny of an avian-dispersed neotropical rhizomorph-forming fungus. *Mycol. Prog.* 17: 989-998.
- Kusunoki M, Kawabe Y, Ikeda T, Aosh K. 1997. Role of birds in dissemination of the thread blight disease caused by *Cylindrobasidium argenteum*. *Mycoscience* 38: 1-5
- Nelson SC, Javier B. 2001. Report document on diagnosis of banana, yam and other diseases in Pohnpei. No. 20 (Second Update, August 2014). College of Micronesia, Kolonia, Pohnpei, Federated States of Micronesia.
- Opoku IY, Assuah MK, Domfeh O. 2007. Manual for the identification and control of diseases of cocoa. CRIG

Technical Bulletin No.16, Akim-Tafo, Ghana.

Pong VM, Zainal, Abidin MA, Al-maliky BSA., Kadir J, Wong MY. 2012. Isolation, fruiting and pathogenicity of *Marasmiellus palmivorus* Sharples Desjardin (comb. prov.) in oil palm plantations in West Malaysia. *Pertanika. Journal of Tropical Science* 35:37-48.

8.8.5. Pudrición de la vaina de *Trachysphaera*: *Trachysphaera fructigena*

8.8.5.1. Plantas hospedantes

Causa pudrición de frutos de cacao, café, banano y aguacate (Asare-Nyako and Dakwa, 1974; Akrofi et al., 2016).

8.8.5.2. Distribución geográfica

Distribución limitada pero común en países de África occidental y central (Reino Unido, CAB International (1988)).

8.8.5.3. Síntomas y biología

El hongo infecta el tejido herido de la vaina que surge del daño causado por humanos, insectos, roedores y aves (Opoku et al., 2007) y causa lesiones marrones que se extienden en las vainas maduras. En la superficie de las lesiones se producen masas conidiales blancas densas que luego se vuelven de color marrón rosado (Fig.8.8.5). Los conidios tienen una apariencia harinosa y se sienten ásperos cuando se frota entre los dedos debido a las equinulaciones en las paredes conidiales (Asare-Nyako y Dakwa, 1974). Los síntomas en las mazorcas de cacao son similares a los causados por *Phytophthora* (vaina negra), pero a diferencia de las esporas de *Phytophthora*, las conidias de *Trachysphaera fructigena* pueden ser arrastradas por el viento.

8.8.5.4. Medidas de cuarentena

Las siguientes partes podrían portar la enfermedad:

- Vainas

Partes de la planta con pocas probabilidades de portar la enfermedad.

- Troncos/ramas/tallos
- Hojas

La enfermedad de la vaina harinosa en el cacao causada por *Trachysphaera fructigena* es un componente insignificante de las enfermedades de la vaina. Cuando se requiera material clonal, debe suministrarse como yemas de áreas libres de enfermedades cuando sea posible. Al obtener injertos de plantas que crecen en un área infestada, se debe tener cuidado de que el árbol que proporciona los injertos y todos sus vecinos no muestren síntomas de la enfermedad. Se ha demostrado que los fungicidas a base de cobre muestran actividad contra el hongo.

8.8.5.5. Referencias

- Akrofi AY, Amoako-Atta I, Acheampong K, Assuah MK, Melnick RL. 2016. Fruit and Canopy Pathogens of Unknown Potential Risk. In B. A. Bailey & L. W. Meinhardt (Eds.), *Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters*. Springer International Publishing. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-24789-2>
- Asare-Nyako A, Dakwa JT. 1974. Mealy pod of cocoa (*Trachysphaera fructigena* Tabor and Bunting). In: Gregory, P.H ed. *Phytophthora diseases of cocoa*. London, UK: Longman, 266-272.
- Opoku IY, Assuah MK, Domfeh O. 2007. Manual for the identification and control of diseases of cocoa. CRIG Technical Bulletin No.16, Akim-Tafo, Ghana.
- UK CAB International 1988. *Trachysphaera fructigena*. [Distribution map]. *Distribution Maps of Plant Diseases*, Wallingford, UK: CAB International .Map 249.



Figure 8.8.5. Mass of white conidia on *Trachysphaera fructigena* infected cacao pod (Source: Andrews Akrofi).

9. Insectos y acaros plaga

Actualizado por Colin Campbell

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

Correo electrónico: cam_campbell@tiscali.co.uk

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

Las principales insectos plaga del cacao incluyen el barrenador de la mazorca del cacao (ver sección 9.2), miridos (ver secciones 9.5 y 9.6) y chinches harinosos (ver sección 9.8). Sin embargo, otras plagas pueden tener significancia local o se pueden presentar explosiones de población de vez en cuando, lo que requiere de seguimiento de parte de los que participan en cualquier movimiento de germoplasma para minimizar el riesgo de transferir cualquier plaga presente en el material vegetal.

9.1 Recomendaciones generales de cuarentena para insectos y acaros plaga

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

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

9.1.1 Referencias

Bigger M. 2012. Geographical distribution list of insects and mites associated with cocoa, derived from literature published before 2010. Available from URL: https://incocoa.org/docs/MBiggercocoa_insects_Mdly.pdf

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

9.2 Barrenador de la mazorca de cacao (CPB)

Actualizado por Saripah Bakar y Alias Awang

Malaysian Cocoa Board, 5th to 7th Floor, Wisma SEDCO, Lorong Plaza Wawasan, off Coastal Highway, Locked Bag 211, 88999 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia
Email: sari@koko.gov.my

9.2.1 Agente causal

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

9.2.2 Síntomas

Los síntomas de la infestación del barrenador de la mazorca del cacao (CPB), *C. cramerella*, se pueden observar en las mazorcas de cacao, donde las mazorcas inmaduras muestran parches amarillos premadurados. En contraste, las manchas verdes son visibles en las vainas maduras (Fig. 9.2.1). Estos síntomas se deben a que las larvas hacen túneles dentro de la vaina (Bakar et al. 2021). Los agujeros de entrada de las larvas en la superficie de la vaina son apenas visibles a simple vista, pero se pueden detectar al rasurar la cáscara (Fig. 9.2.2). Las larvas se alimentan del mucílago y la placenta, dejando excrementos oscuros y signos de excavación (Fig. 9.2.3). Como toda esta etapa del ciclo de vida tiene lugar dentro de las vainas, las larvas están casi completamente protegidas de cualquier enfoque de control. Las larvas dejan orificios de salida característicos de 1-2 mm de diámetro en las paredes de las vainas (Fig. 9.2.4). Los granos de cacao en vainas infectadas se endurecen y se agrupan (Fig. 9.2.5), lo que dificulta la extracción de la cáscara de la vaina y el mucílago (Lee et al. 2013). Los granos pueden empezar a germinar dentro de las mazorcas que están infestadas cuando éstas están próximas a alcanzar su madurez (Azhar 1986).

9.2.3 Distribución geográfica

El CPB se detectó por primera vez en una plantación de cacao en Sulawesi, Indonesia, en la década de 1860. La plaga se registró en Filipinas en 1936, en Malasia en 1980 y en Papúa Nueva Guinea en 2006 (Saripah & Alias 2016, Yen et al. 2010). En 2011, esta plaga fue reportada en el norte de Queensland, Australia; afortunadamente, la plaga fue erradicada con éxito en Australia. También se encuentra en Sri Lanka, India, Taiwán y Tailandia (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/7017#todistribution>). La CPB sigue siendo la plaga principal en el sudeste asiático y los archipiélagos del Pacífico occidental (Azhar et al. 2000, Iamba y Masu 2020, Niogret et al. 2019, Saripah et al. 2021, Shapiro et al. 2008, Sulistyowati 2015).



Figura 9.2.1. Coloración amarillenta desigual de las vainas inmaduras debido a la infestación del barrenador de la vaina del cacao (Saripah B, Malaysian Cocoa Board)

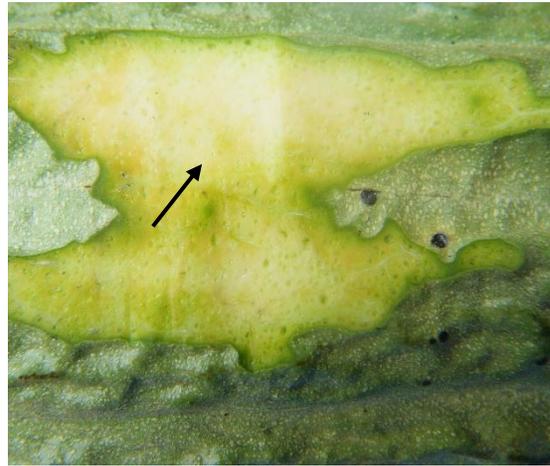


Figura 9.2.2. El orificio de entrada es visible después de que se afeitó la cáscara de la vaina (Saripah B, Malaysian Cocoa Board)



Figura 9.2.3. Galerías de infestación larvaria sobre el mucílago y la cáscara de la vaina (Saripah B, Malaysian Cocoa Board)



Figura 9.2.4. Los orificios de salida en la superficie de la vaina (Saripah B, Malaysian Cocoa Board)



Figura 9.2.5. Granos agrupados en una masa sólida como resultado de la alimentación del barrenador de la mazorca del cacao en un alto nivel de infestación (Saripah B, Malaysian Cocoa Board)



9.2.4 Plantas hospedantes

Se sabe que CPB ataca frutos de la familia Sapindaceae, incluidos *Nephelium lappaceum* (rambután), *Pometia pinnata* (Fijian longan), *Nephelium mutabile* (pulasan) y *Euphoria malaiense*; Familia de leguminosas, *Cynometra cauliflora* (nam-nam), *Cynometra cauliflora*, así como *Cola nitida* y *Lansium domesticum* (langsát) de la familia: Malvaceae (Ooi et al. 1987). Se cree que *N. lappaceum* es el huésped pionero, pero dado que tiene una temporada de fructificación corta (2 a 3 meses), es probable que esto haya resultado en la propagación a los árboles de cacao (Azhar y Long 1993, Posada y Vega 2005, Wardojo 1980). Las especies de Sapindaceae y Leguminosae pueden ser el huésped original de la CPB, ya que el cacao no es autóctono del sudeste asiático. Un estudio reciente demostró preferencias claras de CPB hembra por las mazorcas de cacao en comparación con sus frutos hospedantes nativos (*N. lappaceum*, *P. pinnata* y *L. domesticum*) (Niogret et al. 2020).

9.2.5 Biología

El ciclo de vida de CPB es relativamente corto, aproximadamente de 27 a 33 días, como se ilustra en la Fig. 9.2.6. Las hembras grávidas CPB inician el vuelo al anochecer y buscan vainas de cacao, poniendo sus huevos directamente sobre la cáscara exterior (Niogret et al. 2020). La deposición de huevos puede tener lugar en las vainas en una etapa relativamente temprana de desarrollo (70 mm de longitud), hasta la madurez. Una hembra adulta pone huevos individualmente o en grupos de dos o tres en la superficie de la mazorca de cacao y puede poner de 40 a 100 y hasta 300 huevos durante su etapa de madurez (Lee et al. 2013, Saripah et al. 2021). La preferencia de oviposición de CPB depende de la etapa de desarrollo de la vaina y el comportamiento de puesta de huevos en vainas inmaduras de tamaño completo y vainas demasiado maduras (Niogret et al. 2020). Los huevos recién puestos son de color naranja con una longitud de aproximadamente 0,5-0,6 mm. Los huevos son ovalados, muy aplanados y generalmente los ponen uno a uno cerca de los surcos en la superficie de la vaina. La etapa de huevo dura de 2 a 7 días. Los huevos suelen eclosionar después de unos tres días, cambiando durante la maduración de un color naranja a casi incoloro. Las larvas de primer estadio generalmente hacen un túnel a través de la cáscara del huevo y perforan inmediatamente las paredes de la vaina (Fig. 9.2.7). Dentro de la vaina, las larvas se alimentan durante 14 a 21 días del mucílago, la pulpa, la placenta y, a veces, las testas de los cotiledones. Toda la etapa larval tarda de 14 a 18 días en completarse, con 4 a 6 estadios (Lim et al. 1982). Una vez maduras, las larvas perforan la pared de la vaina (Fig. 9.2.8) y dejan una señal de orificios de salida en la superficie de la vaina. La pre-pupa hará girar el capullo inmediatamente, y la pupación ocurre fuera de la vaina dentro del capullo de seda de forma ovalada en otra parte del dosel, en el surco de la vaina, hojas verdes o secas y otros desechos (Fig. 9.2.9).

Las pupas cambian de color de un verde claro inicial a gris oscuro a medida que maduran. La finalización de la etapa de pupación suele tardar entre 6 y 8 días (Saripah

et al. 2019). Un adulto emerge después de completar las etapas de pupa y, a menudo, descansa transversalmente debajo de las ramas de jorquette, especialmente en áreas sombreadas. 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 suele ser de una semana y, excepcionalmente, de hasta 30 días. Este lepidóptero multivoltino continuará depositando sus huevos, y la mayor cantidad de huevos y orificios de entrada generalmente se registra en longitudes de vaina de más de 150 mm (Saripah 2019).

9.2.6 Medidas de cuarentena

Al transferir la semilla:

1. Las vainas enteras sin abrir con signos de síntomas de CPB, especialmente los orificios de salida y los colores de maduración desiguales en la superficie de la vaina, NO deben enviarse desde áreas infectadas.
2. Cuando se requiera el movimiento de las vainas, deben transferirse en un contenedor con una tapa cerrada, o en un saco de yute o una bolsa de plástico atada y cerrada durante el proceso de transporte.
3. Las semillas debe obtenerse de mazorcas limpias sin señales de penetración de insectos u hongos dentro de la mazorca.
4. 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.

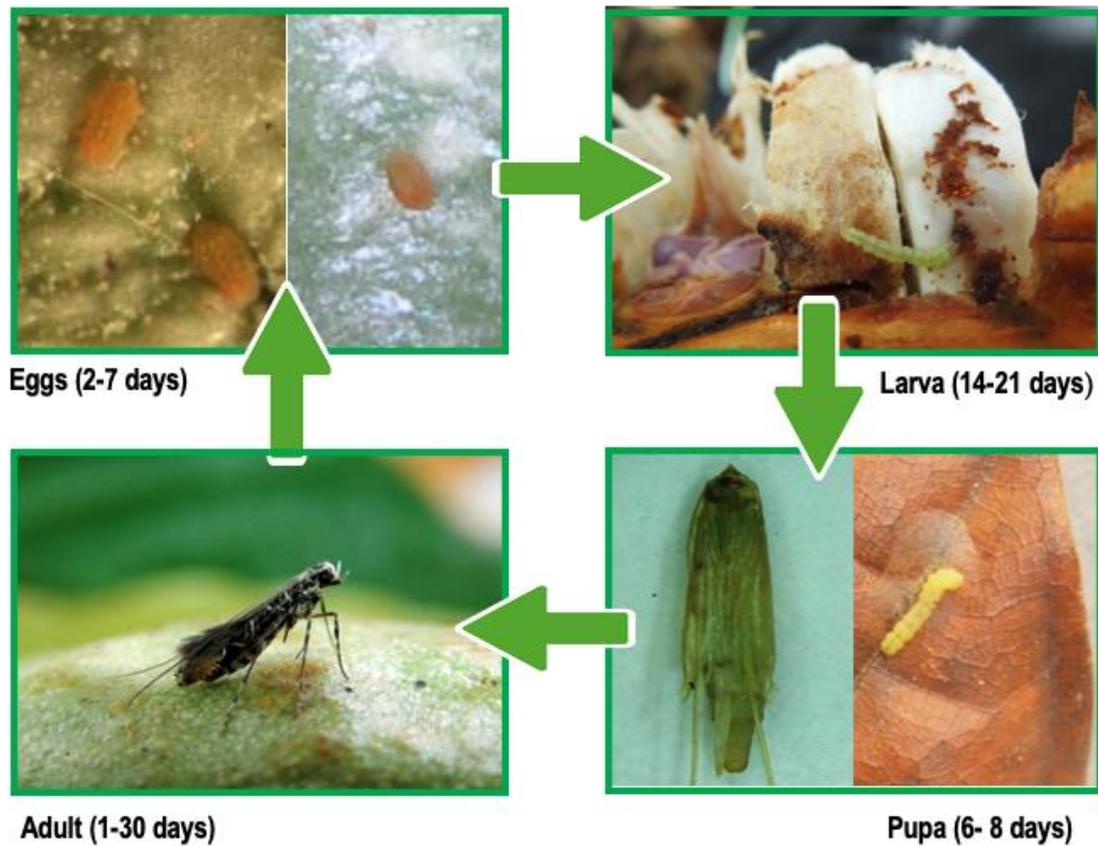


Figure 9.2.6. Ciclo de vida y duración de las etapas de vida del barrenador de la mazorca del cacao. (Saripah B, Malaysian Cocoa Board)



Figura 9.2.7 Larva recién eclosionada del barrenador de la mazorca cavando un túnel en la pared de la mazorca (A Alias, MCB)



Figura 9.2.8 Larva del barrenador de la mazorca emergiendo de su túnel de salida en la pared de la mazorca (A Alias, MCB)



Figura 9.2.9 Pupa del barrenador de la mazorca bajo su capullo de seda en la hojarasca (Saripah B, Malaysian Cocoa Board)

9.2.7 Referencias y lectura adicional

- Azhar I. 1986. A threat of cocoa pod borer (*Conopomorpha cramerella*) infestation to the Malaysian cocoa industry. 1. On the biology and damage. *Teknologi Koko-Kelapa MARDI* 2:53-60 (In Malay with English summary).
- Azhar I, Alias A, Meriam MY. 2000. Research on the management of cocoa pod borer in Malaysia. In Bong C L, Lee CH, Shari FS, editors. Proceedings INCOPED 3rd International Seminar on Cocoa Pests and Diseases. Kota Kinabalu Kota Kinabalu, Sabah: Malaysian Cocoa Board (MCB) and International Permanent Working Group for Cocoa Pests and Diseases (INCOPED). pp 105-113.
- Azhar I, Long GE. 1993. Role of pod shape, color and spatial distribution on egg distribution and egg parasitism of the cocoa pod borer, *Conopomorpha cramerella* (Snellen) (Lepidoptera: Gracillariidae). *MARDI Research Journal* 21:59-70.
- Bakar S, MLatip SNH, Awang A, Zhang A. 2021. Composition of three Zingiberaceae essential oils and their efficacy against the survivability of cocoa pod borer, *Conopomorpha cramerella* (Snellen) eggs. *Journal of Bangladesh Agricultural University* 19(1):22–29. <https://doi.org/10.5455/JBAU.36604>.
- Iamba K, Masu H. 2020. An integrated approach of managing *Conopomorpha cramerella* Snellen: Application of plant extracts in a push-pull system. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 8(6):1040-1046. <https://doi.org/10.22271/j.ento.2020.v8.i6n.7974>
- Lee CH, Kelvin L, Haya R, Navies M, Saripah B, editors. 2013. Cocoa Planting Manual, Sustainable Cocoa. Sabah, Malaysia: Malaysian Cocoa Board.
- Lim GT, Tay EB, Pang TC, Pan KY. 1982. The biology of cocoa pod borer *Acrocercops cramerella* Snellen and its control in Sabah, Malaysia. In Proceedings of International Conference on Plant Protection in the Tropics. Kuala Lumpur: Malaysian Plant Protection Society (MAPPS). pp 257-87.
- Niogret J, Arni Ekayanti, Ingram K, Lambert S, Kendra PE, Alborn H, Nancy D, Epsky ND. 2019. Development and behavioral ecology of *Conopomorpha cramerella* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Florida Entomologist* 102(2): 382-387. <https://doi.org/10.1653/024.102.0214>.
- Niogret J, Arni Ekayanti, Kendra PE, Ingram K, Lambert S, Epsky ND, Marelli JP. 2020. Host preferences of the cocoa pod borer, *Conopomorpha cramerella*, the main threat to cocoa production in Southeast Asia. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 168(3): 221-227. <https://doi.org/10.1111/eea.12882>.
- 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, Malaysia. 192 pp.

- Posada F, Vega FE. 2005. Establishment of the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) as an endophyte in cocoa seedling (*Theobroma cacao*) *Mycologia* 97:1195–1200.
- Saripah B. 2019. Infestations of two major pests of cocoa, *Conopomorpha cramerella* and *Helopeltis* spp. under natural condition. *Pelita Perkebunan* 35(3):186-192.
<https://doi.org/10.22302/iccricri.jur.pelitaperkebunan.v35i3.359>
- Saripah B, Noor Hajjar MLS, Alias A, Zhang A. 2019. Inhibitory effect of Zingiberaceae essential oils against *Conopomorpha cramerella* (Snellen) Lepidoptera: Gracillariidae. *Journal of Bangladesh Agricultural University* 17(3):349-354. <https://doi.org/10.3329/jbau.v17i3.43210>.
- Saripah B, Alias A. 2016. Evaluation of best management practices for cocoa pod borer in cocoa ecosystem. *Malaysian Cocoa Journal* 9(1):108-120.
- Shapiro LH, Scheffer SJ, Maisin N, Lambert S, Purung H, Sulistyowati E, Vega FE, Gende P, Laup S, Rosmana, A, Djam S, Hebban P. 2008. *Conopomorpha cramerella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in the Malay Archipelago: Genetic signature of a bottleneck population? *Annual Entomology Society of America* 101(5):930-938.
- Sulistyowati E. 2015. Hama utama tanaman kakao dan pengendaliannya. In T. Wahyudi, Pujiyanto & Misnawi, editors. *Kakao: Sejarah, Botani, Proses Produksi, Pengolahan, dan Perdagangan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. pp. 307–334.
- Wardojo S (1980). The cocoa pod borer – a major hindrance to cocoa development. *Indonesia Agriculture Research and Development Journal* 2:1–9.
- Yen JDL, Waters EK, Hamilton AJ. 2010. Cocoa pod borer (*Conopomorpha cramerella* Snellen) in Papua New Guinea: Biosecurity models for New Ireland and the autonomous region of Bougainville. *Risk Analysis* 30:293–309. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2009.01297.x>

9.3 Barrenador del fruto del cacao (*Carmanta* spp.)

Actualizado por Colin Campbell¹ y Leila Bagny Beilhe²

¹480 London Road, Ditton, Aylesford, Kent, ME20 6BZ, United Kingdom

Correo electrónico: cam_campbell@tiscali.co.uk

²CIRAD, Campus International de Baillarguet, UMR PHIM TA A-120/K, 34398 Montpellier, France

Correo electrónico: leila.bagny@cirad.fr

9.3.1 Agente causal

Carmanta foraseminis Eichlin y *C. theobromae* (Busck) (Lepidoptera:Sesiidae) del neotrópico son especies morfológicamente similares. Aunque son ligeramente diferentes en tamaño (Delgado Puchi 2005), solo pueden separarse con confianza examinando los genitales masculinos; *C. spp.* near *chrysophanes* (Meyrick) causa daños similares al cacao en Papúa Nueva Guinea (PNG).

9.3.2 Sintomas

El daño causado por *C. foraseminis* en las mazorcas de cacao es similar al causado por el barrenador de la mazorca del cacao (*Conopomorpha cramerella* (Snellen), en el sudeste asiático (Sección 9.2). Los huevos recién puestos son de color marrón rojizo, de forma ovalada alargada (2.4-3,2 x 1,7-2,2 mm) con estrías longitudinales cortas. *Carmanta theobromae* afecta principalmente el epicarpio del fruto por lo que es menos dañina. Los huevos de *C. theobromae* son significativamente más cortos que los *C. foraseminis*

(2,4-3,3 frente a 3,5-3,8 mm de largo). Los orificios de entrada y salida de las larvas son similares en tamaño a los de *C. cramerella* (Sección 9.2) y el daño interno a los frijoles dentro de las vainas también es similar al de esa especie (Fig. 9.3.1). La pupa ocurre dentro de la vaina, los insectos emergen como adultos. En infestaciones severas, alrededor del 60% de las vainas pueden estar infestadas.

9.3.3 Distribución geográfica

Carmenta foraseminis ha sido registrada en cacao en Brasil, Colombia, Panamá, Perú y Venezuela. De manera similar, *C. theobromae* se reporta como una plaga del cacao en Colombia, Panamá, Perú, Trinidad y Venezuela. *Carmenta sp.* también se encuentra en Ecuador.

9.3.4 Plantas hospedantes

Se han encontrado larvas de *C. foraseminis* en frutos de *Eschweilera spp.* y *Gustavia spp.* *C. theobromae* es una plaga importante de la guayaba (*Psidium guajava*). *C. chrysophanes*, un barrenador del tallo del cacao en lugar de un alimentador de semillas como *C. sp.* cerca de *chrysophanes*, también se alimenta de Balsa (*Ochroma lagopus*) en PNG y *Alphitonia*, *Eucalyptus* y *Ficus spp.* en Australia.

9.3.5 Biología

La biología de ambas especies Neotropicales es descrita por Delgado Puchi (2005). *Carmenta sp.* son polillas de alas claras que vuelan de día. Los adultos tienen una vida corta y mueren a la semana de emerger. Los huevos, puestos típicamente en vainas de 80 a 120 días (Sotomayer-Parian y Soto-Cordova, 2018), eclosionan dentro de los 10 a 20 días, después de lo cual las larvas perforan la pared de la vaina y se alimentan de los frijoles y el mucílago en desarrollo, causando un daño similar al causada por el barrenador de la mazorca del cacao (Sección 9.2). Todo el ciclo de vida se completa entre 90 y 110 días. La biología de *C. sp.* se desconoce cerca de *chrysophanes* y *C. chrysophanes* en cacao.

9.3.6 Medidas de cuarentena

Las vainas enteras sin abrir no deben enviarse desde áreas infestadas, ya que a menudo es difícil evaluar externamente la infestación de las vainas. Los frijoles de las vainas que se encuentren limpios al abrirlos deben lavarse y tratarse con una mezcla adecuada de insecticida/fungicida antes del envío.

9.3.7 Referencias

- Delgado Puchi N. 2005. Caracterización morfológica de los Sesiidae (Insecta: Lepidoptera) perforadores del fruto del cacao (*Theobroma cacao* L.), presentes en la región costera del estado Aragua, Venezuela. *Entomotropica* 20, 97-111.
- Sotomayer-Parian RM, Soto-Cordova MM. 2018. A new path to predict susceptibility of cocoa pod against *Carmenta foraseminis* (Busck) Eichlin using a mathematical model. In *Congreso Argentino de Ciencias de la Informática y Desarrollos de Investigación (CACIDI)*. Buenos Aires, Argentina, pp. 1-4.



Figure 9.3.1. Larva of Carmenta (L. Bagnybeilhe)

9.4 Otras plagas de lepidópteros

Actualizado por Colin Campbell

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

Correo electrónico: cam_campbell@tiscali.co.uk

9.4.1 Barrenador del tallo del cacao, *Eulophonotus myrmeleon* (Lepidoptera: Cossidae)

Las larvas de esta polilla perforan los tallos leñosos, las ramas y las raíces del cacao en África occidental y central, lo que provoca la muerte de las ramas afectadas o los árboles jóvenes. Las polillas hembras adultas carecen de piezas bucales, pero cada una puede poner más de 1600 huevos en su breve vida útil de 4 días (Adu-Acheampong et al. 2004). Los huevos ovo-alargados de 400 x 600 μm , de color amarillo pálido a rosado, que pueden depositarse en cualquier parte del árbol, eclosionan después de unos once días de incubación, momento en el cual las larvas recién nacidas se entierran inmediatamente en tallos frescos. Sin embargo, es poco probable que los tallos de menos de 1,5 cm de diámetro sean atacados, por lo que los brotes cosechados para su uso como yemas por encima de ese tamaño necesitan una inspección cuidadosa en busca de orificios de penetración reveladores, ya que las larvas dentro de sus túneles están protegidas de los efectos de un baño con insecticida.

9.4.2 Mineros de cáscara

Transferencia de minadores de cáscara de lepidópteros como los Tortricids *Cryptophlebia encarpa* de Malasia y Papúa Nueva Guinea y *Ecdytolopha aurantianum* de Venezuela y *E. punctidescanum* de Trinidad, los Gracillariids *Marmara spp.* de Brasil, Trinidad y Tobago, *Spulerina spp.* de África Occidental y el Noctuid *Characoma stictigrapta* de África serían indeseables, pero menos desastrosos que una

transferencia accidental de CPB, ya que el daño que estos mineros de cáscara causan a las mazorcas de cacao es mayormente superficial. Es improbable que se pasen por alto las galerías necróticas que dejan estas especies cerca de la superficie de la vaina durante una inspección visual de las vainas antes del envío.

9.5 Miridos y otros insectos heterópteros chupadores

Actualizado por Colin Campbell

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

Correo electrónico: cam_campbell@tiscali.co.uk

Los insectos chupadores de plantas de las familias Miridae y Pentatomidae son plagas del cultivo de cacao en todas las regiones geográficas, excepto las Indias Occidentales, mientras que algunos pocos géneros de estas familias son depredadores de otros insectos plaga. Las especies de plagas más importantes varían entre las áreas de cultivo de cacao y se ha incluido una sección aparte (9.6) para tratar el mosquito del cacao (*Helopeltis theobromae*), que es de especial preocupación en el Sudeste Asiático.

9.5.1 Agente causal, distribución y síntomas

Entre las 56 especies de Miridae registradas en cacao en todo el mundo, 37 son insectos que se alimentan de plantas, 4 son depredadores y se desconoce el estado de las especies restantes (Bigger 2012). Cerca de siete especies de *Monalonion* 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. 9.5.1) y *Distantiella theobroma* (Fig. 9.5.2) son las especies más comunes y más dañinas en África occidental y central, muchas veces deteriorando severamente el dosel. Sin embargo, cuando los míridos se alimentan de las mazorcas, solo causan daño superficial. Con frecuencia las lesiones necróticas que resultan del proceso de alimentación (Figs. 9.5.3 y 9.5.4) son invadidas posteriormente por patógenos dañinos como el hongo de la mazorca negra (*Phytophthora* spp.) y enfermedades causadas por *Fusarium* spp. and *Lasiodiplodia* spp. (Adu-Acheampong & Archer, 2011). *Monalonion* es reemplazado en África occidental y central, India, el Sudeste Asiático y Papúa Nueva Guinea por el igualmente grácil *Helopeltis*, del cual se conocen cerca de 21 especies (Bigger 2012). Muchas de las especies de *Helopeltis* que se presentan fuera de África causan daño severo al fruto y deterioran los brotes del dosel. Aunque las especies que se presentan en África se alimentan principalmente de frutos, produciendo muchas veces numerosas lesiones necróticas por el proceso de alimentación en las paredes de la mazorca, su aparato bucal no alcanza el grano y el daño económico ocasionado es poco.

9.5.2 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.

9.5.3 Otros insectos plaga

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

9.3.4 Referencias

- Adu-Acheampong R, Archer S. 2011. Diversity of fungi associated with mirid (Hemiptera: Miridae) feeding lesions and dieback disease of cocoa in Ghana. *International Journal of Agricultural Research* 6: 660-672. <https://doi.org/10.3923/ijar.2011.660.672>
- Bigger M. 2012. Geographical distribution list of insects and mites associated with cocoa, derived from literature published before 2010. Available from URL: https://incocoa.org/docs/MBiggercocoa_insects_Mdly.pdf
- Entwistle PF. 1972. *Pests of Cocoa*. Longman, UK. 779 pp.



Figura 9.5.1 Adultos de *Sahlbergella singularis* (KF N'Guessan, CNRA)



Figura 9.5.2 Adultos de *Distantiella theobromae* (KF N'Guessan, CNRA)

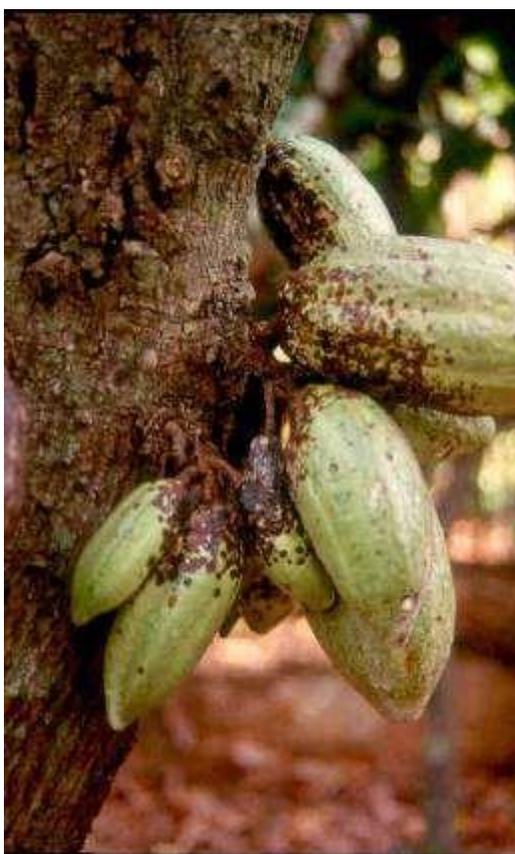


Figura 9.5.3 Lesiones de color oscuro causadas por mirdos en mazorcas de cacao (KF N'Guessan, CNRA)



Figura 9.5.4 Larvas de mirdos en rama secundaria del árbol de cacao y lesiones de color oscuro causadas por mirdos en la mazorca (KF N'Guessan, CNRA).

9.6 Mosquito del cacao

Actualizado por Saripah Bakar y Alias Awang

Malaysian Cocoa Board, 5th to 7th Floor, Wisma SEDCO, Lorong Plaza Wawasan, off Coastal Highway,

Locked Bag 211, 88999 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia

Correo electrónico: sari@koko.gov.my

9.6.1 Agente causal

El nombre científico del mosquito del cacao es *Helopeltis theivora* (Waterhouse) (Hemiptera: Miridae); *Helopeltis theobromae* (Miller) (Hemiptera: Miridae); *Helopeltis antonii* (Signoret) (Hemiptera: Miridae); *Helopeltis bradyi* (Waterhouse) (Hemiptera: Miridae).

9.6.2 Síntomas

Tanto las ninfas como los adultos de *Helopeltis* spp. infestan los brotes jóvenes (Fig. 9.6.1), las mazorcas y los pedúnculos del cacao. Un solo insecto puede causar aproximadamente 25–35 lesiones por día. Una exudación de una sustancia gomosa resinosa resulta de los pinchazos de alimentación hechos por la parte bucal succionadora de este insecto (Thube et al. 2016). Las lesiones frescas en la vaina están empapadas de agua y son de color verde oscuro. Los tejidos alrededor del punto donde ingresa el estilete se necrosan debido a la infección con patógenos vegetales secundarios (Thube et al. 2019). Las lesiones se volverán más oscuras, ligeramente cóncavas, y las lesiones antiguas son de color oscuro pero suelen ser convexas (Fig. 9.6.2). *Helopeltis* spp. comienzan a atacar las mazorcas de cacao en una etapa temprana del desarrollo de la mazorca, y el daño es claramente visible desde que las mazorcas tienen 70 mm de largo en adelante (Saripah 2019). *Helopeltis* se alimenta del tejido parenquimatoso de la cáscara de la mazorca de cacao, y esto generalmente induce la abscisión de las mazorcas jóvenes (marchitamiento de cherrille). Las vainas jóvenes, especialmente las que tienen menos de tres meses (Fig. 9.6.4), tienen pocas posibilidades de sobrevivir (Wan Ibrahim 1983). Por lo tanto, la infestación temprana puede reducir el número de vainas que alcanzan la madurez. Las vainas más viejas tienen más probabilidades de sobrevivir a los ataques, y se encontró que las vainas de 85 mm a 150 mm de largo tenían la mayor cantidad de lesiones (Saripah, 2019). Aunque el impacto de las infestaciones se reduce en las vainas más viejas, que a menudo toleran el daño directo a menos que el número de lesiones por alimentación sea alto (Khoo et al. 1991), el daño por míridos puede llevar a la invasión de plagas secundarias (Fig. 9.6.5) o Los organismos patógenos y las infestaciones severas en la mazorca de cacao pueden causar grietas o la pérdida completa de la mazorca. La pérdida de rendimiento estimada en Indonesia se ha estimado en un 50-60 % si la infestación es alta (Siswanto et al. 2020). Thube et al. (2019) informaron que *H. theivora* prefiere alimentarse y ovipositar en vainas en desarrollo en lugar de hojas y brotes de cacao. La infestación de los brotes a menudo ocurre cuando solo hay unas pocas vainas disponibles o como

fuente alternativa de alimento (Alias 1983). El color de la lesión fresca en los brotes es marrón pálido, de forma ovalada y se vuelve negro después de 2-3 días. La lesión en los brotes tiene una longitud aproximada de 4-7 mm. En infestaciones muy graves, todo el árbol parece quemado. La infestación por *Helopeltis* suele aumentar sobre todo en época de lluvias (MCB, 2013).



Figura 9.6.1. Infestación por *Helopeltis* en brotes jóvenes (B Saripah, Malaysian Cocoa Board)



Figura 9.6.2. Las viejas lesiones en la mazorca de cacao son de color oscuro (B Saripah, Malaysian Cocoa Board)



Figura 9.6.3. Síntomas de infestación por *Helopeltis* en vainas de cacao de varios tamaños (B Saripah, Malaysian Cocoa Board)



Figura 9.6.4. Infestación de *Helopeltis* en un cherelle (B Saripah, Malaysian Cocoa Board)



Figura 9.6.5. Infestación secundaria de plagas (B Saripah, Malaysian Cocoa Board)

9.6.3 Distribución geográfica

La plaga se distribuye actual y ampliamente en todo el Sudeste Asiático, incluyendo India (Thube et al. 2019), Malaysia (Saripah 2019), Indonesia (Siswanto et al. 2020) and the Philippines.

9.6.4 Plantas hospedantes

Helopeltis spp. es un insecto polífago, y las plantas hospederas de *Helopeltis* son cacao, mango, *Acalypha spp.* y cereza japonesa (Khoo et al. 1991). Además, *Helopeltis spp.* también ataca botones florales y frutos de guayaba, marañón y manzanas. También infesta plantaciones de té en India (Sarmah y Phukan 2004, Sarmah y Bandyopadhyay 2009, Bhuyan et al. 2017) e Indonesia (Gusti Indriarti y Soesanthy 2014).

9.6.5 Biología

El ciclo de vida de *Helopeltis* es entre 21–35 días y hasta 29 días para *H. theivora* (Thube et al. 2019). 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. 9.6.6) a verde oscuro cuando se convierte en adulto. Las ninfas son más pequeñas y no tienen alas. Los adultos miden aproximadamente 5–10 mm de largo (Fig. 9.6.7).

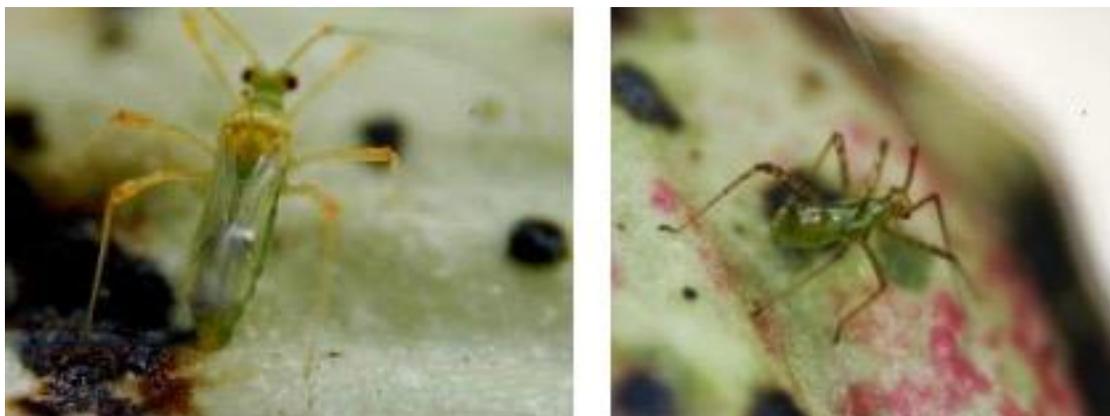


Figura 9.6.6 Ninfa de *Helopeltis* de color verde claro (B Saripah, MCB)



Figure 9.6.7. *Helopeltis* adulta, generalmente hasta 5.5mm de largo. (B Saripah, Malaysian Cocoa Board)

9.6.6 Medidas de cuarentena

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

9.6.7 Referencias

- Alias A. 1983. Kajian pengaruh pucuk dan pod koko sebagai sumber makanan ke atas *Helopeltis theobromae* Miller (Hemiptera: Miridae). Bachelor Thesis. Universiti Putra Malaysia, Malaysia.
- 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 Entomological Magazine*: 59-60.
- Gusti Indriati G, Soesanthy F. 2014. Hama *Helopeltis* spp. dan Teknik Pengendaliannya Pada Pertanaman Teh (*Camellia Sinensis*). *Sirinov* 2(3):189-198.
- Kalshoven LGE. 1980. Pests of crops in Indonesia. (Revised and edited by P.A. Van Der Laan). PT Ichtar Baru-Van Hoeve, Jakarta, Indonesia. 701 pp.

- Khoo KC, Ooi PAC, Ho CT. 1991. Crop Pests and their management in Malaysia. Tropical Press Sdn. Bhd, Kuala Lumpur, Malaysia. 242 pp.
- Lee, CH., Kelvin L, Haya R, Navies M, Saripah, B. (Eds). 2013. *Cocoa Planting Manual, Sustainable Cocoa*. Sabah, Malaysia: Malaysian Cocoa Board, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.
- Saripah B. 2019. Infestations of two major pests of cocoa, *Conopomorpha cramerella* and *Helopeltis* spp. under natural condition. *Pelita Perkebunan*, 35(3):186-192.
[//doi.org/10.22302/iccricri.jur.pelitaperkebunan.v35i3.359](https://doi.org/10.22302/iccricri.jur.pelitaperkebunan.v35i3.359)
- 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.
- Siswanto, Trisawa IM, Karmawati E, Suhesti S. 2020. Control of *Conopomorpha cramerella*, *Helopeltis* sp., and *Phytophthora palmivora* using botanical and biological pesticides. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 418 012086 doi:10.1088/1755-1315/418/1/012086
- Sarmah M, Phukan AK. 2004. Seasonal incidence and extent of damage by tea mosquito bug. *Helopeltis theivora* (Waterhouse) on tea *Camellia sinensis*. *Two and a Bud* 51(1-2):45-48.
- Thube SH, Mahapatro GK, Mohan C, Pandian TPR, Apshara E, Jose CT. 2020. Biology, feeding and oviposition preference of *Helopeltis theivora*, with notes on the differential distribution of species of the tea mosquito bug species complex across elevations. *Animal Biology* 70: 67-70. doi 10.1163/15707563-20191083
- Thube SH, Saneera EK, Prathibha PS. 2016. Pests of cocoa and their management. *Cashew Cocoa Journal* 4:34-38.
- Wan A Ibrahim. 1983. *Helopeltis* - Biology, ecology and control. MAPPS: *Advances in Cocoa Plant Protection in Malaysia*: 16-18.

9.7 *Pseudotheraptus devastans* (Dist.)

Actualizado por Godfred K. Awudzi
Cocoa Research Institute of Ghana, PO Box 8, New Tafo, GHANA
Correo electrónico: anthocyanin22@yahoo.com

9.7.1 Agente causal

Pseudotheraptus devastans (Dist.) (Hemiptera: Coreidae)

9.7.2 Distribución geográfica

Pseudotheraptus devastans se ha registrado en África occidental, central y oriental, donde es una plaga de cultivos como el coco y la mandioca (CABI, 2021). En los últimos años ha cobrado importancia la incidencia y daños causados por *P. devastans* en fincas de cacao en Ghana.

9.7.3 Síntomas

Las ninfas y los adultos de *P. devastans* se alimentan de las vainas insertando sus estiletes a través de la cáscara en los frijoles, lo que provoca una gran deformación de las vainas y la aglutinación o aglomeración de los frijoles dentro de las vainas, lo que lleva a una reducción masiva de los rendimientos (Figuras 1-4) (Lodos 1965). Las lesiones por alimentación causadas por *P. devastans* son similares a las de los míridos pero las de *P. devastans* son más grandes en las vainas (Lodos, 1965). En brotes

jóvenes, la alimentación puede provocar la muerte regresiva. De manera similar a las especies Pentatomid, el aumento de la siembra de cacao híbrido ha mejorado su supervivencia y desarrollo (Awudzi et al. 2019). Esto se atribuye a la disponibilidad de mazorcas durante todo el año en el cacao híbrido que proporciona sitios de alimentación ilimitados para la plaga. Las heridas creadas en las frutas atacadas por el insecto son posteriormente invadidas por hongos oportunistas (p. ej., *Fusarium decemcellulare* (anamorfo de *Calonectria rigidiuscula*) y otros hongos causantes de pudrición (p. ej., *Phytophthora spp*) para causar la muerte regresiva y la pudrición de la fruta respectivamente (Akrofi et al. 2016).

9.7.4 Plantas hospedantes

También se sabe que la plaga ataca otros cultivos comúnmente cultivados en fincas de cacao, como yuca, coco, mango, guayaba, marañón, aguacate y coco (Yeboue et al. 2015).

9.7.5 Medidas de cuarentena

Se deben tomar precauciones al mover las cápsulas. Asegúrese de que las vainas no estén deformadas con lesiones de alimentación profundas que se extiendan hacia la corteza. Las cáscaras de las vainas deben mantenerse en un recinto durante al menos una semana después de que se rompan las vainas para contener los huevos que puedan eclosionar.

9.7.6. Referencias y lectura adicional

- Akrofi AY, Amoako-Atta I, Acheampong K, Assuah MK, Melnick RL. 2016. Fruit and Canopy Pathogens of Unknown Potential Risk. In BA Bailey & LW Meinhardt (Eds.), *Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters*. Springer International Publishing. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-24789-2>
- Awudzi G K, Adu-Acheampong R, Ahadzi SK, Avicor SW. 2019. Field guide for cocoa insect pest's identification, damage symptoms and management. Akyem-Tafo: Cocoa Research Institute.
- CABI 2021. Data Sheet on *Pseudothreaptus devastans*. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/45032> (accessed September 2021).
- Lodos N. Damage caused by *Pseudothreaptus sp.* (Hemiptera Coreidae) to cocoa in Ghana. 1st International Cocoa Research Conference, 1965 Abidjan, Côte d'Ivoire. pp.167-170.
- Obilo OP, Ikotun B, Ihejirika GO, Ibeawuchi II, Oben TT. 2010. The effect of the incidence of cassava anthracnose disease (CAD) on the performance and yield of cassava cultivars. *Crop Protection* 29: 482-486.
- Yeboue NL, Soro S, Tra Bi CS (2015) Heteroptera Coreidae (*Anoplocnemis curvipes*, *Homoeocerus pallens*, *Leptoglossus membranaceus* and *Pseudothreaptus devastans*): Four crop pests and their wild host plants. *American Research Journal of Agriculture*, 1(4) <https://www.arjonline.org/papers/arja/v1-i4/2.pdf>



Figura 9.7.1: Ninfa *Pseudotheraptus devastans* (G Awudzi)



Figura 9.7.2: Adulto *Pseudotheraptus devastans* (G Awudzi)



Figura 9.7.3: Lesiones por alimentación de *Pseudotheraptus devastans* en mazorcas de cacao (G Awudzi)



Figura 9.7.4. Deformación de mazorcas de cacao por *Pseudotheraptus devastans* (G Awudzi)

9.8 Chinchas harinosos

Actualizado por Colin Campbell

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

Correo electrónico: cam_campbell@tiscali.co.uk

9.8.1 Agente causal

Varios géneros (Hemiptera: Pseudococcidae)

Con pocas excepciones, por ejemplo *Planococcus lilacinus* en el Sudeste Asiático y el Pacífico Sur que tiene saliva fitotóxica, rara vez causan los chinches 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.

9.8.2 Distribución geográfica

Los chinches harinosos se encuentran 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 chinches harinosos se han adaptado al cacao a partir de plantas hospedantes nativas.

9.8.3 Biología

Los chinches harinosos son pequeños insectos chupadores de savia. Sus cuerpos rara vez superan los 4 mm de largo. Normalmente, la superficie dorsal de las hembras adultas está cubierta en cera, cuya extensión, distribución y color a menudo son específicos a cada especie y sirven para ayudar a identificar la especie en el campo. Las hembras son ápteras. La forma corporal varía mucho entre especies, pero muchas de las especies más comunes en cacao tienen una forma mayormente ovalada,

aplanadas dorso-ventralmente. El aparato bucal está ubicado en el lado inferior del organismo casi a nivel con el primer par de patas y consta de un pico corto del cual emergen estiletes parecidos a agujas. El insecto usa estos estiletes para penetrar los tejidos corticales de la planta y aprovechar el floema, del cual también pueden embeber partículas de virus. Los estiletes a menudo exceden la mitad del largo del cuerpo del insecto, pero son capaces de retractarse indemnes en segundos si se perturba el insecto. La reproducción puede ser sexual o partenogenéticamente. En las especies que retienen reproducción sexual, los machos carecen de aparato bucal, de manera que solo las hembras adultas y ninfas son vectores de virus. La mayoría de las especies ponen huevos, a menudo adyacentes a la madre y en masas de varios cientos de huevos protegidos por esponjosos ovisacos blancos. Sin embargo, algunas especies, incluyendo *Formicoccus (Planococcoides) njalensis* (Fig. 9.8.1), un vector generalizado de CSSV en África occidental, pueden 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.



Figura 9.8.1 Adultos y ninfas de *Formicoccus njalensis* (WP N'Guessan, CNRA)

9.8.4 Referencias

- Adu-Acheampong R, Padi B, Sarfo J. 2004. The life cycle of the cocoa stem borer *Eulophonotus mymeleon* in Ghana. *Tropical Science* 44: 28–30. doi/10.1002/ts.127
- Bigger M. 2012. Geographical distribution list of insects and mites associated with cocoa, derived from literature published before 2010. Available from URL: https://incocoa.org/docs/MBiggercocoa_insects_Mdly.pdf
- 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, UK. 779 pp.

9.9. Escarabajos ambrosía

Actualizado por Colin Campbell

480 London Road, Ditton, Aylesford, Kent, ME20 6BZ, United Kingdom

Correo electrónico: cam_campbell@tiscali.co.uk

9.9.1. Agentes causales

Se han registrado unas 135 especies de escarabajos Ambrosia (Coleoptera: Scolytinae) del cacao (Bigger, 2012), la mayoría de las cuales son capaces de infligir daños graves por la invasión de hongos fitopatógenos en sus túneles de alimentación. De mayor preocupación son *Xylosandrus compactus* (Eichhoff) (sinónimo principal de *Xyleborus morstatti* Hagedorn) debido a su ubicuidad y tamaño pequeño (hembra ca. 1,7 x 0,8 mm), y *Xyleborus ferrugineus* (Fabricius) (hembra ca. 2,7 x 0,9 mm) porque de su asociación simbiótica con el hongo *Ceratocystis cacaofunesta* que causa el marchitamiento y muerte regresiva de las ramas, o incluso la muerte de todo el árbol, en América del Sur y el Caribe. Se sabe que ambas especies atacan el cacao sano. Se han identificado dieciocho especies de hongos asociadas con *X. compactus*; algunos son saprofitos, mientras que otros como *Lasiodiplodia theobromae* (syn. *Botryodiplodia theobromae*) y *Fusarium decemcellulare* (anamorfo de *Albonectria rigidiuscula*) son fitopatógenos. Entwistle (1972) resume en detalle el estado de ambas especies de escarabajos en el cacao, aunque presenta marcadores de escala para *Xylo. compactus* son el doble de su tamaño real.

9.9.2. Síntomas

Muchas especies de los géneros *Xylosandrus* y *Xyleborus* perforan los troncos o las ramas pequeñas y provocan la muerte regresiva, por lo que son particularmente peligrosas como plagas de las plantas de vivero. El escarabajo adulto excava galerías con múltiples ramificaciones a menudo subepidérmicas, pero a veces penetra en las ramas más viejas en la madera hasta una profundidad de 5 cm o más. A menudo, los primeros signos de infestación son el marchitamiento de los tallos jóvenes que finalmente mueren. Pelar la corteza para exponer los túneles superficiales en el cambium no siempre es definitivo para *Xylo. compactus* ya que las hembras a menudo perforan agujeros radiales directos a la médula en tallos más delgados (ver Fig. 23.1D en Entwistle, 1972) mientras que *Xyle. ferrugineus* produce este tipo de galerías

multiramificadas.

9.9.3. Distribución geográfica

Xilo. compactus está ampliamente distribuido en África, Asia y América del Sur. Se ha introducido en algunas islas del Pacífico y también ocurre en Italia y Francia. Se ha registrado infestando cacao en Camerún, Ghana, Indonesia, Costa de Marfil, Malasia W. Malasia, Nigeria, Papua Nueva Guinea, Sierra Leona y Uganda. *Xile. ferrugineus* tiene una amplia distribución similar y se ha registrado en cacao en Brasil, Costa Rica, Ecuador, México, Trinidad y Tobago, Venezuela y Zaire.

9.9.4. Plantas hospedantes

Ambas especies son muy polífagas. *Xilo. compactus* ataca a más de 220 especies de plantas pertenecientes a 60 familias (EPPO, 2020), incluidas varias plantas de cultivo importantes, pero probablemente el huésped documentado con mayor frecuencia sea el café *Coffea arabica* y *C. canephora*. *Xile. ferrugineus* tiene un rango de huéspedes aún más amplio que incluye muchos cultivos de árboles en su mayoría tropicales.

9.9.5. Biología

Los escarabajos *Ambrosia* cultivan hongos simbioses dentro de sistemas de túneles excavados por hembras. Los hongos se multiplican en las paredes de los túneles y proporcionan el único alimento para adultos y larvas. *Xilo. compactus* ataca predominantemente los brotes del año en curso, mientras que *Xyle. ferrugineus* normalmente ataca las ramas de más de 10 cm de diámetro, incluidos los troncos recién talados. *Xylo compactus* también puede perforar las raíces pivotantes de las plántulas. En ambas especies, las hembras producen machos a partir de huevos no fertilizados, mientras que los huevos fertilizados producen descendencia femenina. Los machos permanecen en las galerías de cría que están bloqueadas por la post-oviposición de las hembras, protegiendo así a la cría de los enemigos naturales. El apareamiento es principalmente entre hermanos dentro de las galerías. La pupa y el apareamiento de los adultos de cría ocurren en el material vegetal infestado. Los huevos se ponen en un racimo suelto dentro de la galería eclosionan en 3 a 5 días. El ciclo de vida completo ocurre en ca. 30 días.

9.9.6. Medidas de cuarentena

Debido a que se reproducen por partenogénesis arrhenotokous, la transferencia de incluso una hembra individual tiene el potencial de iniciar una infestación. La fuente más probable de transferencia internacional es a través de yemas infestadas, ya que los orificios de entrada de las hembras suelen tener menos de 1 mm de diámetro, por lo que se pasan por alto fácilmente. Dentro de las ramitas, las hembras y las crías no son susceptibles al contacto con pesticidas, ya sea por rociado o inmersión. Todas las piezas de yemas deben inspeccionarse microscópicamente para detectar la presencia de orificios de entrada antes del envío.

9.9.7. Referencias y lectura adicional

Bigger M. 2012. A geographical distribution list of insects and mites associated with cocoa, derived from the literature published before 2012. 382 pp.

Available from URL: https://incocoa.org/docs/MBiggercocoa_insects_Mdly.pdf

Entwistle PF. 1972. *Pests of Cocoa*, Longman Group, London, UK.

EPPO. 2020. EPPO Technical Document No. 1081, EPPO Study on the risk of bark and ambrosia beetles associated with imported non-coniferous wood. EPPO Paris. Available at https://www.eppo.int/RESOURCES/eppo_publications

9.10 Ácaros fitófagos

Actualizado por Colin Campbell

480 London Road, Ditton, Aylesford, Kent, ME20 6BZ, United Kingdom

Email: cam_campbell@tiscali.co.uk

9.10.1. Agentes causales

Aparte de las Américas, los ácaros fitófagos han recibido poca atención en el cacao. Entwistle (1972) cita solo dos ejemplos, un *Tetranychus sp.* en Nigeria y *Metatetranychus sp.* en Ghana. Los ácaros fitófagos del cacao están representados por Eriophyidae (ácaros de las agallas), tres géneros con una especie cada uno (Rodrigues et al., 2017); Tarsonemidae (ácaros blancos), tres géneros y doce especies que probablemente se alimentan principalmente de algas, hongos y líquenes (Ochoa et al., 1995; Rezende et al., 2015; Sousa et al., 2018, 2020); Tenuipalpidae (ácaros planos), dos géneros y seis especies (Castro et al. 2021); Tetranychidae (araña roja), seis géneros y trece especies (Anon 2021; Migeon y Dorkeld, 2021) con la inclusión de *Tetranychus urticae* Koch; Tuckerellidae (ácaros ornamentales o del pavo real), tres *Tuckerella spp.* (Escobar-García et al., 2021a). Varias especies de estas familias dañan una variedad de cultivos en el Neotrópico, incluido el cacao. Probablemente debido a la escasez de especialistas taxonómicos, se desconoce su importancia en otros lugares. A continuación se nombran únicamente las especies catalogadas como económicamente importantes.

9.10.2. Sintomas

El ácaro de las yemas del cacao *Aceria reyesi* (Nuzzaci) Eriophyidae ataca las yemas terminales de las ramas, provocando atrofia, caída prematura de las hojas y acortamiento de los entrenudos y, en infestaciones severas, la muerte del árbol (de Carvalho et al., 2018). *Brevipalpus yothersi* Baker (Tenuipalpidae) se alimenta principalmente de la superficie de las vainas causando cicatrices y lesiones superficiales concentradas en los surcos de las vainas (Escobar-García et al., 2021b). Una acumulación de pinchazos de alimentación por parte de *Tetranychus mexicanus*, (McGregor), *T. urticae* y Tetranychidae en general, conduce al blanqueamiento, amarillamiento o bronceado de las hojas, seguido de desecación y, finalmente,

defoliación y, a veces, muerte del brote. *Tetranychus spp.* colonizan principalmente las superficies inferiores de las hojas, mientras que otros miembros de la familia prefieren las superficies superiores de las hojas, p. *Oligonychus yothersi* (McGregor). *Tuckerella spp.* se alimentan en las fisuras de las ramas y en los epicarpos de las vainas, donde inducen extrusiones acorchadas que provocan graves malformaciones a medida que se desarrollan las vainas.

9.10.3. Distribucion geografica

Aceria reyesi se ha encontrado en cacao en Brasil, Costa Rica, Cuba, Ecuador y Venezuela y, debido a su tamaño microscópico y comportamiento críptico, es posible que se haya propagado sin ser detectada más ampliamente en el Neotrópico y más allá. En vista de la revisión de Beard et al. (2015) del complejo de especies de *Brevipalpus phoenicis*, parece probable que los primeros registros de daños por alimentación al cacao atribuidos a *B. phoenicis* (Geijskes) en Cuba, Honduras, Malasia e India (Castro et al., 2021) y en Malasia (Lim, 1998) probablemente se refieren a *B. yothersi*. De manera similar, la distribución casi mundial de *B. phoenicis* (Castro et al., 2021) en otros huéspedes también puede referirse principalmente a *B. yothersi*, como Beard et al. (2015) confirmaron la presencia de este último en 32 países a nivel mundial, mientras que enumeran la distribución de *B. phoenicis* en Costa Rica y, en las importaciones de plantas, los Países Bajos y EE. UU. *B. yothersi* también daña el cacao en Perú (Escobar-García et al., 2021b). *Tetranychus mexicanus* se encuentra en México y la mayoría de los países neotropicales (Migeon y Dorkeld, 2021), mientras que *T. urticae* es omnipresente. *Tuckerella ornata* Tucker, originalmente descrita en Sudáfrica, también se encuentra en Brasil, Costa Rica, Cuba, Guadalupe, Namibia, Filipinas y Zambia. *Tu knorri* Baker & Tuttle, descrita originalmente en Tailandia, también se encuentra en China, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Irán y Filipinas. *Tu pavoniformis* (Ewing), descrito originalmente en Hawái, también se encuentra en Cuba, República Dominicana, Costa Rica, Trinidad y Tobago y Venezuela.

9.10.4. Plantas hospedantes

Aceria reyesi se ha registrado solo en cacao. Los tenuipalpidos, tetranychids y tuckerellids que infestan el cacao son polívoros. Por ejemplo, *B. yothersi* se registra en 42 familias de plantas y es una plaga grave de los cítricos, mientras que *T. mexicanus* se registra en 44 familias de plantas. La *Tuckerella spp.* en el cacao son plagas graves de los cítricos y también infestan una amplia gama de otras plantas, incluidos los cultivos.

9.10.5. Biología

Los adultos de *Aceria reyesi* tienen forma de zanahoria (aprox. 0,2 x 0,04 mm), se estrechan desde la cabeza hacia atrás y son de color blanco translúcido. A diferencia de la mayoría de los ácaros, solo tienen cuatro patas, ubicadas cerca de la cabeza. La reproducción es sexual y varias generaciones superpuestas de ácaros pueden habitar

en una sola yema. Los adultos de *Brevipalpus yothersi* son igualmente pequeños (aprox. 0,2 x 0,18 mm), en forma de escudo, aplanados dorsoventralmente y de color rojo anaranjado. Los machos son raros, por lo que probablemente se reproduzcan principalmente por partenogénesis. Se pueden desarrollar colonias densas en las vainas infestadas y se sabe que explotan las fisuras superficiales creadas por *Tuckerella spp.* (Escobar-García et al. 2021b). Los ácaros araña de dos manchas, *Tetranychus urticae*, se reproducen por arrenotoquia partenogenética, en la que los huevos no fertilizados se convierten en machos y los huevos fertilizados se convierten en hembras. Las hembras vírgenes inicialmente producen descendencia masculina; más tarde, cuando alcanzan la madurez sexual, los hijos se aparean con sus madres, una estrategia reproductiva común entre Tetranychidae. Las hembras adultas de *T. urticae* son elípticas de aproximadamente 0,4 mm de largo y son de color amarillo verdoso o casi translúcidas con dos manchas abdominales oscuras. Los machos son similares pero más pequeños. Las ninfas carecen de las manchas oscuras que son acumulaciones de desechos corporales visibles a través de la pared translúcida del cuerpo. Las colonias a menudo están cubiertas con telarañas de seda que ayudan a la dispersión del viento. Las hembras de *Tetranychus mexicanus* son similares en tamaño y forma a *T. urticae*, pero son de un color rojo sangre uniforme. Etapas móviles de *Tuckerella spp.* son pequeños (aprox. 0,3 x 0,2 mm) de contorno ovalado y aplanados dorsoventralmente. Ochoa (1989) presenta una clave taxonómica para cuatro especies de *Tuckerella* en Costa Rica que incluye las tres especies que se encuentran en el cacao (*Tu ornata* (Tucker), *Tu. knorri* Baker & Tuttle y *Tu pavoniformis* (Ewing)). Son de color rojo carmín con setas blancas en forma de abanico alrededor de la periferia y en filas transversales dorsalmente, además, según la especie, cinco o seis pares de setas caudales flageladas de igual longitud que el cuerpo. Las setas también ayudan a la dispersión por el viento. Los machos son comunes, por lo que la reproducción probablemente sea sexual. En el cacao, colonizan cojines de flores, fisuras en la corteza y vainas. Su alimentación irrita la superficie de las vainas en desarrollo creando severas deformidades (Escobar et al. 2021a).

9.10.6. Medidas para la cuarentena:

Los ácaros fitófagos son plagas cuarentenarias de importancia internacional. Si bien las colonias establecidas pueden ser visibles a simple vista, las nuevas infestaciones iniciadas por la dispersión de individuos solo pueden detectarse mediante un examen microscópico cuidadoso del material vegetal antes de la exportación. Incluso entonces, los eriófidos como *A. reyesi*, escondidos entre las escamas de las yemas terminales, pueden pasarse por alto fácilmente. Además, es posible que sumergir los brotes en un acaricida de contacto no sea totalmente efectivo contra los motiles y los huevos escondidos en lo profundo de los brotes o las fisuras de la corteza. La supervivencia de un solo individuo de una especie que se reproduce partenogenéticamente puede iniciar una nueva infestación. Todas las adquisiciones

de cacao de los países neotropicales deben inspeccionarse con un microscopio a su llegada, y las plantas derivadas de los brotes deben mantenerse aisladas hasta que se confirme la ausencia de infestación.

9.10.7. Referencias y lectura adicional

Anon 2021. Tetranychidae database.

http://www.lea.esalq.usp.br/tetranychidae/edita_hosp.php accessed 20/05/2021

Beard JJ, Ochoa I, Braswell WE, Bauchan GR. 2015. *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) species complex (Acari: Tenuipalpidae) - a closer look. *Zootaxa* 3944: 1-67. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3944.1.1>

Castro EB, Mesa, NC, Feres RJF, Moraes GJ, Ochoa R, Beard JJ, Demite PR. 2021. Tenuipalpidae database. <http://www.tenuipalpidae.ibilce.unesp.br> accessed 16/05/2021.

de Carvalho AN, Navia, D, de Lillo E, Ferragut FJ, Oliveira AR. 2018. The cacao bud mite, *Aceria reyesi* (Nuzzaci 1973)—supplementary description, distribution and comparison with *Gymnaceria cupuassu* Oliveira, Rodrigues & Flechtmann 2012 (Acari: Eriophyidae). *Systematic and Applied Acarology* 23: 501-520. <https://doi.org/10.11158/saa.23.3.9>

Entwistle PF. 1972. *Pests of Cocoa*, Longman Group, London, UK.

Escobar-Garcia HA, Beard JJ, Ochoa R. 2021a. Peacock mites on cocoa in Peru (Acari: Tuckerellidae: *Tuckerella*): their economic importance and a key to species. *Systematic and Applied Acarology* 26: 519-528. <https://doi.org/10.11158/saa.26.3.2>

Escobar-Garcia HA, Júnior de Andrade D, Carrillo D, Ochoa R. 2021b. *Theobroma cacao*, a new host for *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) in Peru. *Acarologia* 61: 211-216. <https://doi.org/10.24349/acarologia/20214427>

Lim GT. 1992. Recent development of cocoa insect pests management in Sabah Malaysia. In: PAC Ooi, GS Lim & PS Teng (editors). *Proceedings of the 3rd International Conference on Plant Protection in the Tropics*. Malaysian Plant Protection Society; Kuala Lumpur; Malaysia pp. 36-53.

Migeon, A. and Dorkeld, F. (2021) Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. <http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb> (Accessed 16/05/2021).

Ochoa R. 1989. The genus *Tuckerella* in Costa Rica (Acari: Tuckerellidae). *International Journal of Acarology* 15: 205-207. <https://doi.org/10.1080/01647958908683850>

Ochoa R, Naskrecki P, Colwell RK. 1995. *Excelsotarsonemus kaliszewskii*, a new genus and new species from Costa Rica (Acari: Tarsonemidae). *International Journal of Acarology* 21: 67-74.

Rezende JM, Ochoa R, Lofego AC. 2015. Ten new species of *Daidalotarsonemus* (Prostigmata: Tarsonemidae) from Costa Rica. *International Journal of Acarology* 41: 449-493. <https://doi.org/10.1080/01647954.2015.1080929>

Rodrigues DFS, Navia D, Oliveira AR, Ferragut F, Flechtmann CHW. 2017. Two new eriophyoid mite species (Trombidiformes: Eriophyoidea) from the cocoa tree, and a note on *Shevtchenkella biseta* (Nalepa). *Zootaxa* 4237: 112-130. <https://doi.org/10.11158/saa.23.11.3>

Sousa ASG, Rezende JM, Lofego AC. 2020. Two new species of *Tarsonemus* (Acari: Tarsonemidae) from Bahia, Brazil. *Systematic and Applied Acarology* 25: 986-1012. <https://doi.org/10.11158/saa.25.6.4>

Sousa ASG, Rezende JM, Lofego AC, Ochoa R, Oliveira AR. 2018. *Daidalotarsonemus* and *Excelsotarsonemus* species (Acari: Tarsonemidae) found in shaded cacao plantations in Brazil, with a description of a new species. *International Journal of Acarology* 44: 68-79. <https://doi.org/10.1080/01647954.2018.1471096>

10. Nematodos fitoparásitos

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

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

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

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

Los nematodos fitoparásitos desempeñan un papel muy importante en la producción de cacao aunque su impacto es difícil de evaluar ya que los síntomas que causan a menudo pueden atribuirse erróneamente a estreses abióticos. 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 especies nematodos fitoparásitos están asociados con plantas de cacao tanto sanas como enfermas (Orisajo 2009). Los nematodos del género *Meloidogyne* afectan seriamente los cultivos de cacao, y se calculan que las pérdidas debido a estos nematodos, basado en estudios de patogenicidad 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, el conocimiento de las pérdidas reales de rendimiento en el cacao causadas por nematodos, especialmente los de otros géneros, es muy limitado. Con base en los resultados publicados, otros nematodos son tan perjudiciales para el cacao como *Meloidogyne* spp. cuando sus densidades poblaciones son altas (Fademi et al. 2006).

10.1 Agente causal

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 se ha descubierto que afectan la producción de 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 a menudo asociado con la formación de hojas pequeñas. Síntomas comunes de infestación de nematodo son la muerte descendente

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

10.3 Distribución geográfica

El nematodo de los nudos radicales en cacao fue reportado por primera vez en 1900 (Sosamma et al. 1979). Se han informado infestaciones de nematodos en todo el Congo (1921), Côte d'Ivoire (1930), Santo Tomé (1930), Ghana (1955), Malawi (1961), Nigeria (1967), Brasil (1968), India (1980), Costa Rica (1980), Bolivia (1982), Perú (2007), Malasia, Java, Filipinas, Papúa Nueva Guinea, Jamaica, Venezuela y Ecuador (Sosamma et al. 1979, López -Chaves et al. 1980, Sharma 1982, Crozzoli et al., 2001, Wood y Lass 2001, Campos y Villain, 2005, Arévalo-Gardini et al., 2007, Orisajo, 2009).

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

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

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

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

Fuente: Tarjan y Jiménez (1973), Sosamma et al. (1979), Lopez-Chaves et al. (1980), Afolami y Caveness (1983), Sharma (1977), Sharma (1982), Crozzoli (2002), Crozzoli et al. (2001), Wood y Lass (2001), Campos y Villain (2005), Arévalo-Gardini et al. (2007), Arévalo-Gardini (2008), Arévalo-Gardini (2014), Okeniyi et al. (2016), Orisajo (2009), Popoola (2018), Bustamante (2019).



Figura 10.1 Dieback of cocoa causada por nematodos agalladores (a la izquierda) en comparación con una planta sana (Orisajo et al. 2008)



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

- A. Planta que muestra un crecimiento reducido un mes después del trasplante en suelo infestado de nematodos
- B. Raíces con agallas
- C. Segunda etapa larval de un nematodo hembra.

Fuente: Instituto de Cultivos Tropicales (Arévalo-Gardini, 2007)

10.4 Plantas hospedantes

Para cada especie de *Meloidogyne* tiene una variedad de especies de plantas y cultivares que infectará, aunque la gravedad de los síntomas expresados dependerá de la susceptibilidad de la planta huésped. 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). y algunas de las plantas de sombra comúnmente utilizadas en las plantaciones de cacao, como el banano e *Inga* spp. son a menudo fuentes de inóculo (Sosamma et al. 1980). En América del Sur y Central, *M. exigua* es una plaga muy importante de *Coffea arabica* pero es polífago en muchos cultivos, 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

Es probable que las siguientes partes de la planta porten el patógeno en el comercio y el transporte:

- Raíces (huevos y agallas, a menudo invisibles a simple vista, pero generalmente visibles con un microscopio óptico).
- Los medios de crecimiento que acompañan a las plantas, especialmente el suelo, pueden transportar huevos y agallas.

Los huevos y las agallas pueden estar presentes en el suelo, así como en las raíces, por lo que el movimiento de cualquier planta entera con suelo asociado correrá el riesgo de propagar la plaga. 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, Okeniyi et al. 2009). Enmiendas orgánicas como estiércol de aves y ganado, y extractos de hojas de plantas de *Ocimum gratissimum*, *Carica papaya*, *Azadirachta indica*, *Vernonia amygdalina*, *Bixa orellana*, *Acalypha ciliate*, *Jatropha gossypifolia* and *Allium ascalonicum*, han demostrado tener un efecto supresor sobre los nematodos fitoparásitos o reducir las poblaciones en el suelo (Orisajo et al. 2008, Orisajo, 2009). Aunque se han utilizado nematicidas y esterilización por vapor para controlar nematodos en el vivero (Afolami, 1993), existen pocos métodos de control químico que sean ambientalmente seguros y económicamente viables para su uso en un cultivo de árboles perennes como el cacao en el campo. Se aboga por sistemas de manejo integrado que incorporen una buena higiene, enmiendas orgánicas del suelo y el desarrollo del control biológico (Orisajo, 2018, Lezaun, 2016).

10.7 Referencias

- Afolami SO. 1982. Symptoms of root-knot nematode infection on *Theobroma cacao*. L. - a preliminary investigation. In: Proceedings of the third research planning conference on root-knot nematodes *Meloidogyne* spp., Nigeria Nov 16-20, 1981. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan. pp. 148-156.

- Afolami SO. 1993. The effect of Basamid granular (Dazomet) on nematodes parasitic on cacao seedling in the nursery. In: Proceedings of the 11th International Cocoa Research Conference, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 18-24 July 1993.
- Afolami SO, Ojo AA. 1984. Screening of *Theobroma cacao* germplasm for resistance against a root-knot nematode- *Meloidogyne incognita* in Nigeria. In: Proceedings of the 9th international Cocoa research conference, February 12-18, 1984, Lomé, Togo. pp. 237-242.
- Afolami SO, Caveness FE. 1983. The Frequency of occurrence and geographical distribution of plant parasitic nematodes associated with *Theobroma cacao* in Nigeria. *Turrialba* 33(1): 97 -100.
- Arévalo Gardini E. 2008. Biodiversity in soils of cocoa systems in San Martin Region. Proceedings of the XI National Congress and IV International Congress of Soil Science, Tarapoto, San Martin, Peru, November 16-21, 2008.
- Arévalo Gardini E, Zúñiga CL, Baligar VC, Canto SM. 2007. Dynamics of nematode populations in cacao grown under traditional system of management in Peruvian Amazon. Workshop on Pan Amazonian Soil Biodiversity, Rio Branco Acre, Brazil, September 26-29, 2007.
- Arévalo Gardini, E 2014. Dinámica de los indicadores de calidad del suelo en el manejo de sistemas agroforestales con cacao PhD Thesis, Universidad Nacional Agraria La Molina, Peru
- Asare-Nyako A, Owusu K. 1979. *Meloidogyne incognita* infection of cocoa seedlings. Proceedings of the 7th International Cocoa Research Conference. Douala, Cameroon, November 1979. pp. 457-461.
- Bustamante GV. 2019. Estudio de la ocurrencia de nematodos en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en la zona sur de la provincia del Guayas. *Alternativas* 20(1): 47-51. doi:<https://doi.org/10.23878/alternativas.v20i1.280>
- Campos VP, Villain L. 2005. Nematode parasites of coffee and cocoa. In: Luc M, Sikora RA, Bridge J, editors. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2nd edition. CABI Bioscience, UK. pp. 529-579.
- Crozzoli, R. 2002. Especies de nematodos fitoparasíticos en Venezuela. *Interciencia*, 27 (7): 354-364. Crozzoli R, Lamberti F, Greco N, Rivas D. 2001. Phytoparasitic nematodes associated with cacao in Choroní, Cumboto and Cuyagua, Aragua State. *Fitopatología Venezolana* 14:5-12.
- Fademi OA, Orisajo SB, Afolami SO. 2006. Impact of plant parasitic nematodes on cocoa production (in Nigeria) and outlook for future containment of the problem. In Proceedings 15th International Cocoa Research Conference, October 9-14, 2006, San José, Costa Rica. pp. 82.
- López-Chaves R, Salazar-Figueroa L, Azofeifa-Chacón J. 1980. Observations on the spatial distribution of nematodes associated with cocoa in Costa Rica. XII Annual Meeting OTAN, Pointe-à-Pitre, FWI. pp. 17-21.
- Lezaun J. 2016. Nematodos fitoparásitos: una plaga mundial. *Crop life*. <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/nematodos-fitoparasitos>
- Meredith JA. 1974. Phytoparasitic nematodes associated with cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Venezuela. *Nematropica* 4:23-26.
- Okeniyi MO, Afolami SO, Fademi AO, Aikpokpodion P. 2009. Evaluation of cacao (*Theobroma cacao* L.) clones for resistance to root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. *Journal of Applied Biosciences* 17: 913 - 921
- Okeniyi MO, Orisajo SB, Afolami SO, Enikuomhin AO, Popoola AR, Aiyelaagbe IOO. 2016. Distribution and effects of nematode management on plant parasitic nematodes in selected old and moribund cocoa farms in South Western Nigeria. *World Research. Journal of Agricultural Sciences* 3(1): 39-47.
- Oliveira DS, Oliveira RDL, Freitas LG, Silva RV. 2005. Variability of *Meloidogyne exigua* on Coffee in the Zona da Mata of Minas Gerais State, Brazil. *Journal of Nematology* 37:323-327. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc2620970/>
- 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. 2018. In: Umaharan, P. (Ed.). 2018 Achieving sustainable cultivation of cocoa (1st ed.) Nematode pests of cocoa. pp. 327-344. Burleigh Dodds Science Publishing.
- Orisajo SB, Afolami SO. 2009 Amelioration of nematode parasitism on cocoa seedlings with poultry litter as soil amendment in the nursery and during field establishment. African Crop Science Conference Proceedings, Vol. 9. pp. 687 – 690
- Orisajo S.B. 2009. Nematodes of Cacao and Their Integrated Management. In: A Ciancio, KG Mukerji editors. Integrated Management of Fruit Crops and Forest Nematodes. Springer. pp. 119-134.
- Orisajo SB, Afolami SO, Fademi O, Atungwu JJ. 2008. Effects of poultry litter and carbofuran soil amendments on *Meloidogyne incognita* attacks on cacao. Journal of Applied Biosciences 7:214-221. Sasser JN, Carter CC, editors. 1985. An Advance Treatise on Meloidogyne. Vol. I. Biology and Control. Raleigh: North Carolina State University Graphics. USA. 422 pp.
- Popoola AR. 2018. Distribution and effects of nematode management on plant parasitic nematodes in selected old and moribund cocoa farms in South Western Nigeria. In. <https://www.semanticscholar.org/author/R.-PopoolaA./2100136688>
- Sasser JN, Carter CC (Eds). 1985. Advance Treatise on Meloidogyne. Raleigh North Carolina State University Graphics. 19-24.
- Sharma, R.D. 1977. Nematodes of the cocoa Region of Bahia, Brazil. VI. Nematodes associated with tropical fruit trees. Soc. Brasil. Nemat. Public. N° 2: 109 -113.
- Sharma RD. 1982. Nematodes associated with cocoa hybrids and clones in Bahia, Brasil. Nematologia Brasileira 6:85-91.
- Sosamma VK, Koshy PK, Sundararaju P. 1979. Nematodes of cocoa (*Theobroma cacao* L.). In: Proceedings of the Second Annual Symposium on Plantation Crops, June 26-29, Ootacamund, India. pp. 16-19.
- Sosamma VK, Koshy PK, Sundararaju P. 1980. Plant parasitic nematodes associated with cacao. Cocoa Growers' Bulletin 29:27-30
- Tarjan AC, Jiménez, MF. 1973. Debilitation of cacao in Costa Rica by plant nematodes. Nematropica, 3 (1) 25-28
- Taylor AI, Sasser JN. 1983. Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz. Universidad del estado de Carolina del Norte. 111 pp.
- Taylor AI, Sasser JN. 1983. Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz. Universidad del estado de Carolina del Norte. 111 pp.
- Wood GAR, Lass RA. 2001. Cocoa. 4 ed. Blackwell Science, UK. 620 pp.

ISBN 978-92-9255-240-4 © Bioversity International 2021

Alliance of Bioversity International and CIAT

Headquarters

Via di San Domenico, 1

00153, Rome, Italy



Alliance

