

SEP

# POLIBOTÁNICA

ISSN 1405-2768



Enero 2022

Núm. 53

POLIBOTÁNICA



Núm. 53



Enero 2022

## PÁG.

## CONTENIDO

- 1 Fabáceas del Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México  
*Fabaceae of the Flora and Fauna Protection Area Médanos de Samalayuca, Chihuahua, Mexico*  
J.R. Rueda-Torres | L. De León Pesqueira | A.B. Gatica Colima
- 13 Estudio de la flora presente en apiarios de tres municipios en el estado de Yucatán, México  
*Study of flora present in apiaries of three municipalities in the state of Yucatan, Mexico*  
C.I. Briceño Santiago | J. Cano Sosa | A.L. Ramos Díaz | R. Noriega Trejo | D.I. Couoh May
- 35 Relaciones filogenéticas de especies de *Phaseolus* de México con base en marcadores de ADN cloroplástico  
*Phylogenetic relationships of Phaseolus species from México based on chloroplastic DNA markers*  
V.H. Villarreal Villagrán | J. S. Muruaga Martínez | M.L.P. Vargas Vázquez | N. Mayek Pérez | S. Hernández Delgado
- 53 Las ingresiones e islas de los bosques espinosos del Caldenal dentro de los pastizales Austral Pampeanos  
*The Caldenal thorny forests ingressions and islands inside the Austral Pampean grasslands*  
E.L. Guerrero
- 69 Diversidad de especies de plantas arvenses en tres monocultivos del Bajío, México  
*Diversity of weed species in three monocultures from Bajío, Mexico*  
R. Guzmán Mendoza | V. Hernández Hernández | M.D. Salas Araiza | H.G. Núñez Palenius
- 87 Genetic diversity and genetic structure of *Capsicum annuum* L., from wild, homegarden and cultivated populations in a heterogeneous environment in Oaxaca, Mexico  
*Diversidad genética y estructura genética de Capsicum annuum L., de poblaciones silvestres, de traspatio y cultivadas en un ambiente heterogéneo en Oaxaca, México*  
R.T. Tapiaez | J.M. Peñaloza Ramírez | A.P. Olvera | A.L. Albarran Lara | K. Oyama
- 105 Morfología polínica de *Neomillspaughia* y *Podopterus* (Polygonaceae: Eriogonoideae: Cocolobeae)  
*Pollen morphology of Neomillspaughia and Podopterus (Polygonaceae: Eriogonoideae: Cocolobeae)*  
K.C. Durán Escalante | J.J. Ortiz Díaz | M. M. Ferrer | J. Tun Garrido
- 119 Morfoanatomía, histoquímica y germinación de las semillas de *Mammillaria parkinsonii* Ehrenb. (Cactaceae)  
*Morphoanatomy, histochemistry and germination of the seeds of Mammillaria parkinsonii Ehrenb. (Cactaceae)*  
Y. Uribe Salazar | A. Quintanar Isaías | C. Barbosa Martínez | J. Flores | C.L. Jiménez Sierra
- 135 Asymbiotic germination, *ex situ* conservation and *in vitro* plant regeneration of *Catasetum integerrimum* Hook  
*Germinación asimbiótica, conservación ex situ e in vitro regeneración de plantas de Catasetum integerrimum Hook*  
G. López Puc | G.J. Herrera Cool
- 151 Fitoquímicos y propiedades nutraceuticas de durazno (*Prunus persica* L.) cultivado en Zacatecas  
*Phytochemicals and nutraceutical properties of peach (Prunus persica L.) harvested in Zacatecas*  
J. Aguayo Rojas | S. Mora Rochín | X. Tovar Jiménez | J.J. Rochín Medina | R.O. Navarro Cortez
- 167 Evaluation of extracts of endemic trees (*Magnolia* spp.) in Mexico against the fruit fly pest and preliminary phytochemical study  
*Evaluación de extractos de árboles endémicos (Magnolia spp.) de México contra la plaga de la mosca de la fruta y estudio fitoquímico preliminar*  
S.G. Vásquez Morales | E.A. Alvarez Vega | D.A. Infante Rodríguez | J.P. Huchin Mian | M. Pedraza Reyes
- 183 Características fenotípicas, nutricionales y nutraceuticas de frutos de chile x'catik, dulce y su híbrido fl (*Capsicum annuum* L.)  
*Phenotypic, nutritional and nutraceutical traits of x'catik chili fruits, sweet and its fl hybrid (Capsicum annuum L.)*  
Y.A. Mís Valdez | M.J. Hernández Pinto | R. Garruña | K.B. Medina Dzul | R.H. Andueza Noh
- 197 Mecanismos de infección endógena en frutos de cacao con *Moniliophthora roreri*  
*Mechanisms of endogenous infection in cocoa fruits with Moniliophthora roreri*  
V. Flores | L. Gómez Rodríguez | J.A. López García | J. Grajales Conesa
- 211 Efectos de *Bacillus subtilis* cepas GBO3 y IN937b en el crecimiento de maíz (*Zea mays* L.)  
*Effects of Bacillus subtilis strains GBO3 and IN937b on the growth of corn (Zea mays L.)*  
A.E. Gutiérrez Calvo | A. Gutiérrez Estrada | C.L. Miceli Méndez | M.A. López Miceli
- 219 Conhecimentos etnobotánicos de mateiros em comunidades rurais da região da Serra das Almas, Paraná - Brasil  
*Conocimiento etnobotánico de los silvicultores en comunidades rurales de la región Serra das Almas, Paraná - Brasil*  
*Ethnobotanical knowledge of foresters in rural communities in the Serra das Almas region, Paraná - Brazil*  
M. Ferreira Clarindo | A. Staniski | J. Strachulski
- 239 Valor cultural de los recursos forestales no maderables en comunidades zapotecas de la Sierra Juárez de Oaxaca  
*Cultural value of non-timber forest resources in Zapotec communities of the Sierra Juarez de Oaxaca*  
J. Martínez López | N.G. Molina Luna | S. Rangel Landa | C. Aquino Vázquez | A. Acosta Ramos

## Portada

*Podopterus mexicanus* Humb. & Bonpl. Polygonaceae. "Rompe capa". Árboles o arbustos de 1.5-6.0 m de altura, ramas con espina terminal, braquiblastos, hojas fasciculadas, flores blancas a verdosas en fascículos, y frutos cubiertos por el perianto externo que forma alas delgadas y largamente decurrentes hacia el pedicelo. Crece en bosques tropicales caducifolios y bosques espinosos, sobre suelo rocoso negro derivado de rocas ígneas. En elevaciones de 550-760 m. Florece de abril a mayo y fructifica de junio a septiembre. Se distribuye desde México hasta Centroamérica. En México se encuentra en los estados de Colima, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. Se utiliza como planta melífera y para leña.



*Podopterus mexicanus* Humb. & Bonpl. Polygonaceae. "Rompe capa". Trees or shrubs 1.5-6.0 m tall, branches with a terminal spine, brachyblasts, fasciculate leaves, white to greenish flowers in fascicles, and fruit covered by the external perianth that forms thin wings and longly decurrent towards the pedicel. It grows in tropical deciduous forests and thorny forests, on black, rocky soil derived from igneous rocks. At elevations of 550-760 m. Blossoms from April to May and bears fruit from June to September. It is distributed from Mexico to Central America. In Mexico it is found in the states of Colima, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Tamaulipas, Veracruz and Yucatán. It is used as a melliferous plant and for firewood.

por/by **Rafael Fernández Nava**



## INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Director General: *Dr. Arturo Reyes Sandoval*

Secretario General: *Mtro. Juan Manuel Cantú Vázquez*

Secretario Académico: *Dr. David Jaramillo Viguera*

Secretario de Extensión e Integración Social: *Dr. Luis Alfonso Villa Vargas*

Secretario de Investigación y Posgrado: *Dra. Laura Arreola Mendoza*

Secretario de Servicios Educativos: *Dra. Ana Lilia Coria Páez*

Secretario de Administración: *M. en C. Javier Tapia Santoyo*

Director de Educación Superior: *Mtro. Mauricio Igor Jasso Zaranda*

## ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Directora:

*Dra. Yadira Rivera Espinoza*

Subdirectora Académica:

*M. en C. Martha Patricia Cervantes Cervantes*

Subdirector Administrativo:

*Ing. Raúl Chávez Alvircio*

Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación:

*Dr. Gerardo Aparicio Ozores*

Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social:

*Dr. Felipe Neri Rodríguez Casasola*

---

**POLIBOTÁNICA**, Año 27, No. 53, enero-junio 2022, es una publicación semestral editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas C.P. 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F. Teléfono 57296000 ext. 62331. <http://www.herbario.encb.ipn.mx/>, Editor responsable: Rafael Fernández Nava. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2015-011309001300-203. ISSN impreso: 1405-2768, ISSN digital: 2395-9525, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de informática de la ENCB del IPN, Rafael Fernández Nava, Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas C.P. 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

# REVISTA BOTÁNICA INTERNACIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## EDITOR EN JEFE

*Rafael Fernández Nava*

## EDITORA ASOCIADA

*María de la Luz Arreguín Sánchez*

## COMITÉ EDITORIAL INTERNACIONAL

*Christiane Anderson*  
University of Michigan  
Ann Arbor, Michigan, US

*Edith V. Gómez Sosa*  
Instituto de Botánica Darwinion  
Buenos Aires, Argentina

*Heike Vibrans*  
Colegio de Postgraduados  
Estado de México, México

*Jorge Llorente Bousquets*  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad de México, México

*Graciela Calderón de Rzedowski*  
Instituto de Ecología del Bajío  
Pátzcuaro, Mich., México

*Delia Fernández González*  
Universidad de León  
León, España

*Theodore S. Cochrane*  
University of Wisconsin  
Madison, Wisconsin, US

*Jerzy Rzedowski Rotter*  
Instituto de Ecología del Bajío  
Pátzcuaro, Mich., México

*Hugo Cota Sánchez*  
University of Saskatchewan  
Saskatoon, Saskatchewan, Canada

*Luis Gerardo Zepeda Vallejo*  
Instituto Politécnico Nacional  
Ciudad de México, México

*Fernando Chiang Cabrera*  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad de México, México

*Claude Sastre*  
Muséum National d'Histoire Naturelle  
Paris, Francia

*Thomas F. Daniel*  
California Academy of Sciences  
San Francisco, California, US

*Mauricio Velayos Rodríguez*  
Real Jardín Botánico  
Madrid, España

*Francisco de Asis Dos Santos*  
Universidad Estadual de Feira de Santana  
Feira de Santana, Brasil

*Noemi Waksman de Torres*  
Universidad Autónoma de Nuevo León  
Monterrey, NL, México

*Carlos Fabián Vargas Mendoza*  
Instituto Politécnico Nacional  
Ciudad de México, México

*Julieta Carranza Velázquez*  
Universidad de Costa Rica  
San Pedro, Costa Rica

*José Luis Godínez Ortega*  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad de México, México

*Tom Wendt*  
University of Texas  
Austin, Texas, US

*José Manuel Rico Ordaz*  
Universidad de Oviedo  
Oviedo, España

## DISEÑO Y FORMACIÓN ELECTRÓNICA

*Luz Elena Tejeda Hernández*

## OPEN JOURNAL SYSTEM Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

*Pedro Aráoz Palomino*

Toda correspondencia relacionada con la revista deberá ser dirigida a:

**Dr. Rafael Fernández Nava**  
Editor en Jefe de

## POLIBOTÁNICA

Departamento de Botánica  
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional  
Apdo. Postal 17-564, CP 11410, Ciudad de México

Correo electrónico:  
*polibotanica@gmail.com*  
*rfernan@ipn.mx*

Dirección Web  
*http://www.polibotanica.mx*

POLIBOTÁNICA es una revista indexada en:

CONACYT, índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

SciELO - Scientific Electronic Library Online.

Google Académico - Google Scholar.

DOAJ, Directorio de Revistas de Acceso Público.

Dialnet portal de difusión de la producción científica hispana.

REDIB Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico.

LATINDEX, Sistema regional de información en línea para revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.

PERIODICA, Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.



# MECANISMOS DE INFECCIÓN ENDÓGENA EN FRUTOS DE CACAO CON *Moniliophthora roreri*

## MECHANISMS OF ENDOGENOUS INFECTION IN COCOA FRUITS WITH *Moniliophthora roreri*

**Albores Flores, V.J.; L. Gómez Rodríguez; J.A. López García y J. Grajales Conesa.**

MECANISMOS DE INFECCIÓN ENDÓGENA EN FRUTOS DE CACAO CON  
*Moniliophthora roreri*.

MECHANISMS OF ENDOGENOUS INFECTION IN COCOA FRUITS WITH  
*Moniliophthora roreri*.



## MECANISMOS DE INFECCIÓN ENDÓGENA EN FRUTOS DE CACAO CON *Moniliophthora roreri*

### MECHANISMS OF ENDOGENOUS INFECTION IN COCOA FRUITS WITH *Moniliophthora roreri*

V. J. Albores Flores / [alboresflores@gmail.com](mailto:alboresflores@gmail.com)

L. Gómez Rodríguez

J.A. López García

J. Grajales Conesa

*Instituto de Biociencias, Universidad Autónoma de Chiapas.  
Boulevard Príncipe Akishino sin número Colonia Solidaridad 2000,  
CP 30798. Tapachula, Chiapas, México*

Albores Flores, V.J.;  
L. Gómez Rodríguez;  
J.A. López García  
y J. Grajales Conesa.

MECANISMOS DE  
INFECCIÓN ENDÓGENA EN  
FRUTOS DE CACAO CON  
*Moniliophthora roreri*

MECHANISMS OF  
ENDOGENOUS INFECTION  
IN COCOA FRUITS WITH  
*Moniliophthora roreri*

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 53: 197-209. Enero 2022

DOI:  
10.18387/polibotanica.53.13

**RESUMEN:** La moniliasis, producida por el hongo *Moniliophthora roreri*, afecta a frutos de cacao en cualquier estado de desarrollo fenológico, siendo los más susceptibles a la infección los recién formados que son denominados estado infantil. La presencia de frutos de cacao enfermos en las primeras cuatro semanas de desarrollo, hace pensar que el proceso de infección se realiza en la etapa de amarre del fruto. El objetivo del presente estudio fue determinar el mecanismo de formación de frutos enfermos por infección de ovarios de flores de frutos de *Theobroma cacao* de forma endógena por el patógeno y evaluar el efecto antifúngico del extracto de polen maduro e inmaduro de flor de cacao. La investigación se realizó en una plantación de cacao tipo trinitario de la variedad Costa Rica. Se inocularon (con una solución de  $1 \times 10^6$  conidios  $\text{mL}^{-1}$ ) ovarios de flores de cacao antes de efectuar la polinización de forma manual. Después del amarre del fruto, las evaluaciones fueron cada tercer día (fruto de una semana) después de ser infectados, por un lapso de 30 días (10 observaciones). Se colectaron frutos cada semana a partir de la segunda semana después de la infección. Se realizó una extracción alcohólica de polen maduro e inmaduro y se realizó bioensayos contra *M. roreri*. Se encontró la presencia de síntomas a la tercera semana de desarrollo de los frutos infectados. El efecto antimicrobiano se observó más en el extracto alcohólico correspondiente al polen color beige que del amarillo. Este estudio aporta información para comprender la presencia de frutos enfermos en las primeras tres semanas del estado infantil y elucidar el proceso de infección de *M. roreri* en flores de cacao.

**Palabras clave:** *Moniliophthora roreri*, *Theobroma cacao*, Moniliasis, patrón de infección, polinización.

**ABSTRACT:** Moniliasis, produced by the fungus *Moniliophthora roreri*, affects cocoa fruits in any stage of phenological development, the newly formed ones being the most susceptible to infection, which are called the infant stage. The presence of diseased cocoa fruits in the first four weeks of development suggests that the infection process is carried out in the fruit setting stage. The objective of the present study was to determine the mechanism of formation of diseased fruits by infection of the flower ovaries of *Theobroma cacao* fruits endogenously by the pathogen and to evaluate the antifungal effect of the extract of mature and immature cocoa flower pollen. The research was carried out in a Trinitarian-type cocoa plantation of the Costa Rica variety. Ovaries of cocoa flowers were inoculated (with a solution of  $1 \times 10^6$  conidia  $\text{mL}^{-1}$ ) before pollinating manually. After the fruit set, the evaluations were every third day (fruit of a week) after being infected, for a period of 30 days (10 observations). Fruits were collected every week from the second week after infection. An alcoholic

extraction of mature and immature pollen was carried out and bioassays against *M. royeri* were carried out. The presence of symptoms was found at the third week of development of the infected fruits. The antimicrobial effect was observed more in the alcoholic extract corresponding to beige pollen than yellow. This study provides information to understand the presence of diseased fruits in the first three weeks of the infant stage and to elucidate the infection process of *M. royeri* in cocoa flowers.

**Key words:** *Moniliophthora royeri*, *Theobroma cacao*, Moniliasis, infection pattern, pollination.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) de importancia agroalimentaria, por ser fuente comercial para la elaboración de chocolate y manteca, que derivan de sus semillas (Sánchez *et al.*, 2019), produce sus flores en el tronco principal y en ramas laterales durante todo el año. Las flores son hermafroditas de ovario supero y nacen agrupadas en sectores denominados cojines florales. El botón floral se abre en un periodo de 25 a 30 días después de su emergencia y su apertura inicia por la tarde, para que a la mañana siguiente esté completamente viable para la polinización. La flor que no es fecundada se cae del árbol en un periodo de 48 horas (Batista, 2009). La polinización es entomófila realizada por dípteros de la familia *Ceratopogonidae* destacándose el género *Forcipomyia* ssp. (Alvarado Aguayo *et al.*, 2018, Adjalo & Oduro, 2013) los cuales son atraídas por el color de los estaminodios y transfieren el polen de las anteras al estigma, penetrando la flor sin ninguna dificultad.

Los frutos de cacao, son el resultado de la maduración del ovario en la fecundación de la flor. Posterior a ello, el desarrollo del fruto y la diferenciación de la estructura que conforma el fruto de cacao, se presenta en las 18 semanas siguientes (Ten Hoopen *et al.*, 2013, Rangel-Fajardo *et al.*, 2012, Cerri & Reale, 2020). Los frutos formados posteriores a la antesis floral, que son infectados por *M. royeri*, no culminan su desarrollo. La pérdida de frutos de cacao se presenta en las primeras doce semanas de desarrollo, oscila entre 60 y 80%, donde la causa principal es la infección de patógenos fúngicos (Phillips-Mora & Wilkinson, 2007, Torres de la Cruz *et al.*, 2013, Espinosa-García *et al.*, 2015).

La moniliasis del cacao, considerada como la enfermedad fúngica más perjudicial, provoca pérdidas económicas para los productores de cacao (Correa Álvarez *et al.*, 2014). *Moniliophthora royeri* es considerado el agente causal de esta enfermedad e infecta específicamente a frutos en diferentes estados fenológicos de desarrollo (Phillips-Mora *et al.*, 2005).

Basado en observaciones generales a plantaciones de cacao establecidas, la presencia de frutos enfermos de moniliasis posterior al amarre de los frutos y en las primeras cuatro semanas de desarrollo del fruto (Phillips-Mora & Wilkinson, 2007), hace pensar que el proceso de infección con conidios de *M. royeri* se llevó a cabo en la etapa de fecundación del óvulo durante la polinización y que el proceso de incubación recurrente fue de tres semanas.

Los objetivos de este trabajo de investigación fueron determinar el mecanismo de formación de frutos enfermos en las primeras etapas fenológicas con infección endógena de ovarios de flores de *Theobroma cacao*, con *M. royeri* y el efecto antifúngico del extracto de polen de flor de cacao.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Establecimiento del experimento.** La investigación se realizó en una plantación productiva de cacao de tipo trinitario de la variedad Costa Rica (información proporcionada por el productor),

ubicada en el Municipio de Cacahoatán, Chiapas a 461 msnm cuyas coordenadas geográficas son N14°54.539 W092°10.897. Está en una zona que es templado - húmedo, con nubosidad variante donde la temperatura oscila de 17 a 33 °C, con una precipitación al año de 304 mm. Con árboles que oscilan de 17 años de edad (todos clones) con una distancia de siembra de 2 x 2.5 m (información proporcionada por el productor), acompañados de árboles maderables.

**Infección de la flor de cacao, con *Monillioththora roreri*.** Para el inóculo se utilizó una cepa clasificada como GNov32 de *M. roreri* proporcionada por el Instituto de BioCiencias. Se utilizaron 21 árboles en etapa de floración (antes de la antesis) en los cuales se seleccionaron flores semi-abiertas receptoras las cuales fueron protegidas para evitar fecundación y contaminación por esporas, y se seleccionó flores donadoras. Se establecieron ocho tratamientos (Cuadro 1). Los ovarios de las flores receptoras se inocularon con conidios de *Moniliophthora roreri*  $1 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$  utilizando una micropipeta (Fig. 1-Izquierda). A cada una de las flores receptoras se le aplicó 20  $\mu\text{l}$  de la solución de conidios, posteriormente se polinizaron de forma manual (Figura 1-Derecha). Se seleccionó la flor donadora con un polen viable de color amarillo crema (menor madurez) o amarillo (maduro). Se quitaron los sépalos y pétalos para que las anteras quedarán libres. Posterior a la inoculación (5 min), las anteras fueron frotadas en el ovario para la colocación de granos de polen sobre la flor receptora. Para evitar contaminación de polen extraño se encerró la flor en un dispositivo transparente, amarrado con listón al tronco o ramas de cada planta procurando no dañar las flores. En la parte apical del dispositivo se colocó una tela, malla tipo mosquitera para permitir el paso del oxígeno, luz y agua que procediera del ambiente, evitando que estas se almacenarán en el dispositivo, y evitar que insectos interfirieran en la polinización. Se monitorean cada semana para revisar la presencia de fruto y determinar que existió fecundación.

**Cuadro 1.** Tratamientos establecidos en campo.

Tratamientos	Condición	Polinización	Código
1	Inoculación	Con polen crema*	IPC
2	No inoculación	Con polen crema	SPC
3	Inoculación	Con polen amarillo **	IPA
4	No inoculación	Con polen amarillo	SPA
5	Inoculación	No polinización	ISP
6	No inoculación	No polinización	SIP

\*: Menor grado de madurez, \*\*: Mayor grado de madurez



**Fig. 1:** Inoculación (Izquierda) y polinización (Derecha) de flores de cacao.

Se determinó el tiempo en que se presentó el primer síntoma en los frutos de cacao, por cada tratamiento, denominado tiempo de incubación (Ti) y la incidencia inicial (Yo). La incidencia de la enfermedad para cada edad (semanas) de la fruta se calculó según la fórmula de incidencia, donde I: es incidencia, nFE: es número de frutos enfermos y nFT: es el total de frutos.

**Efecto de antifúngico del extracto alcohólico del polen.** Para determinar si el polen que fecunda la flor de cacao tiene alguna propiedad inhibitoria hacia la espora de *M. royeri*, se estableció lo siguiente: se colectaron flores abiertas del campo con estaminodios cerrados (CER, condición donde no se puede polinizar el ovario) y flores abiertas con estaminodios abiertos (AB, condición donde se puede polinizar el ovario) (Fig. 2). Se colectó el polen de cada condición de la flor, el cual fue de color crema (CREM) y amarillo (AMARI), se presentan en el cuadro 2. Estos se almacenaron en tubos Eppendorf con 1 mL de alcohol al 70% y se maceró con un agitador de vidrio. En medio de cultivo con ADP a pH de 6 en cajas Petri, se colocaron 100  $\mu$ L de la solución alcohólica de polen por mL de medio. Se realizó por triplicado y a cada placa se inoculó con  $1 \times 10^6$  conidios mL<sup>-1</sup> del hongo GNov32 *M. royeri*, proporcionado por el cepario del Instituto de Biociencias. Se midió diariamente el crecimiento de la colonia con un vernier.



**Fig. 2.** Flor de cacao con estaminodios abiertos (izquierda) y estaminodios cerrados (derecha).

**Cuadro 2.** Tratamientos establecidos para determinar el efecto antifúngico del extracto de polen en el crecimiento de *M. royeri* (AB: abiertos, CER: cerrados, CREM: crema, AMARI: amarillo).

Estaminodios	Color de polen
AB	CREM
AB	AMARI
CER	CREM
CER	AMARI

**Análisis estadístico.** Se realizó un análisis de varianza a las variables amarre de frutos, incidencia,  $Y_o$ ,  $T_i$  e inhibición microbiana, y donde se observaron diferencias se realizó una comparación de medias por Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Se aplicó una prueba de “t Student” ( $p= 0.05$ ) en tratamientos donde existieron frutos enfermos. Se utilizó el software Infostat v. 2015.

## RESULTADOS

El grado de madurez del polen en el proceso de fecundación de ovarios de cacao, es un factor importante para el amarre de frutos ( $F: 6.34, p<0.0138$ ), tal como se observa en el cuadro 3. El valor obtenido de fecundación de flores en los tratamientos 2 y 4, muestra que el polen amarillo sin presencia de inóculo

genera un 8.5% de frutos comparado con el valor de 3.66% del polen crema (una diferencia de 4.84 % entre ellos). En flores inoculadas y con polinización, el amarre de frutos fue de 7.69% con polen amarillo y de 2.92 con polen crema (una diferencia de 4.77 % entre ellos). La presencia de inóculo de *M. royeri* en la entrada del ovario, no interfirió en el amarre de los frutos (F: 0.54, p=0.4646, cuadro 4).

**Cuadro 3.** Porcentaje de fecundación e incidencia de las flores evaluadas por tratamientos.

Tratamientos	N° F	% Fe total	% I total	TEPS (s)
IPC	205	2.92 b*	33.33	3 y 4
SPC	273	3.66 b	0	
IPA	195	7.69 a	40.0	2, 3 y 4
SPA	200	8.5 a	0	
ISP	205	0	0	
SIP	273	0	0	

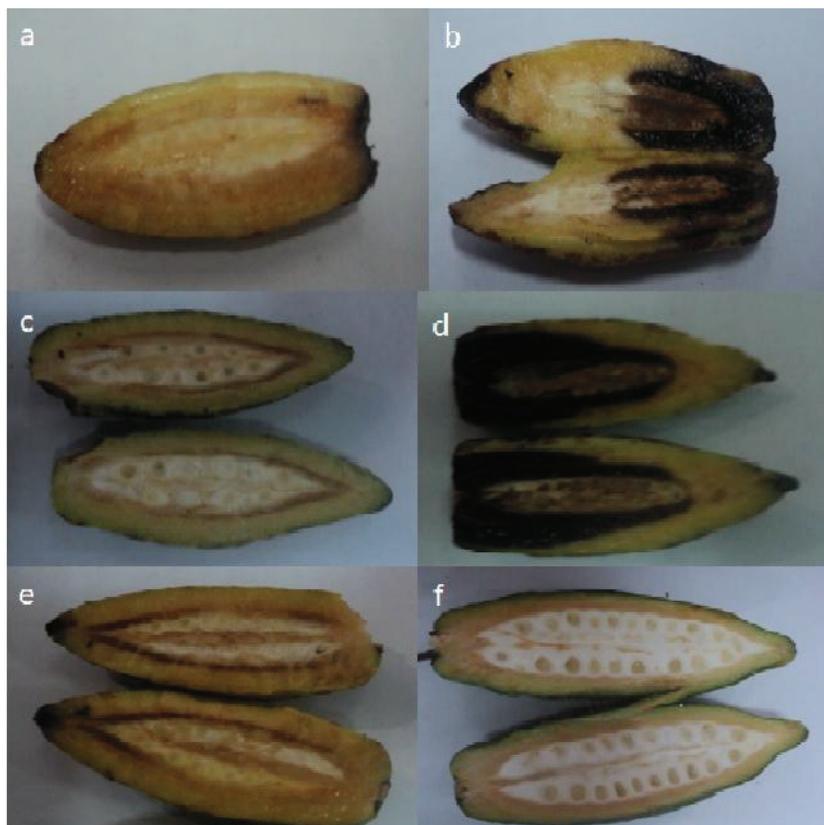
F: Flores, Fe: Fecundación, I: Incidencia de frutos enfermos, TEPS: Tiempo en expresarse el primer síntoma, s: semanas. \*letras iguales no hay diferencias significativas.

**Cuadro 4.** Análisis de varianza de frutos amarrados en la polinización manual, por tipo de polen. No se incluyó a los testigos por falta de valores.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.82	3	1.27	2.52	0.0639
Tipo polen	3.2	1	3.2	6.34	0.0138
Condición	0.27	1	0.27	0.54	0.4646
Tipo polen*condición	0.34	1	0.34	0.68	0.4126
Error	40.42	80	0.51		
Total	44.24	83			

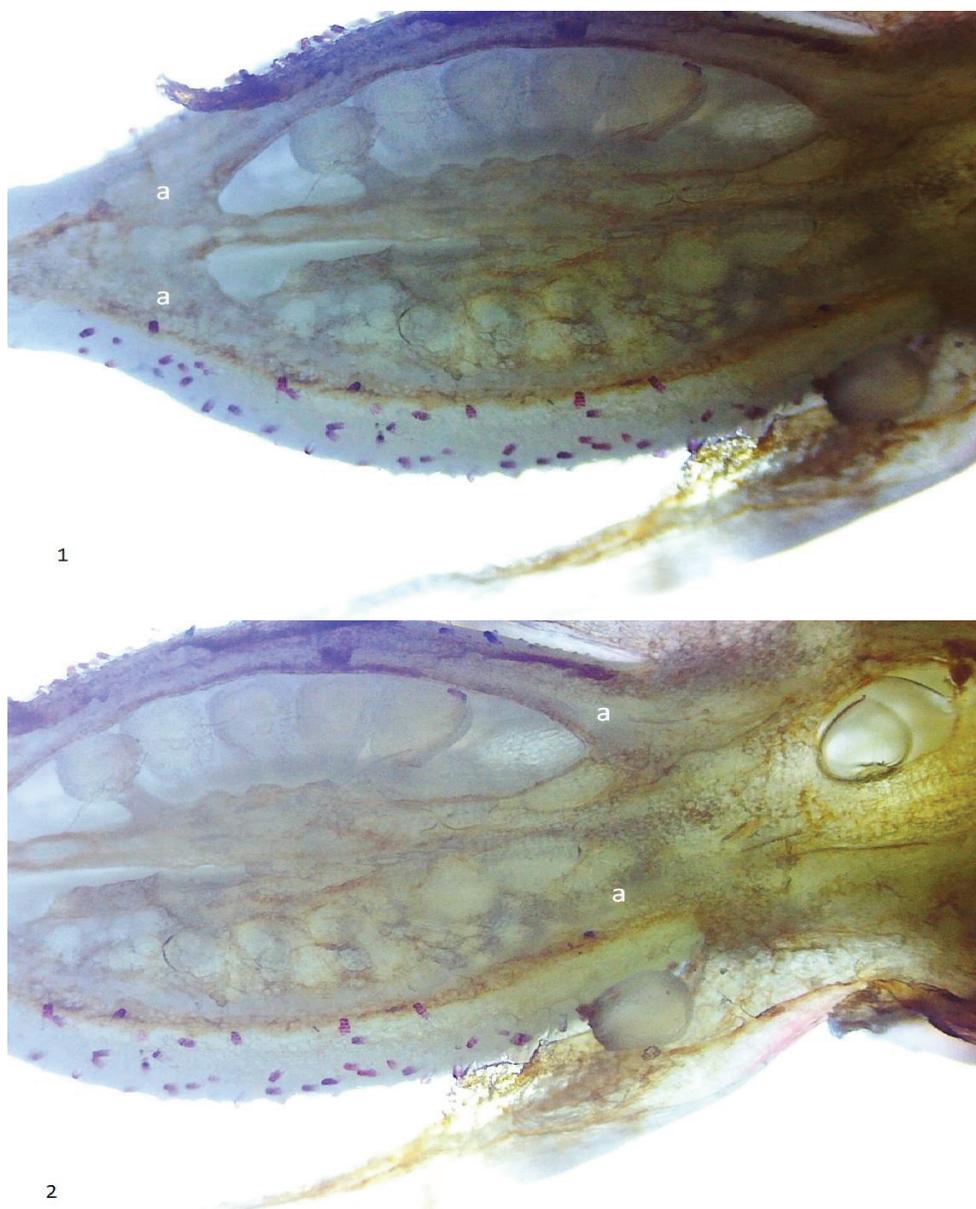
Condición: inoculación y no inoculación.

La presencia de frutos enfermos en el primer estado fenológico (jóvenes-infantil, Fig. 3) es el resultado de la presencia de conidios de *M. royeri* en la entrada del ovario antes de realizar el proceso de fecundación. La sanidad fue mayor en frutos sin inocular (Cuadro 3, porcentaje de incidencia). El tratamiento polinizado con polen crema presentó un 6.67 % menos incidencia que el tratamiento polinizado con polen amarillo. Acorde a la comparación realizada entre el tipo de polen ( $t: -1.58, p=0.1217$ ), se determinó que no afecta al proceso de infección de *M. royeri* en la etapa de amarre del fruto.



**Fig. 3.** Frutos jóvenes - infantiles enfermos de los tratamientos inoculados (I) y no inoculados (S) de las flores de cacao polinizadas con polen (P) de color crema (C) e amarillo (A) (a: IPC a la 3ra semana; b: IPA a la 3ra semana; c: SPC a la 4ª semana; d: IPA a la 3ra semana; e: IPC a la 4ª semana y f: SPA a la 5ª semana).

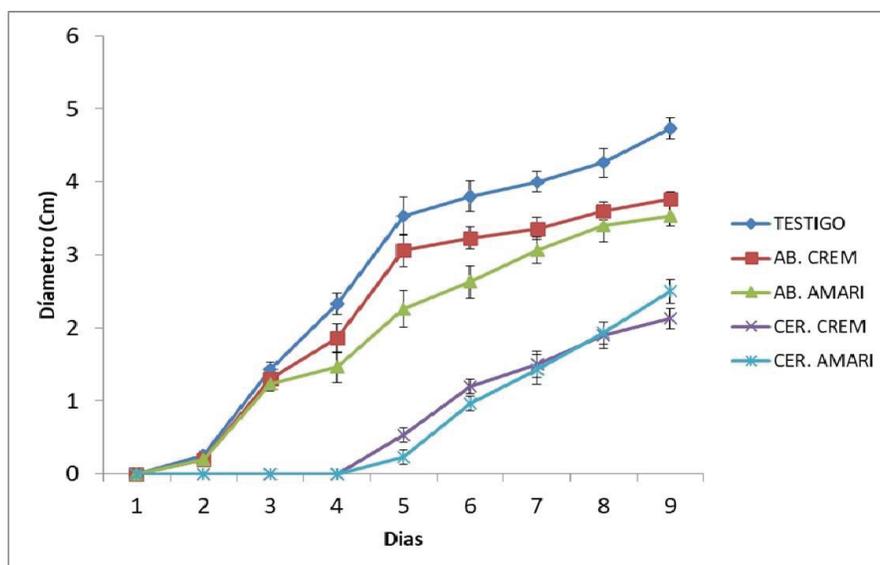
La presencia de síntomas en todos los frutos analizados, fue la generación de un color amarillo seguido de una necrosis cercana al pedúnculo o en la parte apical de los frutos infantiles, observado a partir de la tercera y cuarta semana de desarrollo (Cuadro 3). En frutos con síntoma externo, el análisis de daño al tejido interno expuso una necrosis u oxidación del tejido que se origina en el interior del fruto correspondiente a la zona del ápice y cercana al pedúnculo, que avanza al exterior (Fig. 3a, b, d y e). Con lo anterior se proponen los sitios donde se estaciona el conidio después que acompaña (adherido) al tubo germinativo en el proceso de fecundación en el ovario (Fig. 4). Es probable que posterior a la germinación de los conidios se da el avance del micelio en el tejido conforme se desarrolla del fruto.



**Fig. 3.** Esquema de sitios donde se estaciona la espora de *M. roreri* en el ovario de la flor de *Theobroma cacao*. (1: Próximo al cuello de entrada, 2: en la base del ovario, a: zona donde queda la espora de *M. roreri*).

#### **Efecto de antifúngico del extracto alcohólico del polen**

Existió un retraso en el crecimiento micelial de *M. roreri* a la exposición de extractos alcohólicos para ambos tipos de polen de flores con estaminodios cerrados (F: 5626.75, p: <0.0001, cuadro 5), a diferencia del polen de flores con estaminodios abiertos (Fig. 4). El extracto de polen de flor de cacao que mayor efecto inhibitorio ejerció en el crecimiento de la colonia de *M. roreri*, fue el amarillo (F: 85.98, p: <0.0001). El retraso observado de cuatro días en la formación de la colonia de *M. roreri*, con extractos de polen de flores con estaminodios cerrados, se traduce a que existió un efecto fungistático.



**Fig. 4.** Cinética de crecimiento de colonia de *M. royeri* en presencia de extractos alcohólicos de polen de flores de cacao, alfa = 0.05. (AB: estaminodios abiertos, CER: estaminodios cerrados, CREM: crema y AMARI: amarillo).

**Cuadro 5.** Análisis de varianza del efecto inhibitorio de los extractos alcohólicos a *M. royeri*.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	292.89	44	6.66	919.31	<0.0001
<b>Condición</b>	81.48	2	40.74	5626.75	<0.0001
<b>Tipo de polen</b>	0.62	1	0.62	85.98	<0.0001
<b>Días</b>	184.88	8	23.11	3191.64	<0.0001
<b>Condición*Tipo de polen</b>	0.45	1	0.45	62.66	<0.0001
<b>Condición*Días</b>	24.23	16	1.51	209.13	<0.0001
<b>Tipo de polen*Días</b>	0.96	8	0.12	16.53	<0.0001
<b>Condición*Tipo de polen*Días.</b>	0.26	8	0.03	4.54	0.0001
<b>Error</b>	0.65	90	0.01		
<b>Total</b>	293.54	134			

## DISCUSIÓN

La generación de frutos enfermos de cacao en las primeras semanas de desarrollo, fueron ocasionados por la infección de ovarios maduros con conidios de *M. royeri* durante el proceso de polinización. La presencia de frutos de cacao enfermos en las primeras semanas de desarrollo coinciden con lo reportado por Phillips-Mora *et al.*, 2005, Phillips-Mora *et al.*, 2006,

Sánchez-Mora & Garcés-Fiallos, 2012. La presencia de frutos enfermos en las primeras semanas, podría explicarse por la infección constante en el proceso de polinización que mantiene la prevalencia de la enfermedad en estas edades de desarrollo.

El tiempo de incubación que tuvo *M. roreri* desde la fecundación del ovario y que generó los síntomas de la moniliasis en los frutos ya formados (osciló de 2 a 4 semanas), depende de la capacidad del conidio para germinar y de la capacidad para penetrar la pared del ovario durante el proceso de transformación a fruto (amarre). El tiempo de incubación de dos semanas difiere de lo reportado por Sánchez-Mora & Garcés-Fiallos, (2012) quienes indican que el tiempo mínimo es de tres semanas. La diferencia en el tiempo de incubación podría explicarse por las características del tejido, donde posiblemente entre menos diferenciación presente existirá un menor el tiempo de incubación.

Nosotros proponemos, basados en los resultados obtenidos, que la infección del ovario de la flor de cacao, durante el proceso de polinización, sucedió cuando el estigma fue contaminado por conidios de *M. roreri*. La llegada de estos conidios al estigma, podría llevarse a cabo de forma natural por el viento e insectos que visitan la flor (Torres de la Cruz *et al.*, 2013, Adjaloo & Oduro, 2013), o incluso llegar el polen ya contaminado (Bucio Villalobos *et al.*, 2010).

La infección interna probablemente se debió a que los conidios viajaron adheridos al tubo polínico y según el movimiento de estos últimos, el rozamiento con las paredes internas del ovario provoca el desprendimiento del mismo (este evento sucede por cada tubo polínico que fecunda a cada óvulo, acorde al proceso de fecundación descrito por Somarriba Chávez *et al.*, 2010).

Proponemos, basados en los resultados obtenidos que la necrosis interna del fruto en estado juvenil (ápice y cercano al pedúnculo) se relaciona con el alojamiento de los conidios en el ovario durante el proceso de fecundación de los óvulos en el amarre del fruto. Los conidios alojados en la base del lóculo, que provocan mayor daño al fruto, presentan mayor frecuencia comparado con los que se alojaron en la zona próxima a la entrada de los lóculos. La presencia de daño en la parte próxima al pedúnculo del fruto podría explicarse por el efecto de gravedad que atrae a los conidios desprendidos del tubo polínico al fondo del lóculo y probablemente el tegumento interno que cubre a los óvulos y a los lóculos, no permiten la adherencia de los conidios durante el proceso de fecundación. El daño interno (necrosis) del fruto de cacao es ocasionada por el desarrollo de *M. roreri* avanzando del interior al exterior del pericarpio, descrito por Bailey *et al.*, (2013). Esta necrosis interna se presenta en todas las edades de desarrollo con posterior indicativo de síntoma externo y en algunas ocasiones no se expresa síntoma externo (Sánchez-Mora & Garcés-Fiallos, 2012, Phillips-Mora & Wilkinson, 2007).

La infección con conidios de *M. roreri* en el proceso de polinización y fertilización del ovario de la flor del cacao, no impide la fecundación de los óvulos y la formación del fruto de cacao. Las propiedades que pueda contener el polen maduro, no afectan la germinación del conidio ni tampoco lo inactivan. Lo anterior se traduce a que conforme presenta más grado de madurez el polen de la flor de cacao, menores compuestos con actividad antifúngica contiene, similar a lo observado por Albores-Flores *et al.*, (2021), donde los extractos de polen estudiados ejercieron un efecto antifúngico mínimo del 16% y máximo del 65% sobre el crecimiento del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*. La calidad del polen y del proceso de polinización es un factor que favorece la fecundación de las flores de cacao (Frimpong-Anin *et al.*, 2014), donde probablemente la contaminación microbiana podría ser favorecida por los vectores que lo transportan, tal como lo explica Laraba *et al.*, (2019). La relación de la pérdida de frutos de cacao en las primeras semanas de desarrollo no depende en su totalidad por infección de *M. roreri*, siendo la falta de nutrientes en el árbol el otro factor que provoca pérdida de frutos recién formados (Frimpong-Anin *et al.*, 2014).

## CONCLUSIONES

La presencia de conidios de *M. roreri* en el proceso de polinización de flores de cacao y el grado de madurez del polen utilizado en el proceso de la fecundación de los ovarios influyen directamente en la presencia de frutos enfermos.

Con el polen de color amarillo, el de mayor madurez, se generó necrosis en los frutos juveniles de cacao una semana antes que en los frutos generados por la fecundación de flores con polen color crema (menor madurez).

El polen proveniente de flores con estaminodios cerrados, independiente del color, ejerció un efecto reductor en el desarrollo del crecimiento de micelio de *M. roreri*, a diferencia del polen proveniente de flores con estaminodios abiertos.

## LITERATURA CITADA

- Adjaloo, M. K., & Oduro, W. (2013, February 27). Insect assemblage and the pollination system in Cocoa (*Theobroma cacao* L). *Journal of Applied Biosciences*, 62, 4582 - 4594. DOI:10.4314/JAB.V62I0.86070
- Albores-Flores, V. J., Saavedra-Camacho, E., López-García, J. A., Grajales-Conesa, J., & Córdova-Albores, L. C. (2021, Enero 07). Caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante y antifúngica de agregado de polen de tres especies de abejas (Apidae: Meliponini) provenientes del Soconusco, Chiapas. *Revista mexicana de fitopatología*, 39(1), 41-60. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2009-4>
- Alvarado Aguayo, A., Carrera Maridueña, M., & Morante Cajilema, J. (2018, Octubre). Importancia de la Mosquilla *Forcipomyia* spp. en la polinización y producción del cultivo de cacao. *Revista Desarrollo Local Sostenible*. <https://www.eumed.net/rev/delos33/cultivo-cacao.html/hdl.handle.net/20.500.11763/delos33cultivo-cacao>
- Bailey, B. A., Crozier, J., Sicher, R. C., Strem, M. D., Melnick, R., Carazzolle, M. F., Costa, G. G. L., Pereira, G. A. G., Zhang, D., Maximova, S., Gultinan, M., & Meinhardt, L. (2013, January). Dynamic changes in pod and fungal physiology associated with the shift from biotrophy to necrotrophy during the infection of *Theobroma cacao* by *Moniliophthora roreri*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 81, 84-96. <https://doi.org/10.1016/j.pmp.2012.11.005>
- Batista, L. (2009). *Guía Técnica: El Cultivo de Cacao* (1st ed., Vol. 1). Teófilo Suriel. <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>
- Bucio Villalobos, C. M., López Preciado, G., Martínez Jaime, O. A., & Torres Morales, J. J. (2010). Micoflora asociada a granos de polen recolectados por abejas domésticas (*Apis mellifera* L). *Nova scientia*, 2(4), 93-103. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-07052010000200006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052010000200006)
- Cerri, M., & Reale, L. (2020). Anatomical traits of the principal fruits: An overview. *Scientia Horticulturae*, 270, 109390. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109390>
- Correa Álvarez, J., Castro Martínez, S., & Coy, J. (2014). Estado de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia. *Acta Agronómica*, 63(4), 388-399. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v63n4.42747>
- Espinosa-García, J. A., Uresti-Gil, J., Vélez-Izquierdo, A., Moctezuma-López, G., Inurreta-Aguirre, H. D., & Góngora-González, S. F. (2015). Productividad y rentabilidad potencial del cacao (*Theobroma cacao*) en el trópico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 1051-1063. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342015000500012](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000500012)

**Recibido:**  
19/julio/2021

**Aceptado:**  
12/enero/2022

- Frimpong-Anin, K., Adjaloo, M. K., Kwapong, P. K., & Oduro, W. (2014, March 2). Structure and Stability of Cocoa Flowers and Their Response to Pollination. *Journal of Botany*, 2014(2), 1-6. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/513623>
- Laraba, I., Kim, H.-S., Busman, M., O'Donnell, K., Felker, F., Aime, M., Koch, R., & Wurdack, K. (2019). *Fusarium xyrophilum*, sp. nov., a member of the *Fusarium fujikuroi* species complex recovered from pseudoflowers on yellow-eyed grass (*Xyris* spp.) from Guyana. *Mycología*, 112(1), 1-13. <http://dx.doi.org/10.1080/00275514.2019.1668991>
- Phillips-Mora, W., Castillo, J., Krauss, U., Rodríguez, E., & Wilkinson, M. J. (2005). Evaluation of cacao (*Theobroma cacao*) clones against seven Colombia isolates of *Moniliophthora roreri* from four pathogen genetic groups. *Plant Pathology*, 54(4), 483-490. [10.1111/j.1365-3059.2005.01210.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2005.01210.x)
- Phillips-Mora, W., Coutiño, A., Ortiz, C. F., López, A. P., Hernández, J., & Aime, M. C. (2006). First report of *Moniliophthora roreri* causing frosty pod rot (moniliasis disease) of cocoa in México. *Plant Pathology*, 55(4), 584. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01418.x>
- Phillips-Mora, W., & Wilkinson, M. J. (2007). Frosty pod of cacao: a disease with a limited geographic range but unlimited potential for damage. *Phytopathology*, 97(12), 1644 – 1647. [10.1094/PHYTO-97-12-1644](https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-12-1644)
- Rangel-Fajardo, M. A., Zavaleta-Mancera, H. A., Córdova-Tellez, L., López-Andrade, A. P., Delgado-Alvarado, A., Vidales-Fernández, I., & Villegas-Monter, A. (2012, Septiembre). Anatomía e histoquímica de la semilla del cacao (*Theobroma cacao* L.) criollo mexicano. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(3), 189-197. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802012000300002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802012000300002)
- Sánchez, V., Zambrano, J., & Iglesias, C. (2019). *Capítulo 1. Diagnóstico y perspectiva de la cadena de valor del cacao en América Latina y el Caribe*. (1st ed., Vol. 1). Hugo Sánchez, V., Iglesias, C., Luis Zambrano, J. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5382>
- Sánchez-Mora, F. D., & Garcés-Fiallos, F. R. (2012, Septiembre). *Moniliophthora roreri* (Cif. y Par.) Evans *et al.* en el cultivo del cacao. *Scientia Agropecuaria*, 3(3), 249-258. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.03.06>
- Somarriba Chávez, E., Cerda Bustillos, R., Astorga Domian, C., Quesada Chaverri, F., & Vásquez Morera, N. (2010). *Reproducción sexual del cacao*. (1st ed.). Marilyn Villalobos Rodríguez y Shirley Orozco Estrada. [https://www.worldcocoaoundation.org/wp-content/uploads/files\\_mf/somarribachavez\\_2010genomicsphysiologysexualreproductionno.1spanish6.7mb.pdf](https://www.worldcocoaoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/somarribachavez_2010genomicsphysiologysexualreproductionno.1spanish6.7mb.pdf)
- Ten Hoopen, G. M., Deberdt, P., Mbenoum, M., & Cilas, C. (2013). Modelling cacao frosty pod growth: implications for disease control. *Annals of Applied Biology*, 160(3), 260 - 272. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7348.2012.00539.x>
- Torres de la Cruz, M., Ortiz García, C. F., Téliz Ortiz, D., Mora Aguilera, A., & Nava Díaz, C. (2013). Efecto del Azoxystrobin Sobre *Moniliophthora roreri*, Agente Causal de la Moniliasis del Cacao (*Theobroma cacao*). *Revista mexicana de fitopatología*, 31(1), 65-69. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092013000100007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092013000100007)