

Avances en la investigación de *Phytophthora palmivora*, el agente causal de la pudrición del cogollo de la palma de aceite en Colombia

Advances in Research on *Phytophthora Palmivora*, Causal Agent of Bud Rot of Oil Palm in Colombia



AUTORES

Gerardo Martínez
Greicy A. Sarria
Gabriel A. Torres
Francia Varón

Sanidad de La Palma

Hernán M. Romero

Programa de Biología

José I. Sáenz

Director Ejecutivo

Centro de Investigación en Palma

de Aceite – Cenipalma

gerardo.martinez@cenipalma.org

Calle 20A No. 43A50 Piso 4,

Bogotá, Colombia

Texto del poster presentado en el

Pipoc, 2009

Palabras CLAVE

Pudrición del cogollo, Palma de aceite,
Phytophthora palmivora

Bud rot, Oil palm,
Phytophthora palmivora

Recibido: 25 de febrero 2010

Aceptado: 18 de marzo 2010

Resumen

La Pudrición del cogollo (PC) ha sido la enfermedad más devastadora de la palma de aceite, no solo en Colombia, sino también en países vecinos como Brasil, Ecuador, Panamá y Surinam. Los síntomas de la enfermedad se caracterizan por la pudrición de todos los nuevos tejidos, conservándose las hojas que se formaron antes de la infección. Los síntomas internos muestran la destrucción de las flechas jóvenes, sin presentarse daño al área meristemática, por lo menos en los estados iniciales de la enfermedad.

Por más de cuarenta años el agente causal de la enfermedad no fue correctamente identificado. Recientemente, como resultado de los trabajos realizados por el Centro de Investigación de Palma de Aceite (Cenipalma), se logró identificar a *Phytophthora palmivora* Butl., como el agente causante de las primeras lesiones que promueven el proceso de pudrición, el cual se inicia en los tejidos inmaduros de las flechas que se están desarrollando por encima del meristemo. Este patógeno fue aislado de palmas en los primeros estados de desarrollo de la enfermedad, en la zona de avance de las lesiones hacia el meristemo y en las tres principales zonas de cultivo, donde se han tomado muestras. El desarrollo de las lesiones en el tejido afectado es muy característico y puede ser utilizado para el diagnóstico temprano de la enfermedad. En palmas de mayor edad es más fácil observar el daño en los ápices de los folíolos, que tiene la apariencia de un mordisco. En algunos casos se observa emisión espontánea de hojas sanas en palmas con PC. Se ha logrado la recuperación de palmas enfermas eliminando el tejido afectado y protegiéndolas con un amplio rango de fungicidas, bactericidas e insecticidas.

Las investigaciones realizadas en tres de las zonas palmeras en Colombia, han permitido el aislamiento del patógeno en cultivos puros, observar su desarrollo, identificar clamidosporas en el tejido infectado, en medios de cultivo y en las lesiones producidas en las pruebas de patogenicidad realizadas *in vitro* y en palmas jóvenes en el campo. La morfología de los esporangios caducos, papilados y con un pedicelo corto, ha sido una de las características más importantes, no dejando dudas acerca de la identidad de *P. palmivora* (Genebank accesión GQ398157).

También se han caracterizado molecularmente aislamientos de las tres zonas palmeras que confirmaron el patógeno. No está muy claro si las diferencias entre las formas letales y no letales de la enfermedad están relacionadas con las condiciones ambientales en las diferentes áreas o con las características patogénicas del microorganismo, o si el desarrollo posterior de la enfermedad está relacionado con los microorganismos que colonizan el tejido afectado, o si está relacionado con el daño de los insectos que se alimentan y reproducen en el corazón de la palma, como es el caso de *Rhynchophorus palmarum*.

Summary

Bud rot of oil palm has been the most devastating disease, not only in Colombia, but also in neighboring countries like Brazil, Ecuador, Panama and Suriname. The disease symptoms are characterized by rotting of all the new tissue, with the preservation of the leaves that were formed before the infection. The internal symptoms show the destruction of the young spear leaves, without damage to the meristematic area, at least in early stages of the rotting process.

In the region the cause of the disease was unknown for more than 40 years, but as a result of the recent research of the scientists at the Colombian Oil Palm Research Centre - Cenipalma it was possible to identify *Phytophthora palmivora* Butl., as the causal agent of the first lesions that promote the development of the rotting process which begins in the young immature tissue of spear leaves that are developing above the meristem. This pathogen was isolated in palms in early stages of development of the disease, in the zone of advance of the lesion toward the meristem, in the three main growing areas in which samples were taken. The development of the lesions in the tissue is very characteristic and can be used for the early diagnosis of the disease. In older palms it is easier to see the damage of the tips of the leaflets that produce a bite like appearance. In some cases there is remission of symptoms. It has been possible to recover infected palms removing the affected tissue and protecting the palms with a wide range of fungicides, bactericides and insecticides.

As a result of this research it has been possible to isolate the pathogen in pure cultures, to observe its development, to identify chlamydospores in the infected tissue in the three studied zones in Colombia, in culture media and in the lesions produced in the pathogenicity tests done *in vitro* and in young palms in the field. The morphology of the caducous sporangia, that are papillate with a short pedicel, has been one of the most important characteristic that leaves no doubt that the pathogen is *P. palmivora* (Genebank accession GQ398157).

It was also possible to carry out molecular characterization of at least three of the isolates that confirmed the identification of the microorganism. It is still not very clear if the differences between the lethal and the non lethal forms of the disease are related with different environmental growing conditions of the oil palm, or with a pathogenic characteristic of the microorganism, or if further development of the disease is related with the different opportunistic microorganisms that colonize the affected tissue or is due to the damage done by some insects, that feed and reproduce in the bud area of oil palm, as per example *Rhynchophorus palmarum*.





Introducción

La Pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite es el factor más limitante en el desarrollo de nuevas áreas no solo en Colombia sino también en países vecinos como Brasil, Costa Rica, Ecuador, Nicaragua, Panamá, Perú y Surinam, donde ha afectado la sostenibilidad de las áreas sembradas (Damatta, 1956, citado por van Hoof y Seinhorst, 1962; Franqueville, 2001, 2003; Gómez *et al.*, 1995; Malagutti, 1953, citado por van Hoof y Seinhorst, 1962; Ochoa y Bustamante, 1979; Torres y Martínez, 2008).

El primer registro bien documentado de la enfermedad, es el de Coldesa S.A. en Urabá (De Rojas y Ruiz, 1972; Franqueville, 2001, 2003; Gómez *et al.*, 1995; Martínez, 2008; Ochoa, 1974; Sánchez y Manzano, 1969, citados por Ochoa y Bustamante, 1979; Sarria *et al.*, 2008a y 2008b; Torres *et al.*, 2008c), pero después de este caso se han presentado varios brotes. El más reciente en Colombia ha ocasionado una severa devastación de las plantaciones en Tumaco, un área en el suroeste de Colombia, donde la enfermedad ha afectado la mayoría de las 35.000 hectáreas sembradas y en la Zona Central, en Puerto Wilches, donde hay plantaciones con más de 25% de palmas enfermas (Martínez y Silva, 2009, en Plan Nacional de Manejo de la Pudrición del cogollo).

La búsqueda del agente causante de la enfermedad lleva en Colombia más de cuarenta años y han sido muchas las consideraciones para determinar, si se trata de un problema biótico o abiótico y si es el mismo, el único patógeno responsable en todas las áreas de la América Tropical.

El desarrollo de la enfermedad fue revisado en Colombia por los investigadores del Proyecto Sanidad de la Palma del Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), y ellos lograron observar la presencia de la enfermedad desde los viveros y en palmas en todos los estados de desarrollo en el campo. Se identificaron los primeros estados de lesiones y la posterior pudrición en el corazón de las palmas, en su cogollo, causados por el patógeno primario, *P. palmivora*, responsable de iniciar el daño así como la presencia de muchos microorganismos oportunistas, como bacterias y hongos, que colonizan los tejidos afectados y colaboran en la destrucción de las palmas (Ariza *et al.*, 2008; Aya *et al.*, 2008;

Martínez y Torres, 2007; Martínez, 2008, Martínez *et al.*, 2008a y 2008b; Torres y Martínez, 2008; Torres *et al.*, 2008a, 2008b y 2008c).

El aislamiento de microorganismos y los estudios de patogenicidad permitieron la identificación de *Phytophthora palmivora* como el agente causante de los primeros síntomas de la enfermedad (Martínez *et al.*, 2008a y 2008b; Sarria *et al.*, 2008c; Torres *et al.*, 2010).

Phytophthora “el destructor de plantas” ha sido estudiado ampliamente desde 1876, cuando De Bary identificó a *P. infestans* como el responsable de la gota de la papa. *Phytophthora* se diferencia de otros patógenos de plantas tanto en su morfología como en sus características genéticas y fisiológicas. Tiene un ciclo de vida muy complejo, con diferentes formas, desde zoosporas, hasta estructuras de sobrevivencia, las zoosporas, con unas paredes celulares muy gruesas (Drenth y Sendall, 2001; Zentmyer, 1983).

P. palmivora produce abundantes esporangios en agua y en diferentes medios con agar. Estos se separan fácilmente del esporangióforo (son caducos) y se distinguen de los de otras especies en que son claramente papilados, con un pedicelo corto, principalmente elipsoides u ovoides (Drenth y Sendall, 2001; Zentmyer, 1983).

Las enfermedades causadas por *Phytophthora* spp. son muy comunes a lo largo de las regiones tropicales húmedas del mundo y ocasionan pérdidas muy severas en muchos cultivos, ocasionando pudriciones de raíces, del cuello, chancros en los tallos, tizones en las hojas y pudrición de flores y frutos. *P. palmivora* causa una gran cantidad de enfermedades severas en varios cultivos, incluidos la pudrición negra de los frutos del cacao, pudrición de raíces, tallos y frutos en papaya, pudrición de raíces y tallo en cítricos, Pudrición del cogollo en palmas, el rayado negro en caucho y la pudrición de raíces, chancro en tallo en durian (Drenth and Sendall, 2001).

La Pudrición del cogollo asociada con *Phytophthora* sp., es la enfermedad más común en las palmas en el trópico (Garofalo y McMillan, 1999; Elliott *et al.* 2004).

Las estrategias de control de estas enfermedades se han orientado hacia la eliminación de las fuentes de inóculo, el tratamiento de las palmas afectadas, la implementación de programas de control químico y la búsqueda de fuentes de resistencia o tolerancia al patógeno (Drenth y Guest, 2004; Morales *et al.*, 2008; Torres *et al.*, 2008).

Este documento presenta los avances de las investigaciones sobre *Phytophthora palmivora*, el agente causante de la Pudrición del cogollo de la palma de aceite en Colombia.

Materiales y métodos

Síntomas

Para estudiar los síntomas y entender realmente el proceso de infección e identificar los primeros síntomas de la enfermedad y su evolución hacia la Pudrición del cogollo, se evaluaron en todas las áreas de producción en Colombia, palmas de diferentes edades, desde el vivero hasta todos los estados de desarrollo en el campo.

Agente causante

Para identificar el agente causante de la PC, se tomaron muestras de palmas enfermas en las zonas Occidental y Central de Colombia, a partir de palmas en sus primeros estados de infección y estas se utilizaron para aislar los microorganismos asociados con la enfermedad. Una vez las evidencias indicaron la participación de un oomiceto involucrado en los primeros estados de infección, se procedió, en los laboratorios de fitopatología de Cenipalma en Tumaco y en el Campo Experimental El Palmar de La Vizcaína, ubicado en Barrancabermeja, a utilizar la técnica de trapeo descrita por Erwin y Ribeiro (1996), Drenth y Sendall (2001) y Drenth y Guest (2004).

Las dificultades para el aislamiento de *Phytophthora* a partir de tejido enfermo se trataron de minimizar, cortando pequeños triángulos en la superficie de los frutos a inocular y colocando en ese sitio pedazos de tejido enfermo que se cubrieron nuevamente con el tejido retirado y envolviendo el fruto inoculado en papel plástico transparente. Tan pronto se observaron evidencias de una decoloración café con una pudrición firme en las mazorcas de cacao (Figura 1), se procedió



Figura 1. Decoloración café en frutos de cacao usados en la prueba de trapeo de *Phytophthora*, de los primeros estados de infección de la Pudrición del cogollo en la palma de aceite.

a sembrar pedazos de tejido sano de los bordes de la lesión en medios selectivos y no selectivos, con o sin antibióticos o fungicidas, para reducir el crecimiento de bacterias u hongos presentes en la muestra.

Caracterización morfológica de los microorganismos aislados

La caracterización morfológica de los microorganismos aislados se realizó en cultivos en placas de agar, observando el color y apariencia de las colonias, el micelio y el tamaño de las estructuras, para obtener información sobre su identidad. Al obtener evidencias sobre la identidad del patógeno primario, una especie de *Phytophthora*, la mayor parte del trabajo se orientó hacia la caracterización del micelio, forma de los esporangios, tamaño, presencia de papila en los esporangios, longitud del pedicelo, el tamaño de las clamidosporas y la producción de oosporas, en diferentes medios de cultivo. Además se hicieron observaciones sobre si los esporangios eran caducos o no. Las mediciones se hicieron al microscopio de luz y al microscopio electrónico.

Caracterización molecular de los microorganismos aislados

Los microorganismos aislados fueron cultivados en un caldo de papa-dextrosa. Las extracciones de ADN se amplificaron usando iniciadores ITS1 e ITS4. Los productos obtenidos fueron secuenciados en Estados Unidos en las universidades de Florida y de California y también en MacroGen, en Corea del Sur.



Pruebas de patogenicidad de los microorganismos aislados

Para las pruebas de patogenicidad, todos los microorganismos aislados, identificados y registrados como patógenos de plantas en la literatura, se cultivaron en diferentes medios de agar y se utilizaron para inoculación en palmas de vivero. Se estudió el desarrollo de los síntomas en cada caso, y se utilizaron en estudios posteriores el patógeno que produjo síntomas similares a los de la PC.

Al utilizar dos ml de una suspensión con 40.000 esporangios por ml, se inocularon 150 palmas de vivero, palmas de previvero y flechas inmaduras aisladas *in vitro*.

Al emplear metodologías estándar en fitopatología (Agrios, 2005; Ritchie, 2002), se procedió a la decoloración de tejido necrótico de las lesiones obtenidas, con hidróxido de sodio o de potasio y se observó al microscopio, con o sin tinción para mejorar la visualización de las estructuras de los patógenos.

Estrategias de control

Con el conocimiento de la identidad del agente causante se evaluaron diversas estrategias de manejo y control de la enfermedad que incluyeron diagnóstico temprano, eliminación del tejido afectado, en diferentes estados de desarrollo de la enfermedad y la erradicación de palmas en estados avanzados, así como la renovación temprana de parcelas con alta incidencia, para ser sembradas con materiales tolerantes, incluidos los híbridos O x G.

Resultados

Síntomas

El estudio de los síntomas de la enfermedad permitió reconocer los estados bien tempranos de desarrollo de ellos. La infección ocurre en el corazón de la palma, su cogollo, por encima de la zona meristemática y los primeros síntomas externos son visibles cuando las flechas emergen y en los costados de ellas se presentan pequeñas lesiones caracterizadas por la desintegración del tejido entre las venas (Figura 2). Cuando las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo de la enfermedad, hay un incremento en el número y tamaño de las lesiones, que en casos severos afectan toda la flecha (Figura 3). Estas lesiones



Figura 2. Lesiones pequeñas en los costados de las flechas jóvenes afectadas por los primeros estados de la enfermedad. Se observa desintegración de los tejidos entre las venas secundarias.



Figura 3. Afección de casi toda la flecha en estados avanzados de la enfermedad.

fueron utilizadas por Martínez y Torres (2007), para desarrollar la escala de severidad.

Si las condiciones son favorables, la enfermedad continua y el proceso de pudrición destruye todo los nuevos tejidos que se están formando (Figura 4) y, finalmente, llega a afectar la zona meristemática (Ariza *et al.*, 2008).

Como resultado de todo el daño que ocurre en la zona del cogollo, una palma adulta enferma pierde todo sus tejidos nuevos, y solo permanecen verdes las hojas que se formaron antes de la infección (Figura 5).

Agente causante

A pesar de que alguna especie de *Phytophthora*, había sido considerada como sospechosa de ser el agente



Figura 4. Apariencia interna de una palma enferma. El proceso de pudrición avanza hacia el meristemo sin llegar a afectarlo.



Figura 5. Palma de aceite severamente afectada por la Pudrición del cogollo. No hay evidencias de desarrollo de nuevas flechas. Las hojas maduras permanecen verdes.

causante de la enfermedad, no había sido posible su aislamiento a partir de tejido enfermo. Constantemente se aislaban bacterias y hongos que en su momento fueron considerados como los responsables (Ayala *et al.*, 2000; De Rojas y Ruiz, 1972; Franqueville, 2001 y 2003; Gómez *et al.*, 1995; Martínez, 2008; Martínez y Torres, 2007; Martínez *et al.*, 2008a y 2008b; Nieto, 1996; Ochoa, 1974; Sánchez *et al.*, 1999; Sarria *et al.*, 2008a, 2008b; Torres y Martínez, 2008; Torres *et al.*, 2010, 2008a, 2008b y 2008c; Turner, 1981).

En los estudios recientes, todos los microorganismos observados previamente, fueron aislados (Sarria *et al.*, 2008a y 2008b), pero en esta oportunidad fue posible observar constantemente la asociación con *Phytophthora* sp., cuando se concentraron las obser-

vaciones y aislamientos en muestras en los primeros estados de desarrollo de la enfermedad. Las muestras se tomaron del frente de avance de las lesiones en el área del corazón de la palma.

En el aislamiento del patógeno fue muy conveniente el uso de la trampa de frutos de cacao, donde fue posible obtener las lesiones de coloración café oscuro, características descritas por Drenth y Sendall (2001), y continuar con el proceso de obtener cultivos puros.

Estudios posteriores con los aislamientos obtenidos, permitieron identificar que se trataba de *Phytophthora palmivora* (Sarria *et al.*, 2008b; Torres *et al.*, 2010).

Características morfológicas de los microorganismos aislados

El estudio de los microorganismos asociados con la Pudrición del cogollo permitió aislarlos, identificarlos, purificarlos y cultivarlos en medios artificiales. Todos ellos tuvieron una caracterización preliminar, basada en la apariencia de las colonias y de sus estructuras de reproducción (Sarria *et al.*, 2008a).

Diferentes aislamientos de *Phytophthora* presentaron un micelio blanco y deprimido cuando el cultivo se realizó en agar-avena. En este medio se observaron claramente los esporangios papilados, elipsoides con un pedicelo corto (Figura 6), con un tamaño promedio de 37,1 μm x 52, μm . El diámetro promedio de



Figura 6. Esporangio de *Phytophthora palmivora* aislado de estados tempranos de infección de la Pudrición del cogollo en palma de aceite. Se caracterizan por ser papilados, elipsoide con pedicelo corto.



las clamidosporas fue de 42,4 μm . Estas estructuras fueron observadas frecuentemente en el frente de avance de las lesiones en el tejido enfermo, y ellas son características de *P. palmivora* (Sarría *et al.*, 2008b; Torres *et al.*, 2010).

Las estructuras de *Phytophthora palmivora* también se observaron en otros de los medios de cultivo utilizados, pudiendo visualizarse en ellos los esporangios papilados, con su pedicelo corto, zoosporas muy activas y muchas clamidosporas, especialmente en algunos de los medios, presentando esporangios con diferentes formas y tamaños (Figura 7).

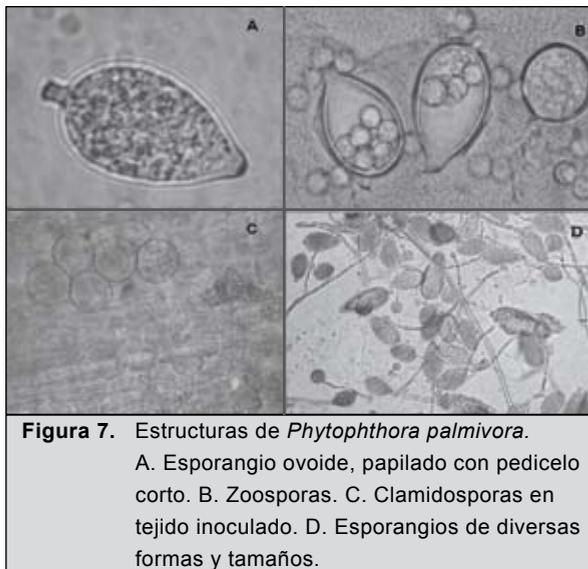


Figura 7. Estructuras de *Phytophthora palmivora*.
A. Esporangio ovoide, papilado con pedicelo corto. B. Zoosporas. C. Clamidosporas en tejido inoculado. D. Esporangios de diversas formas y tamaños.

Caracterización molecular de los microorganismos aislados

La caracterización molecular de los diferentes microorganismos asociados con la Pudrición del cogollo, aislados en tejido enfermo, permitió confirmar la presencia de: *Ceratoxystis paradoxa*, *Colletotrichum gloesporioides*, *Curvularia lunata*, *Fusarium chlamydosporum*, *F. equiseti*, *F. lateritium*, *F. moniliformis*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. verticillioides*, *Pestalotiopsis disseminata*, *P. olivacea*, *Phytophthora palmivora*, *Pythium catenulatum*, *P. cucurbitacearum*, *Rhizoctonia solani*, *Thielaviopsis paradoxa*.

El BLASTn análisis de la secuencia de los aislamientos obtenidos (Accesión al GenBank GQ398157) mostró una homología con *Phytophthora palmivora* del 99,9% (Torres *et al.*, 2010).

Pruebas de patogenicidad con los microorganismos aislados

Las pruebas de patogenicidad con los diferentes microorganismos cultivados en medios con agar llevaron a la identificación de *Phytophthora palmivora* como el único microorganismo capaz de reproducir lesiones similares a las asociadas con los primeros síntomas de la enfermedad (Sarría *et al.*, 2008a; Vélez *et al.*, 2008).

Los síntomas iniciales de la Pudrición del cogollo se observaron tres a cuatro días después de la inoculación en el 85% de las palmas inoculadas con *P. palmivora*, y 15% de ellas desarrollaron los síntomas típicos de Pudrición del cogollo, cuando las condiciones ambientales fueron favorables para su desarrollo. La presencia de *Phytophthora palmivora* en estas lesiones se confirmó por observaciones microscópicas y con el reaislamiento del patógeno utilizando la técnica de trapeo sobre frutos de cacao. Ninguna de las plantas utilizadas como control desarrollaron síntomas de la enfermedad (Torres *et al.*, 2010).

Los síntomas fueron observados en el 100% de las flechas inmaduras aisladas e inoculadas *in vitro*. Dos a tres días después de la inoculación se produjo un olor característico y el desarrollo de una gran cantidad de esporangios fácilmente observables al microscopio sin necesidad de recurrir a tinción de las muestras.

Control

Con la información e identificación de *P. palmivora* como el agente responsable de la enfermedad, se empezaron a obtener avances muy importantes en la implementación de estrategias de control de la Pudrición del cogollo. El objetivo principal ha sido la identificación temprana de los síntomas de la enfermedad, la eliminación del tejido enfermo, la protección de las heridas producidas con fungicida, bactericida e insecticida y la implementación de un programa de aspersiones en la palma enferma y de los anillos de las palmas alrededor. En los casos de síntomas avanzados de la enfermedad se recomienda proceder a la erradicación de la palma enferma para prevenir la diseminación hacia palmas vecinas (Aya *et al.*, 2008; Morales *et al.*, 2008; Torres *et al.*, 2008c).

También se está implementando un programa de siembras con materiales tolerantes a la enfermedad, entre ellos el híbrido interespecífico *Elaeis oleifera* X *E. guineensis* (alto oleico).

Discusión

Los avances de la investigación sobre la Pudrición del cogollo permitieron identificar el agente causante. Fue necesario la implementación de técnicas alternativas para el aislamiento de *Phytophthora palmivora*, debido al alto número de contaminantes presentes en los tejidos de palmas enfermas, todos ellos con una capacidad muy alta de competir con su desarrollo *in vitro*.

Los palmicultores están enfrentados a un enemigo muy serio, con una gran capacidad de causar daño. Las condiciones ambientales predominantes en las zonas afectadas, tales como las lluvias continuas con ausencia de un período seco prologado, favorecen las explosiones de la enfermedad.

La poca diversidad genética de los materiales sembrados es otro de los factores que permite el desarrollo de la enfermedad. La PC también ha sido estimulada por la falta de la implementación de prácticas sanitarias adecuadas y oportunas, en los viveros y en las palmas en el campo. La puesta en práctica de estas medidas sanitarias es muy importante en el manejo de la enfermedad, para reducir los riesgos

de diseminación del patógeno a palmas vecinas y a nuevas áreas.

Una de las principales tareas en el futuro inmediato es el desarrollo de métodos que permitan tamizar los materiales disponibles para identificar su susceptibilidad, tolerancia o resistencia a la enfermedad.

Conclusiones

Después de más de cuarenta años de esfuerzos tratando de identificar el agente causante de la Pudrición del cogollo de la palma de aceite, las investigaciones recientes de Cenipalma permitieron la identificación de *Phytophthora palmivora* como el responsable.

Estos logros constituyen el punto de partida del trabajo que se requiere realizar, en el futuro inmediato, para aprender más sobre el patógeno, entender las condiciones que favorecen su diseminación y el movimiento de palma a palma y estudiar además otros factores involucrados en el desarrollo de la enfermedad.

Conocer mejor el ciclo de vida del patógeno facilita el desarrollo de mejores estrategias de manejo de la enfermedad.

Una de las tareas más importantes en el inmediato futuro es el desarrollo de procedimientos de tamizaje que permitan mejorar el reconocimiento de materiales con tolerancia al patógeno



Bibliografía

- Agrios, GN. 2005. *Plant Pathology* 5th ed. Oxford: Elsevier Academic Press. 922p.
- Ariza, G. *et al.* 2008. Relación entre los síntomas externos y el avance interno de la lesión causada por la Pudrición del cogollo (PC) en palmas de vivero en Tumaco. *Fitopatología Colombiana*. 32 (2): 35-38.
- Aya, HA. *et al.* 2008. Comportamiento de cuatro materiales de palma de aceite frente a la Pudrición del cogollo (PC), en Tumaco-Nariño. *Fitopatología Colombiana*. 32 (2): 51-55.
- Ayala, L; Coffey, MD; Gómez, PL. 2000. Caracterización morfológica de aislamientos Phyticeos obtenidos de palmas (*Elaeis guineensis* Jacq.) afectadas por Pudrición del cogollo. Colombia: *Ceniavances*. (74): 4p.
- De Rojas, PE; Ruiz, BE. 1972. *Investigaciones sobre la Pudrición del cogollo-pudrición de la flecha de la palma africana de la plantación La Arenosa, de Coldesa S.A., Turbo (Antioquia)*. Informe mimeografiado. 131p.
- Drenth, A; Guest, D. 2004. Diversity and management of *Phytophthora* in Southeast Asia. Melbourne: *Acia Monograph* (114): 238p.
- Drenth, A; Sendall, B. 2001. *Practical guide to detection and identification of Phytophthora*. Brisbane (Australia): CRA for Tropical Plant Protection. 41p.
- Elliott, ML. *et al.* 2004. *Compendium of Ornamental Palm Diseases and Disorders*, APS Press: 69p.
- Erwin, DC; Ribeiro, OK. 1966. *Phytophthora*. Diseases Worldwide. APS Press. St. Paul. Minnesota: *The American Phytopathological Society*: 562p.



- Franqueville, H de. 2003. Oil palm bud rot in Latin America. *Expl Agric.* United Kingdom: Cambridge University Press. 39: 225-240.
- Franqueville, H de. 2001. *La Pudrición del cogollo de la palma aceitera en América Latina. Revisión preliminar de hechos y logros alcanzados.* Cirad. 35 p.
- Garofalo, JF; McMillan, RT. 1999. *Phytophthora bud rot of palms in South Florida.* Fact Sheet. Cooperative Extension service, IFAS, University of Florida. (27) 2p.
- Gómez, PL. et al. 1995. Pudrición del cogollo en Colombia. Importancia, investigación y posibilidades de manejo. Estado actual de la investigación sobre la pudrición de cogollo. *Palmas.* Colombia: (Número especial) (16) 198-206.
- Martínez, G. 2009. Identificación temprana y manejo integrado de la Pudrición del cogollo. *Palmas.* (Colombia). 30 (2): 63-77.
- Martínez, G. 2008. Avances en la solución de la Pudrición del cogollo de la palma de aceite en Colombia. *Palmas.* Colombia: 29 (2): 53-64.
- Martínez, G; Torres, GA. 2007. Presencia de la Pudrición del cogollo de la palma de aceite (PC) en plantas de vivero. *Palmas.* Colombia: 28 (4): 13-20.
- Martínez, G; . et al. 2008a. *Phytophthora* sp. es el responsable de la lesiones iniciales de la Pudrición del cogollo de la palma de aceite en Colombia. En: Memorias de la VIII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Bogotá: Compensar, 22 - 24 de septiembre.
- Martínez, G. et al. 2008b. *Opciones para el manejo de la Pudrición del cogollo de la palma de aceite en áreas de baja incidencia de la enfermedad.* En: Memorias de la VIII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Bogotá: Compensar, 22 - 24 de septiembre.
- Morales, LC. et al. 2008. Experiencias en el manejo integrado de la Pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite, en la Zona Central Colombiana. *Fitopatología Colombiana:* 32 (2): 56-61.
- Nieto, LE. 1996. Síntomas e identificación del agente causal del complejo Pudrición del cogollo de la palma de aceite, *Elaeis guineensis* Jacq. Colombia: *Palmas.* 17 (2): 57-60.
- Ochoa, G. 1974. *Investigación del agente causal de la pudrición de flecha en la palma africana.* Tesis MSc. Bogotá (Colombia). Universidad Nacional de Colombia-ICA. Bogotá (Colombia): 144p.
- Ochoa, G; Bustamente, E. 1979. Investigación del agente causal de la pudrición de flecha en palma africana. Colombia: *Revista ICA:* 2 (4): 425-433.
- Ritchie, BJ. 2002. Mycological media and methods. En: *Plant Pathologist's pocket-book.* Ed. Walker, JM; Lenné, JM. 3rd. ed. CABI. Wallingford: 410-431.
- Sánchez, NJ; Álvarez, E; Gómez, PL. 1999. Patogenicidad, identificación y caracterización molecular de *Phytophthora* sp. en palma de aceite. Colombia: *Ceniavances* (60): 4p.
- Sarria, GA. et al. 2008a. Caracterización morfológica y molecular de *Phytophthora palmivora* agente causal de las lesiones iniciales de la Pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite en Colombia. *Fitopatología Colombiana.* 32 (2): 39-44.
- Sarria, GA. et al. 2008b. Microorganismos asociados a la Pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite y su inoculación en palmas de vivero. Colombia: *Palmas.* 29 (3): 19-29.
- Sarria, GA. et al. 2008c. *Phytophthora* sp., es el responsable de las lesiones iniciales de la Pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite en Colombia. Colombia: *Palmas.* 29 (3): 31-41.
- Torres, GA; Martínez, G. 2008. *Descripción de síntomas de la Pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite (Elaeis guineensis Jacq.)* En: Memorias del XXVIII Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines (Ascolfi). Palmira: CIAT, octubre 4-6.
- Torres, GA. et al. 2010. First report of bud rot caused by *Phytophthora palmivora* on African oil palm (*Elaeis guineensis*), in Colombia. *Plant Disease* (in press).
- Torres, GA; . et al. 2008a. Papel de las palmas espontáneas como hospedero alterno de *Phytophthora* sp., agente causal de la Pudrición del cogollo (PC), de la palma de aceite en Colombia. Colombia: *Palmas.* 29 (3): 45-52.
- Torres, GA. et al. 2008b. Evidencias circunstanciales de la asociación de especies de la familia Tettigoniidae con el desarrollo de lesiones iniciales de la Pudrición del cogollo de la palma de aceite. Colombia: *Palmas* 29 (3): 53-61.
- Torres, GA. et al. 2008c. Opciones para el manejo de la Pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite en áreas de baja incidencia de la enfermedad. Colombia: *Palmas.* 29 (3): 63-72
- Vélez, DC. et al. 2008. Evaluación y cuantificación de estructuras de *Phytophthora palmivora* el responsable de la Pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite. *Fitopatología Colombiana.* 32 (2): 45-50.
- Turner, PD. 1981. *Oil palm diseases and disorders.* Oxford University Press. Kuala Lumpur: 145-162.
- Zentmyer, GA. 1983. The World of *Phytophthora*. In: Erwin, DC; Bartnicki-García, S and Tsao, PH (eds). *Phytophthora. Its biology, taxonomy, ecology and pathology.* *The American Phytopathological Society.* St. Paul. Minnesota, Estados Unidos: 1-7.
- Van Hoof, HA; Seinhorst, JW. 1962. *Rhadinaphelenchus cocophilus* associated with little leaf of coconut and oil palm. *TPI-Ziekten.* 68: 251-256.