

Estado actual de la investigación y desarrollo (I+D) sobre Ganoderma en Malasia

Current Status of R&D on Ganoderma Disease in Malaysia



Idris Abu Seman

Jefe, Unidad de Investigación de Ganoderma y Enfermedades para Palma de Aceite (Ganodrop), División de Biología, Malaysian Palm Oil Board (MPOB), No. 6, Persiaran Institusi, Bandar Baru Bangi, 43000 Kajang, Selangor, Malasia
idris@mpob.gov.my

Palabras CLAVE

Pudrición basal del estípite (BSR), palma de aceite, Ganoderma, marchitamiento y desnutrición.

Basal stem rot (BSR), oil palm, Ganoderma, wilting, malnutrition.

Traducido por Fedepalma

Versión original en inglés en el Centro de Información de Fedepalma

Resumen

Por lo que al problema de enfermedades de la palma de aceite en Malasia se refiere, la Pudrición basal del estípite (BSR, por su sigla en inglés) es la única enfermedad que requiere solución urgente. La enfermedad BSR no es nueva para Malasia; se sabe que ha atacado a la palma de aceite desde los primeros años cuando el cultivo fue introducido a este país. Un estudio indicó que la enfermedad BSR estaba presente en más del 50% de los campos de palma de aceite en Malasia con una incidencia de 3,71% y con 59.148 hectáreas afectadas. Se calcula que las pérdidas debido a Ganoderma son de alrededor de RM 1.800 millones. Infortunadamente, muchos agricultores no se dieron cuenta que sus campos estaban infectados con la enfermedad causada por Ganoderma. De mayor importancia, aun en situaciones donde la enfermedad es cierta, las plantaciones no reconocieron la extensión de la incidencia de la enfermedad como tampoco las zonas específicas del cultivo donde la BSR es un problema limitante de la productividad.

El efecto de la infección por Ganoderma es la destrucción progresiva de los tejidos basales del tronco de la palma de aceite, pero los síntomas externos que se observan en las hojas son los de marchitamiento y desnutrición. La enfermedad puede identificarse por la pudrición seca en la base





del tronco de la palma y por la presencia de la típica basidiomata con forma de corchete del patógeno fúngico.

Las medidas de control disponibles actualmente están encaminadas únicamente a minimizar la incidencia de la enfermedad en una renovación, a prolongar la vida productiva de la palma infectada y a retardar el progreso de la infección por *Ganoderma*. Se desarrolló una inyección a presión para aplicar fungicidas de manera rápida y eficaz.

Estudios han indicado que la excavación de tocones y raíces de las palmas viejas en el momento de la renovación puede reducir a un 20% la incidencia de BSR en las palmas renovadas en comparación con áreas no excavadas, ocho años después de la siembra. El MPOB está emprendiendo un programa de mejoramiento para la progenie de la palma de aceite altamente tolerante a la infección de *Ganoderma*.

Abstract

As far as the disease problem to oil palm in Malaysia is concerned, basal stem rot (BSR) is the only disease requiring urgent solution. The BSR disease is not new to Malaysia; it has been known to attack oil palm since the early years when the crop was introduced into this country. A survey indicated that BSR disease was present in more than 50% of the oil palm fields in Malaysia where the incidence was 3,71% and affected areas were 59,148 hectares. Losses due to *Ganoderma* disease is estimated about RM 1,8 billion. Unfortunately, many farmers did not realize that their fields were infected with *Ganoderma* disease. More importantly, even in situation where the disease is certain, the plantations failed to recognize neither the extent of disease incidence nor the specific areas of fields when BSR is a yield-limiting problem.

The effect of infection by *Ganoderma* is the progressive destruction of the basal tissues of the oil palm trunk, but the external symptoms observed in the leaves are those of wilting and malnutrition. The disease can be identified from the dry rot at the base of palm trunk and the presence of typical bracket-shaped basidiomata of the fungal pathogen.

The available control measures now are only aimed at minimising the incidence of disease in a replanting, prolonging the productive life of the infected palm, and delaying the progress of *Ganoderma* infection. A pressure injection was developed for pressure-injecting fungicides quickly and efficiently. The development of the pressure injection is seen as another breakthrough that will make fungicidal treatment of infected palms possible.

Studies have indicated that excavation of the stumps and roots of the old palm at the time of replanting could reduce the incidence of BSR on replanted palms to 20% in comparison with unexcavated areas, eight years after planting. Breeding programme for highly tolerant oil palm progeny to *Ganoderma* infection is being undertaken by MPOB.



Introducción

La palma de aceite (*Elaeis guineensis*) es un importante cultivo perenne en los trópicos debido a su producción de aceites de palma y de palmiste. Como todos los cultivos, es susceptible a enfermedades, principalmente fungosas,

que pueden causar pérdidas muy graves en la producción. Las enfermedades más importantes de palma de aceite son Marchitez vascular por *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis*, Pudrición basal de estípita (*Ganoderma* spp.), Anillo

rojo (*Rhadinaphelenchus cocophylus*), Marchitez sorpresiva (*Phytophthora staheli*) y Pudrición del cogollo (*Phytophthora palmivora*) (Turner, 1981; Ariffin, 2000; Kushairi *et al.*, 2009).

En el Sudeste Asiático, la Pudrición basal del estípite (BSR) o enfermedad de Ganoderma causada por especies de Ganoderma, es la única enfermedad patógena que ocasiona graves pérdidas de plantaciones en campo, especialmente en Malasia e Indonesia (Idris, 2009; Susanto, 2009). La enfermedad también se registra en África, Centroamérica y Papúa Nueva Guinea (Turner, 1981).

La amenaza de Ganoderma para la industria de la palma de aceite en Malasia justifica metodologías nuevas y más agresivas para encontrar solución a la enfermedad. Esta por lo general empeora con la generación sucesiva de palma de aceite sembrada en la misma tierra. Otras enfermedades se consideran menores. Los avances logrados en las prácticas agronómicas y de manejo, unidos al uso de productos químicos han puesto bajo control estas y otras enfermedades locales, tales como las que infectan las semillas, es decir, el germen pardo y la enfermedad *Schizophyllum*; las plántulas de vivero, o sea, manchas en las hoja, pudrición de raíz y añublo; y las palmas de campo, pudrición húmeda de estípite, pudrición de fruta en el racimo por *Marasmius*.

En los últimos años, la enfermedad BSR ha sido un tema de mucha investigación en Malasia e Indonesia. Hasta 2011, la Junta Malasia de Cultivadores de Palma de Aceite (MPOB) con el transcurso de los años ha desarrollado y divulgado 28 tecnologías sobre investigaciones de Ganoderma relacionadas con la biología y epidemiología, la detección temprana y el control y manejo de Ganoderma para el beneficio de la industria de la palma de aceite.

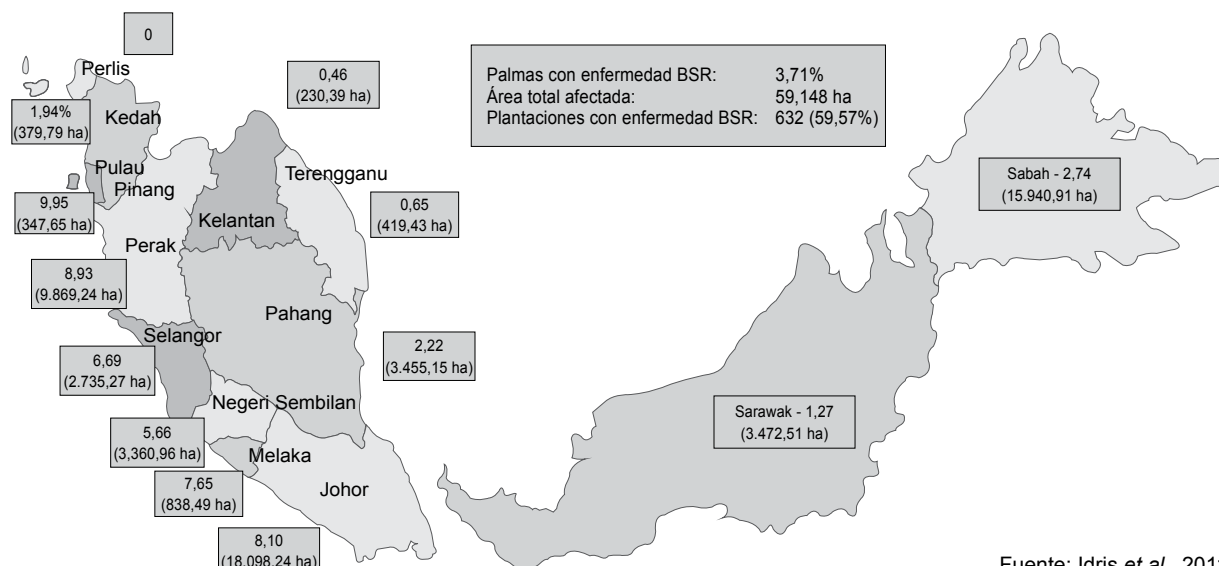
Estas tecnologías han sido difundidas a los miembros de la industria palmera mediante seminarios, demostraciones en campo y capacitación práctica. Se realizó una visión general sobre el estado actual de la enfermedad causada por Ganoderma y su manejo en el Grupo Sime Darby (Khairudin y Chong, 2008). Este trabajo actualiza el estado de la manifestación, la biología, la detección y el control de la enfermedad BSR en Malasia.

Manifestación de la enfermedad

La enfermedad BSR no es nueva en Malasia; se sabe que ataca la palma de aceite desde los primeros años cuando el cultivo se introdujo en este país. La enfermedad fue reportada por primera vez en 1931 al infectar palmas de aceite de más de 25 años (Thompson, 1931). Así pues, se consideró que la BSR que no era económicamente importante. Hacia los últimos años de la década de 1960, cuando la palma de aceite empezó a adquirir importancia como cultivo de plantación, la incidencia de BSR estaba en aumento e infectó palmas mucho más jóvenes de diez o quince años de edad (Turner, 1981). En 1990, se demostró que Ganoderma tiene la capacidad de infectar palmas de aceite de apenas uno o dos años después de la siembra, pero en la mayoría de los casos cuando las palmas tienen cuatro o cinco años, particularmente en las áreas renovadas (Singh, 1990) o bajo cubierta con cocotero (Ariffin *et al.*, 1996).

La enfermedad BSR se registró en palma de aceite sembrada en suelos costeros de Malasia Peninsular Occidental (Singh, 1990; Idris *et al.*, 2001; Khairudin y Chong, 2009) y Malasia Oriental (Hoong, 2007; Walat y Hoong, 2011). En suelos de turba, que en una época se pensó no eran propicios para la enfermedad BSR, se han reportado graves incidencias de la enfermedad (Ariffin *et al.*, 1996). La BSR ocurrió en palmas de aceite sembradas en suelos lateríticos que anteriormente estaban casi libres de la enfermedad (Benjamin y Chee, 1995).

El MPOB ha realizado una encuesta para obtener más información sobre el estado de la incidencia de la enfermedad BSR en Malasia en cooperación con los principales organismos relacionados con la palma de aceite, incluidos los grupos de plantaciones, las entidades gubernamentales y las plantaciones independientes. Un total de 1.061 (45%) de 2.356 plantaciones han respondido a la encuesta, con una superficie total de más de 1.594 millones de hectáreas. Solo 632 (59,57%) de 1.061 plantaciones reportaron la presencia de la enfermedad BSR (Idris *et al.*, 2011).



Fuente: Idris *et al.*, 2011.

Figura 1. Mapa de Malasia que muestra la incidencia de la Pudrición basal de estípite (BSR) 2009-2010.

La incidencia de la enfermedad BSR en Malasia fue 3,71% y las áreas afectadas fueron 59.148 ha (Figura 1). Las pérdidas debido a la enfermedad por *Ganoderma* se estiman en alrededor de RM 1.800 millones (569 millones de dólares) (Arif *et al.*, 2011). De los resultados de la encuesta puede observarse que la enfermedad causada por *Ganoderma* representa una gran amenaza para la industria del aceite de palma en el futuro inmediato si no se implementan medidas de control.

Estudios biológicos y epidemiológicos

Patógeno causal

La enfermedad es causada por especies de *Ganoderma*. El género *Ganoderma* Karst está clasificado como un hongo superior, un género poliporoide, dentro de la familia: *Ganodermataceae*, orden: *Aphyllphorales*, subclase: *Hymenomycetes* y clase: *Basidiomycetes*. En Malasia, el patógeno fue originalmente identificado como *G. lucidum* (Thompson, 1931).

Por su parte, Turner (1981) enumeró quince especies de *Ganoderma* que se han registrado como probables patógenos de diferentes partes del mundo asociados con la enfermedad BSR, y consideró que no era probable que una sola especie fuera la única causa de la

enfermedad en una zona determinada. Entre estas, se reportaron siete especies de *Ganoderma* de Malasia Peninsular, a saber: (1) *G. applanatum* (Pers.) Pat., (2) *G. boninense*, (3) *G. chalceum* (Cooke) Steyaert, (4) *G. lucidum* (W. curt. et. fr.) Karst, (5) *G. miniatocinctum* Steyaert, (6) *G. pseudoferreum* (wakef.) Overh. & Steinmann, y (7) *G. tornatum* (Pers) Bres.

Ho y Nawawi (1985) concluyeron que todos los aislamientos de *Ganoderma* de palma de aceite enferma de varios lugares en Malasia Peninsular eran de la misma especie *G. boninense*. Ariffin *et al.*, (1989b) sugirieron que otras especies podían estar involucradas y Khairudin (1990a) concluyó que dos especies estaban presentes, específicamente, *G. boninense* and *G. tornatum*.

A partir de las características morfológicas, incluidos el crecimiento micelial, basidiomas y basidiosporas *in vitro*, Idris *et al.* (2000a y 2000b) identificaron cuatro especies de *Ganoderma* asociadas a la palma de aceite en Malasia; ellas son *G. boninense*, *G. zonatum*, *G. miniatocinctum* and *G. tornatum* (Figura 2).

Prueba de patogenicidad

Ariffin e Idris (1990) desarrollaron un método para la inoculación de raíces por separado de la masa radical principal, llamado la técnica de inoculación de raíz (RIT, por su sigla en inglés),

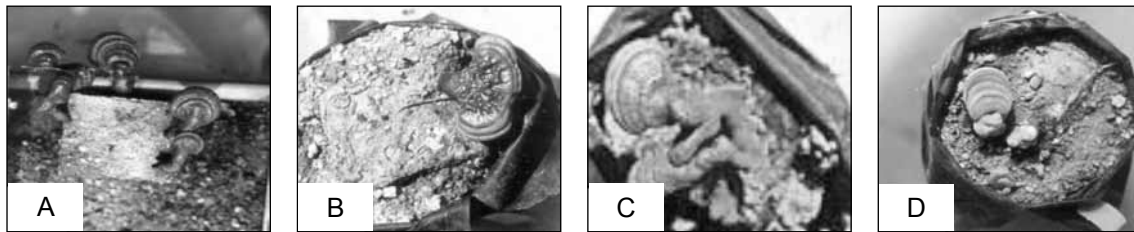


Figura 2. Basidiomas artificialmente inducida de cuatro especies de *Ganoderma*: (A) *G. boninense*, (B) *G. zonatum*, (C) *G. miniatocinctum* y (D) *G. tornatum*.



Figura 3. Inoculación artificial con *Ganoderma boninense* mediante: (A) técnica de inoculación de raíz (RIT) en la plántula, (B) técnica con bloque de madera de caucho (RWB) colocado debajo de la plántula y (C) técnica con bloque de madera de caucho (RWB) colocado debajo de semillas germinadas.

que implica la retirada de una raíz primaria a través de una ranura hecha en una bolsa de plástico que contiene una plántula de palma de aceite (Figura 3a). La raíz luego se inserta en un bloque de madera de caucho (RWB, por su sigla en inglés) colonizado por inóculo de *Ganoderma*.

Khairudin (1990a) y Sariah *et al.*, (1994) prepararon el inóculo mediante el cultivo de *Ganoderma* en bloques de madera de caucho (RWB), que se colocaron después debajo de plántulas cultivadas en tierra en bolsas plásticas (Figura 3b). Mediante estas dos técnicas, *Ganoderma* pudo penetrar en la raíz, y llegar finalmente a la base del estípite, ocasionando los síntomas típicos de BSR y confirmando los postulados de Koch. Recientemente, se desarrolló una técnica confiable y rápida para probar la patogenicidad de *Ganoderma*, mediante la inoculación de semillas germinadas de palma de aceite (Figura 3c) (Idris *et al.*, 2006).

Por medio de las técnicas de inoculación artificial, *G. boninense*, *G. zonatum*, y *G. miniatocinctum* demostraron ser patógenas en la palma de aceite, mientras que *G. tornatum*, no lo fue; esta solo se encontró en palmas muertas y se consideró saprófita (Idris *et al.*,

2000b). Otras especies identificadas de *Ganoderma*, que fueron aisladas de especies de madera dura presentes en zonas forestales y templadas, como *G. applanatum*, *G. lucidum*, *G. oregonense*, *G. pfeifferi* y *G. philippii* resultaron ser no patógenas en la palma de aceite (Idris, 2009).

Infección de las raíces

Investigaciones histopatológicas de raíces enfermas de forma natural por infección con *Ganoderma* revelan que el hongo también invade los vasos (Ariffin *et al.*, 1991). La infección inicial de *Ganoderma* dentro de la raíz infectada se limita a los tejidos internos de la endodermis. Las hifas fungosas pueden detectarse claramente en el xilema, el floema, la médula y las células parénquima (Figura 4). Entre las especies patógenas, *G. boninense* es más agresiva que *G. zonatum* y *G. miniatocinctum* es la menos agresiva. La velocidad de movimiento de *G. boninense*, *G. zonatum* y *G. miniatocinctum* dentro de la raíz infectada fue de 2,5 cm, 1,9 cm y 1,5 cm por mes, respectivamente, y el promedio fue 1,9 por mes. Esta velocidad es menor que la de *G. lucidum*, de

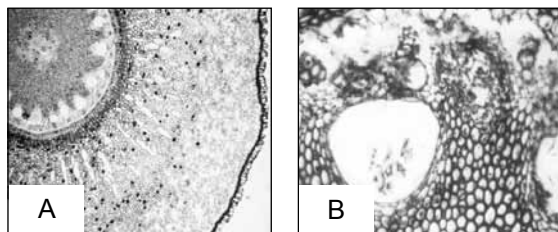


Figura 4. Estudios histopatológicos de raíces que muestran (A) raíz sana y (B) raíz infectada con hifas de *Ganoderma* en el xilema y otras células.

2,3 cm por mes en raíces de uva (Adaskaveg y Gilbertson, 1987).

A la velocidad de aproximadamente 1,9 cm por mes, *G. boninense* tardaría unos cuatro años para llegar al tronco si, hipotéticamente, una raíz de un metro de largo se infectara a través del contacto con restos enfermos. La edad cuando esta palma se infecta habría sido mayor si se incluye el tiempo que le toma a la raíz crecer de la plántula y finalmente entrar en contacto con el inóculo. Esta lenta velocidad podría dar la explicación sobre las incidencias observadas de BSR que se detectaron principalmente en palmas más viejas.

Insectos vectores

Se sugirió que las esporas podrían entrar a través de orificios hechos por el escarabajo *Oryctes* (Turner, 1981). Las larvas de *Sufetula* spp. también pueden ser importantes para la propagación de esporas de *Ganoderma* (Genty *et al.*, 1976). Sin embargo, no se presentó evidencia concluyente que vincule los insectos a la incidencia y desarrollo de BSR. Chung *et al.* (1998) reportaron que *Eumorphus politus*, *Eumorphus quadriguttatus*, *Megalodachne elongatula*, *Bolitoxenus bifurcus*, *Morophaga sistrata*, *Odontomachus simillimus* y *Microcerotermes* han sido identificadas de estar asociadas con basidiomas de *Ganoderma*.

En palmas de 25 años de edad, en Teluk Intan, Perak, se realizó una determinación de los insectos más comunes asociados con los basidiomas y sus potenciales para portar basidiosporas de *Ganoderma*. Se colectaron los insectos asociados con basidiomas. Los insectos se enumeraron y se colocaron en un medio para determinar si eran vectores portadores de

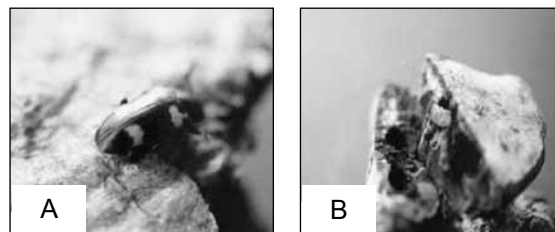


Figura 5. Escarabajo adulto (*Episcapha 4-maculata*) (A) y larvas de insectos y (B) en el cuerpo fructífero (basidiomas) de *Ganoderma* que presenta basidiosporas de *Ganoderma*.

basidiosporas de *Ganoderma*. Había 520 palmas, incluidas 180 infectadas con *Ganoderma*, 25 puntos vacantes y 67 palmas tenían basidiomas que variaron de pequeños a medianos y grandes.

Se colectaron un total de 241 insectos, incluidas seis especies de escarabajos, tres de hormigas y tres de termitas. Se encontró que seis de doce especies de insectos portaban basidiosporas de *Ganoderma*, entre los cuales se encontraron *Episcapha 4-maculata* (90%), escarabajo no identificado B4 (25%), escarabajo no identificado B4 B3 (15,5%), hormiga negra (3%) y *Coptotermes* sp. (5,5%). Se observó que las larvas de los insectos se alimentaban dentro de los basidiomas y se encontró que 67,5% tenían basidiosporas de *Ganoderma* (Figura 5).

Efectos sobre la productividad

Las pérdidas debido a BSR pueden ocurrir no solo a través de la reducción directa del número de palmas de aceite en el rodal, sino también a través de una reducción en el número y peso de los racimos de fruta de palmas enfermas en pie y de aquellas con infecciones subclínicas (Turner, 1981). La enfermedad puede resultar en la muerte de más del 80% de la plantación para cuando las palmas están a mitad de camino de su vida económica normal y con bastante frecuencia han ocurrido pérdidas que alcanzan el 30%. Es probable que ocurra una compensación en la productividad por palmas vecinas sanas y según Turner (1981), los niveles de enfermedades del 10% tienen poco efecto en la productividad.

Khairudin (1995) encontró que la productividad de las palmas infectadas se redujo en

20-40% en el año anterior a la detección de la infección. Nazeed *et al.* (2000) demostraron que las palmas con la enfermedad causada por *Ganoderma* produjeron entre 13 y 21% menos que las palmas sanas de la misma edad.

En un estudio para cuantificar las pérdidas de productividad, Singh (1990) reportó una comparación de la producción de racimos de fruta fresca (RFF) en dos bloques –uno con alta incidencia de BSR y el otro con baja–. El campo seleccionado se encontraba dentro de la misma plantación, de la misma edad y en suelos similares. Se demostró que la enfermedad BSR afectó negativamente la producción de RFF. Una incidencia de la enfermedad entre 31 y 67% puede causar una reducción alrededor del 26 al 46% en la productividad de los RFF.

Síntomas de la enfermedad

Síntomas externos

En las palmas inmaduras, los síntomas externos de BSR por lo general comprenden el amarillamiento de un solo lado, o moteado de las hojas bajas, seguido de necrosis (Figura 6). Las hojas recién desplegadas son más cortas de lo normal y cloróticas y, además, las puntas pueden estar necróticas.

En la medida en que la enfermedad progresa, las palmas pueden tomar una apariencia pálida en general, con retraso en el crecimiento y las hojas flecha permanecen sin abrir y la palma muere. Síntomas similares se observan en las palmas maduras con múltiples hojas flecha sin abrir y un follaje en general pálido (Figura 7). Las hojas afectadas mueren y la necrosis empieza en las hojas más viejas y se

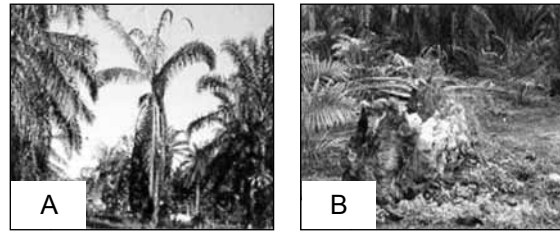


Figura 7. Síntomas de la enfermedad Pudrición basal del estípote (BSR) en palma madura. (A) gravemente infectada mostrando hojas flecha sin abrir y muchas hojas colapsadas y (B) palma muerta.

extiende progresivamente hacia arriba a través de la corona. Las hojas disecadas muertas cuelgan en el punto de unión al tronco o se fracturan en algún punto a lo largo del raquis y cuelgan hacia abajo para formar una falda de hojas muertas.

A menudo, cuando se observan los síntomas foliares, por lo general se observa que el hongo *Ganoderma* ha matado a por lo menos la mitad del tejido basal del estípote. Las palmas inmaduras infectadas normalmente mueren en un plazo de 6 a 24 meses después de la aparición de los primeros síntomas, pero las palmas maduras pueden tardar de 1 a 2,5 años para morir.

Cuerpo fructífero

La enfermedad también puede detectarse con base en la presencia de basidiomas o del cuerpo fructífero (Figura 8) de *Ganoderma* en la base del estípote, las bases de las hojas o las raíces. Los basidiomas pueden o no desarrollarse antes que aparezcan los síntomas foliares. El momento de la aparición de los basidiomas depende de la pudrición interna que se extiende hacia la periferia del estípote.

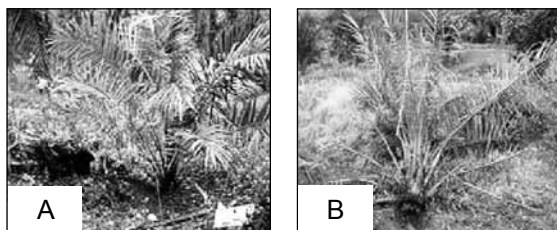


Figura 6. Síntomas de la enfermedad Pudrición basal del estípote (BSR) en palma inmadura. (A) amarillamiento de un solo lado y (B) palma muerta.

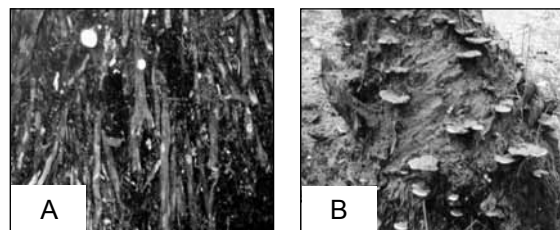


Figura 8. Cuerpo fructífero (basidiomas) de *Ganoderma*. (A) Pequeños botones blancos en las raíces y (B) con forma de corchete en el estípote.



Los basidiomas inicialmente aparecen como pequeños botones blancos de tejido fungoso que rápidamente se convierten en la conocida forma de corchete. La superficie superior de los basidiomas maduros varía en cuanto a su forma, tamaño y color, y tienen un borde claro o blanco. La superficie inferior es de color blanquizco y tiene numerosos poros diminutos.

Con frecuencia, muchos basidiomas se forman juntos, con superposición y se fusionan para formar estructuras compuestas grandes. La ubicación de los basidiomas proporciona una guía aproximada de la posición de la zona enferma dentro de la palma. Cuando la palma muere, puede observarse la rápida colonización de todo el tronco a través de la aparición de basidiomas en toda la longitud.

Los síntomas típicos de la infección por Ganoderma solo aparecerán en el follaje después de que una parte considerable del estípite está infectado. La palma de aceite, extensamente descompuesta por Ganoderma, puede fracturarse en la base y la palma colapsa, dejando los tejidos enfermos del tronco en el suelo. Posteriormente, se producen numerosos basidiomas de Ganoderma, especialmente durante la temporada de lluvia. Si la palma permanece en pie, el tronco puede volverse hueco. La incidencia de palmas caídas o vacantes aumenta con la edad y puede alcanzar el 26% para cuando las palmas tengan veinte años de edad o más (Singh, 1990).

Detección temprana de Ganoderma

Se han logrado tecnologías para la detección temprana de Ganoderma a través de una técnica de cultivo utilizando el medio selectivo de Ganoderma (GSM), la reacción en cadena de la polimerasa-ADN molecular (PCR-DNA) y el ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas-anticuerpos policlonales (Elisa-Pab) (Darmono, 2000; Utomo y Niepold, 2000, Idris y Rafidah, 2008). Estas técnicas ofrecen varias ventajas al proporcionar especificidad y sensibilidad para la detección de Ganoderma en palma de aceite. Las técnicas para la detección temprana de la enfermedad causada por Ganoderma en palma de aceite son:

Medio selectivo de Ganoderma (GSM)

El GSM desarrollado puede ser utilizado para confirmar la enfermedad (Ariffin e Idris, 1991). Este medio hace muy práctico el aislamiento de los hongos del tejido enfermo. Con el GSM, fue posible detectar más palmas de aceite infectadas con Ganoderma que no mostraban ningún síntoma obvio de la infección externamente mediante la técnica de perforación. Los estudios indican que cerca del 10% de las palmas de aceite sanas de hecho han sido infectadas (Ariffin *et al.*, 1993; 1996).

Kit Multiplex PCR-DNA

Se ha reportado el uso de PCR-DNA para la detección de Ganoderma en palmas de aceite (Idris *et al.*, 2003; Bridge *et al.*, 2000; Utomo y Niepold, 2000). Recientemente, el MPOB desarrolló el Kit Multiplex PCR-DNA, para la detección temprana e identificación de cuatro especies de Ganodermas en palma de aceite (Idris *et al.*, 2010).

El Kit Multiplex PCR-DNA es una prueba in vitro cualitativa con una sensibilidad y especificidad mejorada que utiliza la tecnología de Oligonucleótido de Cebado Doble DPO (por su sigla en inglés, *Dual Priming Oligonucleotide*). Esta técnica permite la detección temprana y la diferenciación entre las cuatro especies de Ganoderma en palma de aceite (Idris, 1999), a saber, *G. boninense*, *G. zonatum*, *G. miniato-cinctum* y *G. tornatum* en una única reacción. Las primeras tres especies son patógenas en palma de aceite mientras que la última no lo es. Los estudios de campo han confirmado que el Kit Multiplex PCR-DNA es capaz de detectar e identificar la presencia de especies de Ganoderma en palma de aceite.

Tomografía GanoSken

La tecnología de tomografía es una herramienta no invasiva diseñada para evaluar la descomposición y degradación de las palmas. El equipo consiste en un sensor de sonido y un *software* de tomografía llamado GanoSkenTM (Idris *et al.*, 2010). Los sensores de sonido son instalados alrededor de la circunferencia de un

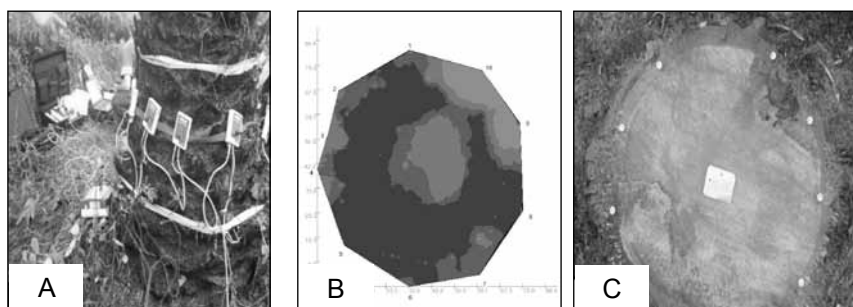


Figura 9. (A) Detección de Ganoderma mediante tomografía Ganosken™, (B) imagen tomográfica GanoSken de una palma de apariencia sana con infección por Ganoderma en los tejidos del estípite (gris) y (C) corte transversal con estípite en descomposición debido a Ganoderma.

estípite de palma de aceite suplente (*unders-tudy*) (Figura 9). Se emite una onda de sonido en un sensor y se calcula el tiempo de vuelo de la propagación del sonido desde el emisor hasta otros sensores. Estas líneas de sonido son luego usadas para construir la imagen tomográfica del estípite. La detección, junto con la localización y el tamaño de la descomposición y degradación, le permitirán al técnico realizar tratamientos eficaces para la enfermedades en el estípite de la palma de aceite.

Para la evaluación en campo, se clasificaron cortes transversales de treinta palmas de aceite en dos grupos: palmas con apariencia sana (H) y palmas enfermas (infectadas) (I). Se produjeron imágenes tomográficas GanoSken que confirmaron el tamaño y sitio (localización) de la infección por Ganoderma en el estípite de las palmas de aceite. Las imágenes de los cortes transversales reales se correlacionaron con la imagen tomográfica. Las zonas marrón oscuro indican el estípite intacto y sano, mientras que las zonas moradas y verdosas indican infección por Ganoderma. Las inspecciones de los estípites de palma de aceite se confirmaron con base en el medio selectivo de Ganoderma Medium (Ariffin e Idris, 1991).

Los resultados mostraron que la tomografía GanoSken es capaz de detectar e identificar la infección por Ganoderma en palmas de aceite con apariencia sana. La tomografía GanoSken es capaz de realizar una detección temprana de la infección por Ganoderma en el tronco de la palma de aceite.

Estrategias de control y manejo

Para el control de Ganoderma, se sugieren medidas sanitarias integradas y control biológico y químico. Estas medidas de control están encaminadas a minimizar la incidencia de la enfermedad en la renovación, prolongar la vida productiva de la palma infectada y retardar el progreso de la infección por Ganoderma. Se han logrado algunos métodos para el control de la enfermedad pudrición basal del estípite en las plantaciones existentes y algunas estrategias de su manejo en la renovación y se están implementando en varias plantaciones y pequeñas explotaciones de palma de aceite en Malasia (Idris *et al.*, 2011).

Control y manejo en las plantaciones existentes

Cirugía y amontonamiento de tierra alrededor de la base de las palmas enfermas para prolongar la productividad

Se ha recomendado la eliminación de los tejidos enfermos como una forma de tratamiento (Turner, 1981), pero con resultados muy diversos. Se realizó cirugía con la eliminación de tejidos infectados de lesiones en los tejidos externos del estípite de la palma de aceite con cinceles para cosechar, o con cirugía mecánica para eliminar los tejidos enfermos por encima y por debajo del nivel del suelo (Singh, 1990).



Después que se eliminaron las lesiones, la superficie cortada se trató con un producto químico protector (por ejemplo, alquitrán de hulla o una mezcla de alquitrán de hulla con tiram).

La edad de la palma de aceite es importante al considerar el método de cirugía (Turner, 1981). Se reportó que el tratamiento con cirugía tuvo más éxito en palmas de más de doce años, ya que la lesiones de la enfermedad son más superficiales debido a los estípites más duros de las palmas más viejas (Singh, 1990). Con frecuencia, la cirugía requiere la repetición del tratamiento, ya que la infección a menudo resurge si las lesiones no se eliminan por completo. Otro método para el control de BSR es el amontonamiento de tierra en combinación con tratamientos culturales, orgánicos e inorgánicos y también químicos.

Lim *et al.* (1993), y Hassan y Turner (1994) mostraron que la cirugía seguida del amontonamiento de tierra (1m de altura x 2 m de diámetro) alrededor de la base de las palmas enfermas maduras podía propiciar un incremento en el vigor y el rendimiento de las palmas de aceite. El tratamiento parece ser prometedor para prolongar la vida económica de las palmas de aceite infectadas con Ganoderma, al estimular el crecimiento de las raíces para la absorción de nutrientes.

Tuck y Khairudin (1997) indicaron que el amontonamiento de tierra solo y con fumigantes se consideran que pueden prolongar la productividad de las palmas de aceite a través del beneficio físico de evitar que los troncos debilitados sean derribados por el viento. Cuando las palmas con amontonamiento de tierra ya no sean productivas debido a la severidad de la enfermedad cada vez mayor, estas deben ser eliminadas.

Hexaconazol para controlar las palmas infectadas con Ganoderma

La no aplicación de fungicidas en el borde de avance de la enfermedad y dentro de la lesión de la enfermedad, es una de las razones de la ineficacia de los fungicidas para controlar Ganoderma en palma de aceite. Para superar este problema, el MPOB ha desarrollado inyector a presión para la inyección a presión de

fungicidas de manera rápida y eficaz (Idris *et al.*, 2002a).

Si se trabaja a una presión de aproximadamente 15 kg/cm², una solución fungicida de 5 litros puede inyectarse en la palma en menos de tres minutos. La inyección a presión fue capaz de dar una buena cobertura de la solución colorante dentro de los tejidos del estípite infectado con Ganoderma (Figura 10). El desarrollo de la inyección a presión se considera otro avance importante que posibilitará el tratamiento fungicida de palmas infectadas. Con esta técnica, se pueden aplicar fungicidas de manera precisa en los sitios infectados, lo que garantiza una mejor aplicación del fungicida con mínimo desperdicio.

Estudios anteriores realizados por el MPOB indicaron que el bromoconazol y el hexaconazol, ambos en el grupo de los triazoles, eran eficaces en la prolongación de la vida productiva de palmas infectadas con Ganoderma en comparación con otros cuatro fungicidas, tales como benomilo+tiram, triadimefón, triadimenol y tridemorf (Idris *et al.*, 2002a; Idris *et al.*, 2004).

Se realizaron estudios de campo adicionales para evaluar la eficacia del hexaconazol para prolongar la vida productiva de palmas infectadas con Ganoderma en tres sitios: Teluk Intan, Perak (suelo de turba, 16 a 20 años de edad); Sepang, Selangor (suelo costero, 18 a 22 años de edad) y Kluang, Johor (suelo del interior, 18 a 22 años de edad).

Las palmas infectadas se trataron con hexaconazol a 90 ml por palma (4,5 g de ingrediente activo) disuelto en 7 litros de agua y aplicado como inyección en el tronco mediante

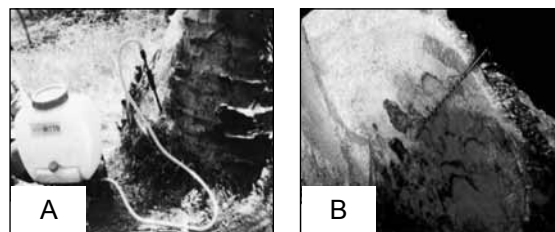


Figura 10. Control de palma infectada con Ganoderma con fungicidas a través de inyección en el tronco. (A) inyector de golpe manual y (B) distribución de la solución colorante (más fungicida hexaconazol) en un tejido de estípite enfermo.

inyector de golpe manual según reporte de Idris *et al.* (2004) y las palmas infectadas no tratadas como control. Las palmas infectadas se trataron con hexaconazol aproximadamente cada seis meses y se observaron durante un periodo de cinco años.

En este estudio, las palmas infectadas se seleccionaron con base en la presencia de basidiomas de *Ganoderma* o de tejidos de estípites podridos en la base con las palmas todavía produciendo racimos de fruta. No se presentaron síntomas foliares claros típicos de la enfermedad BSR. Las palmas infectadas se marcaron y cada tratamiento se repitió en treinta palmas. Los efectos del hexaconazol se evaluaron cada tres meses mediante la comprobación de la supervivencia de las palmas y la presencia o ausencia de racimos de fruta. Después de cinco años, un promedio de 74,4% de las palmas infectadas y tratadas con hexaconazol disuelto en 7 litros de agua estaban todavía vivas y produciendo racimos de fruta (Tabla 1).

Después de este periodo, las palmas infectadas no tratadas estaban muertas. Los resultados demostraron que la aplicación de hexaconazol (4,5 g de ingrediente activo) con inyector de golpe manual limitó la propagación de la infección por *Ganoderma* dentro de las palmas en pie infectadas. Esto puede mejorar la productividad de la palma de aceite al prolongar la vida de las palmas infectadas.

La tecnología ha sido implementada en varias plantaciones y pequeñas explotaciones de palma de aceite para la aplicación de hexaconazol para controlar palmas infectadas con

Ganoderma (Idris *et al.*, 2011). La inyección mecánica del tronco también se desarrolló para aplicar fungicidas para controlar *Ganoderma* en palma de aceite (Razak *et al.*, 2004), pero es necesario investigar esta tecnología con más detalle.

Eliminación (destrucción) de palmas enfermas

El inóculo de *Ganoderma* puede reducirse de forma significativa mediante la destrucción de las palmas enfermas. Esto implica la eliminación o excavación (destrucción) del tocón, tronco y raíces enfermas de la palma de aceite infectada. Se recomienda la eliminación de la palma enferma mediante la excavación del suelo, tocón y masas de raíces con un tamaño de 2 metros de largo x 2 metros de ancho x 1,5 metros de profundidad (Figura 11) y el relleno con suelo cercano (Idris *et al.*, 2005). Esto puede mejorar la productividad de la palma al reducir el riesgo de propagación de *Ganoderma* a otras palmas.

En las plantaciones de Sime Darby, las palmas enfermas menores de cinco años son excavadas con un tamaño de 2 x 2 x 1,5 m para asegurar que los restos de los tejidos enfermos del estípites y la mayor parte del sistema radical sean eliminados (Khairudin yd Chong, 2008). Sin embargo, en siembras mayores de cinco años, se recomienda conservar las palmas productivas enfermas (con apariencia sana) y eliminarlas en cuanto dejen de proporcionar rendimientos económicos.

Tabla 1. Eficacia del hexaconazol para controlar palmas infectadas con *Ganoderma* en Teluk Intan, Sepang y Kluang, cinco años después del tratamiento.

Tratamiento	Porcentaje de palmas infectadas vivas y que producen racimos de fruta (n=30)			Promedio
	Ensayo en Teluk Intan, Perak	Ensayo en Sepang, Selangor	Ensayo en Kluang, Johor	
T1 Palmas infectadas tratadas con hexaconazol (4,5 g de ingrediente activo) disuelto en 7 litros de agua e inyectado a presión	66,6	73,3	83,3	74,4
T2 Palmas infectadas no tratadas (como control)	0	0	0	0

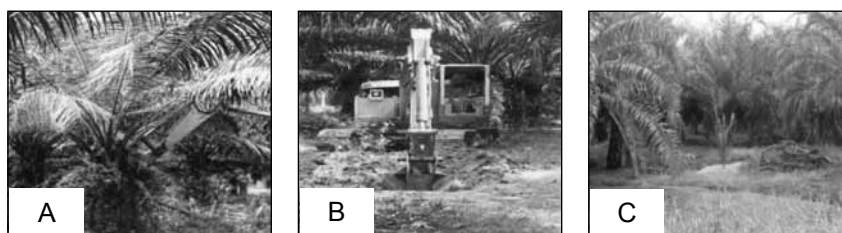


Figura 11. Eliminación de palma enferma con excavadora. (A) empuje de la palma con excavadora o retroexcavadora, (B) excavación del tocón y masas de raíces y (C) palma renovada.

Tratamiento de tocones con fumigante dazomet

Una estrategia para manejar la enfermedad BSR es centrarse en la reducción del inóculo de *Ganoderma* en los rodales existentes y en las renovaciones a través de la aplicación de un producto químico fungicida a los tocones infectados. La fumigación es un medio para reducir el inóculo de algunos hongos en las raíces. Los fumigantes de suelos, tales como metil isotiocianato (MITC, por su sigla en inglés), bromuro de metilo, vorlex, cloropicrina, disulfuro de carbono y vapam han demostrado su eficacia para erradicar los hongos basidiomicetos patógenos de los cultivos arbóreos (Filip y Roth, 1977; Thies y Nelson, 1982).

En los tocones de coníferas infectadas con *Phellinus weirii* y de pinos ponderosa infectados con *Armillaria mellea*, el tratamiento con fumigantes de suelos en el tocón pudo erradicar con éxito el patógeno. El dazomet consta de microgránulos blancos que liberan el fumigante MITC al contacto con el agua. Ariffin e Idris (1993) reportaron que el MITC liberado por el dazomet podía inhibir el crecimiento de *Ganoderma* in vitro y en palmas de aceite infectadas. Se realizó estudio de campo para determinar el efecto del dazomet (MITC) para erradicar inóculos de *Ganoderma* en los tocones infectados.

El estudio se llevó a cabo en palmas de aceite de primera generación de diecinueve años de edad sembradas en suelo de turba en Teluk Intan, Perak. Se identificaron 180 tocones de palmas de aceite infectadas que comprendían seis tratamientos (Tabla 3) con treinta tocones infectados para cada tratamiento. Se aplicó

dazomet a lo largo de las zanjas hechas con motosierra en la parte superior de los tocones infectados, seguido de agua (Figura 12).

Cada tocón infectado tratado con dazomet se cubrió con una lámina grande de polietileno. La aplicación de dazomet en los tocones infectados se realizó una vez al año. Una muestra de tejidos de cada tocón infectado fue colectada para determinar la supervivencia (crecimiento) de *Ganoderma* mediante siembra en el medio selectivo de *Ganoderma* (GSM) (Ariffin e Idris, 1991). A los tres años, el *Ganoderma* sobrevivió (100%) en todos los tocones infectados no tratados (Tabla 2). Solamente 40, 16,6 y 10% de los tocones infectados que recibieron 250 g, 500 g, 750 g, 1000 g y 1250 g de dazomet, respectivamente, produjeron crecimiento de *Ganoderma* en el GSM. El estudio indicó que el dazomet entró en el tocón infectado y causó la muerte del hongo *Ganoderma*.

Control en la renovación

La correcta técnica de la preparación del terreno en el momento de la renovación de palma de aceite se considera una práctica importante para controlar la BSR. Estas estrategias de control se basan en el supuesto de que la infección ocurre por la propagación micelial por contacto entre las raíces.

Siembra bajo cubierta

Cualquier método de eliminación del rodal viejo que implique la destrucción o reducción del inóculo de *Ganoderma* tendrá un efecto beneficioso en la siembra posterior. Las incidencias de la BSR se han observado bajo una serie de técnicas de renovación. Turner (1981)

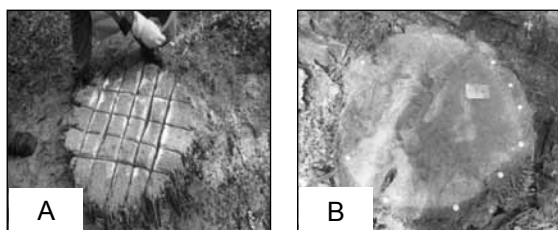
Tabla 2. Efecto del dazomet en la supervivencia del inóculo de *Ganoderma* en los tocones infectados, tres años después del tratamiento.

Tratamiento	Supervivencia del inóculo de <i>Ganoderma</i> en tocones enfermos (%) (n=30)
Tocones infectados no tratados (control)	100,0
Tocones infectados tratados con dazomet a 250g/tocón o 242,5 de ingrediente activo	40,0
Tocones infectados tratados con dazomet a 500g/tocón o 485,0 de ingrediente activo	16,6
Tocones infectados tratados con dazomet a 750g/tocón o 727,5 g de ingrediente activo	16,6
Tocones infectados tratados con dazomet a 1.000g/tocón o 970,0 g de ingrediente activo	10,0
Tocones infectados tratados con dazomet a 1.250 g/tocón o 1.212,5 g de ingrediente activo	10,0

Fuente: Idris y Maizatul, 2012.

Tabla 3. Incidencia de la BSR (%) en palmas renovadas después de adoptar la siembra bajo cubierta de palma de aceite con palma de aceite en la renovación por plantaciones.

Plantación No.	Sitio de estudio	Edad de las palmas (años después de la siembra)	Incidencia de la enfermedad BSR (%)
1	Batu Pahat, Johor (36,8 ha)	16	47,5
2	Kluang, Johor (45,6 ha)	18	42,0
3	Segamat, Johor (29,0 ha)	18	33,4
4	Selangor, Selangor (39,2 ha)	16	57,5
5	Kuala Selangor, Selangor (23 ha)	17	32,8
6	Teluk Intan, Perak (32 ha)	18	31,8
7	Sg. Krian, Perak (18,5 ha)	16	49,3
8	Seberang Prai, Penang (27 ha)	17	31,7

**Figura 12.** Tocón infectado con *Ganoderma*. (A) Tocón infectado tratado con dazomet para erradicar el inóculo de *Ganoderma* y (B) tocón infectado no tratado.

reportó que hay una estrecha relación entre la incidencia de la enfermedad y las técnicas de renovación adoptadas. Un ensayo realizado para determinar el efecto de las diferentes técnicas de renovación sobre la incidencia de la BSR mostró que la siembra bajo cubierta condujo a un alta incidencia de la enfermedad (del 27,3% en el rodal anterior al 33% en el rodal renovado después de quince años), mientras que donde se empleó el desmonte limpio de



los rodales de palma de aceite anteriores, los niveles posteriores de la enfermedad fueron bajos (del 27,3 al 14,0%), y la siembra en hileras incrementó ligeramente el riesgo de incidencia de BSR (del 27,3 al 17,6%) (Khairudin, 1990).

Aunque la técnica de desmonte limpio dio una menor incidencia de la enfermedad en la palma de aceite renovada en comparación con otras técnicas de renovación, posteriormente se encontró que esta técnica no fue del todo satisfactoria en la reducción de la incidencia de la enfermedad (Singh, 1990). Una incidencia de BSR de hasta el 2,8-32,4% fue usual a pesar de la adopción de esta técnica de desmonte limpio (Singh, 1990).

No se recomienda la siembra bajo cubierta de cocotero o palma de aceite con palma de aceite, seguida del envenenamiento o no envenenamiento y la tala del rodal viejo de cocotero o palma de aceite (Figura 13). Se realizó el monitoreo del efecto de la siembra bajo cubierta adoptada por las plantaciones de palma de aceite (palma de aceite con palma de aceite) y las pequeñas explotaciones (palma de aceite con cocotero) en la renovación sobre la incidencia de la enfermedad BSR en las palmas renovadas en ocho sitios. Los resultados se presentan en las Tablas 3 y 4. Se realizó un censo de la BSR en el terreno en cada uno de los sitios de estudio involucrados. Se registró una alta

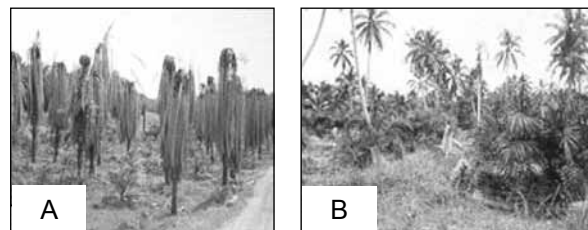


Figura 13. (A) Siembra bajo cubierta de palma de aceite con palma de aceite y (B) palma de aceite con cocotero.

incidencia de la enfermedad BSR (>30%) en las palmas renovadas.

Medidas sanitarias mediante la eliminación (destronque) del rodal de palmas viejas

Debido a que los tejidos del rodal anterior de las palmas de aceite son la principal fuente de infección en la renovación (Hasan y Turner, 1998; Flood *et al.*, 2000; Rao *et al.*, 2003), es importante la prevención de la enfermedad a través de medidas sanitarias.

Se realizó un estudio de campo para determinar la eficacia de las medidas sanitarias en los rodales de palmas viejas para controlar la Ganoderma después de la renovación. El estudio se llevó a cabo en dos sitios: (a) Sepang, Selangor (suelo costero en siembra de 1963 (primera generación con una densidad

Tabla 4. Incidencia de la BSR (%) en palmas renovadas después de adoptar la siembra bajo cubierta de palma de aceite con cocotero en la renovación por pequeñas explotaciones.

Pequeña explotación No.	Sitio de estudio	Edad de las palmas (años después de la siembra)	Incidencia de la enfermedad BSR (%)
1	Batu Pahat, Johor (5,6 ha)	13	47,5
2	Pontian, Johor (10,5 ha)	18	35,2
3	Banting, Selangor (8,0 ha)	16	31,8
4	Sepang, Selangor (4,5 ha)	18	32,6
5	Kuala Selangor, Selangor (3,5 ha)	15	52,1
6	Teluk Intan, Perak (6,0 ha)	18	56,0
7	Sg. Krian, Perak (12,5 ha)	15	44,8
8	Bagan Datoh, Perak (4,7 ha)	16	34,2

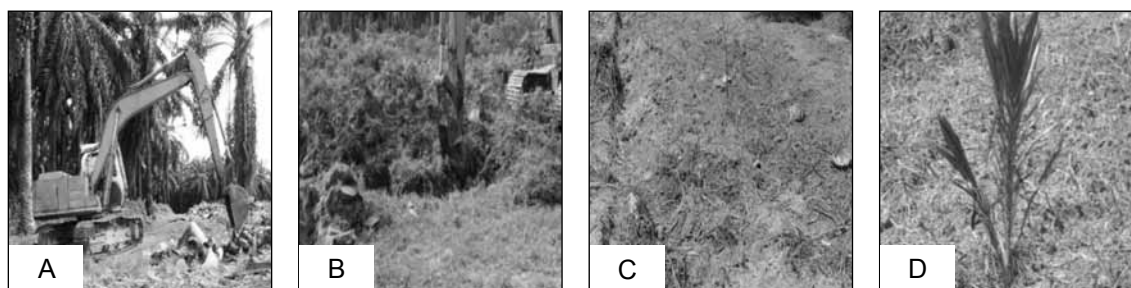


Figura 14. Medidas sanitarias en la renovación. (A) empuje de la palma vieja con excavadora, (B) excavación del tocón y masas radicales, (C) arada de nuevas hileras para sembrar y (D) siembra de palma nueva a lo largo de las zonas aradas.

de siembra de 136 palmas/ha) y renovado en 1993 (segunda generación con una densidad de siembra de 148 palmas/ha), (b) Segamat, Johor (suelo del suelo interior en siembra de 1963 (primera generación con una densidad de siembra de 148 palmas/ha) y renovado en 1993 (segunda generación con una densidad de siembra de 160 palmas/ha).

Se evaluaron dos tratamientos, es decir, con y sin medidas sanitarias (Figura 14) y cada tratamiento se repitió tres veces. El tamaño de las parcelas fue de aproximadamente 1 hectárea para un total de 6 hectáreas. Estos dos tratamientos son los siguientes: T1, sin medidas sanitarias (prácticas de plantación que incluyen el empuje de los rodales viejos, la trituración del tronco, tocón y masas radicales en pequeños fragmentos, el apilamiento en la hilera de siembra vieja, la quema única y la siembra de palmas nuevas en entre hileras; y T2, con medidas sanitarias (prácticas de

plantación + excavación de tocones y masas de raíces viejos por medio de un hoyo cavado de 2m de ancho x 2m de largo x 1,5m de profundidad, y el rellenado con suelo cercano + la arada entre las áreas de siembra viejas o a lo largo de la nueva hilera de siembra y la siembra de nuevas palmas a lo largo de las zonas aradas).

Se evaluó la eficacia de los tratamientos mediante la comprobación de los síntomas de la enfermedad BSR en las palmas renovadas, cada seis meses durante uno, dos y tres años después de la siembra y cada año para los siguientes años de siembra. Los resultados se presentan en la Tabla 5. Las medidas sanitarias mediante la excavación del suelo y de los tocones viejos, la arada y roturación, antes de la renovación, disminuyeron significativamente la incidencia de BSR en las palmas renovadas. A quince años de la siembra, se registró un promedio de incidencia de BSR del 39,4%

Tabla 5. Incidencia promedio de la enfermedad BSR en las palmas renovadas, quince años después de siembra.

Tratamiento	Incidencia media de BSR en las palmas renovadas (%)		
	Sepang, Selangor	Segamat, Johor	Promedio (%)
T1 Sin medidas sanitarias (prácticas de plantación que incluyen empuje de los rodales viejos, trituración, apilamiento y quema única)	29,0	49,8	39,4
T2 Medidas sanitarias (prácticas de plantación + excavación del suelo, tocones y masas de raíces: arada y siembra de nuevas palmas a lo largo de las zonas aradas)	6,5	10,6	8,5
Control de la enfermedad (%)	22,5	39,2	30,8



en las palmas renovadas en las áreas sin medidas sanitarias y solo 8,5% en las áreas con medidas sanitarias. Mediante la adopción de esta tecnología, se logró una reducción de la enfermedad del 30,8%.

Con base en estos dos ensayos, el manejo recomendado durante la renovación es el saneamiento mediante la destrucción de las palmas viejas, con el derribo de la palma y su trituración en pequeños fragmentos. Todos los tocones y raíces se extraen mediante la excavación de un hoyo de 2m x 2m x 1,5m, se aran las nuevas hileras de siembra y se siembran nuevas palmas a lo largo de las zonas aradas y lejos de los puntos de siembra anteriores. Con la práctica de este método, la incidencia de la enfermedad BSR puede reducirse de manera significativa en las palmas renovadas.

Producto comercial de biofertilizante GanoEF

Las investigaciones de la MPOB en los controles biológicos para la enfermedad causada por Ganoderma han llevado al desarrollo de innovaciones, nuevas tecnologías y formulaciones de productos.

En 2011, el MPOB firmó un acuerdo con All Cosmos Industries Sdn. Bhd., Malasia, para la Investigación y Desarrollo (I+D) en común para desarrollar la formulación y comercialización del biofertilizante GanoEF para el control y prevención de la enfermedad causada por Ganoderma en palma de aceite.

El producto, que fue desarrollado con éxito, es una nueva formulación que contiene el hongo endófito *Hendersonia GanoEF1*, y fertilizantes inorgánicos y orgánicos (Figura 15). En varios

estudios de laboratorio y de vivero, se encontró que el hongo endófito *Hendersonia GanoEF1* es fuertemente antagónico a Ganoderma. El hongo *Hendersonia* coloniza las raíces de la palma de aceite y no le hace daño a la planta hospedera. Está demostrado que con el uso del biofertilizante GanoEF, se reduce hasta en un 70% la incidencia de la enfermedad causada por Ganoderma en palma de aceite (Idris *et al.*, 2012). La formulación de *Hendersonia GanoEF* ha sido patentada y ahora está lista para su producción comercial para ser usada por la industria de la palma de aceite.

Conclusiones

Aunque Malasia enfrenta solo una enfermedad importante en palma de aceite, la Pudrición basal del estípite (BSR), causada por Ganoderma, plantea una seria amenaza para el futuro de la industria. La enfermedad tiene un impacto severo en la producción de palma de aceite en Malasia Peninsular, y actualmente aumenta en intensidad en Sabah y Sarawak.

Se han identificado cuatro especies de Ganoderma (*G. boninense*, *G. zonatum*, *G. miniatocinctum* y *G. tornatum*) asociadas con la BSR en Malasia. Las tres primeras especies demostraron ser patógenas a la palma de aceite, mientras que *G. tornatum* no lo es. Se han logrado algunos progresos en el desarrollo de técnicas para la detección temprana de Ganoderma a través de Elisa-PAb y del Kit Multiplex PCR-DNA. La tomografía GanoSken™ también se desarrolló para detectar e identificar la infección por Ganoderma en palma de aceite.

En las plantaciones existentes, el fungicida Hexaconazol puede usarse para prolongar la

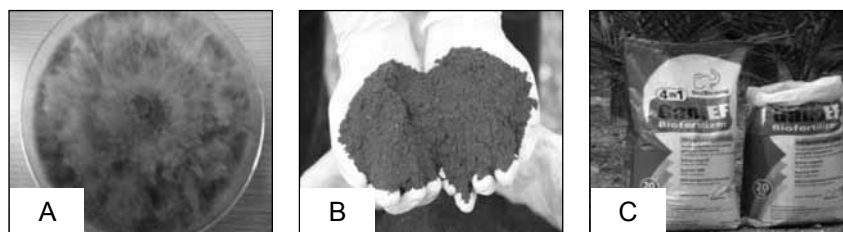


Figura 15. Producto comercial de biofertilizante GanoEF para el control de la enfermedad causada por Ganoderma en palma de aceite. (A) empaque del producto (B) formulación en polvo que contiene hongo endófito *Hendersonia GanoEF1* y (C) fertilizantes orgánicos e inorgánicos.

vida productiva de las palmas infectadas con *Ganoderma*. No se recomienda la siembra bajo cubierta de palma de aceite ya sea a continuación de cocoteros o de palmas de aceite. En la renovación se recomiendan medidas sanitarias mediante la eliminación de las palmas, que involucra el derribo del rodal viejo, la trituración en fragmentos pequeños, la excavación y eliminación de todas las raíces y tocones mediante la excavación de un hoyo de 2m x 2m x 1,5m, la arada de las nuevas zonas de siembra y la siembra de palmas nuevas a lo largo de las zonas aradas y alejadas de los puntos de siembra anteriores, con el fin de minimizar la infección radicular a través del contacto de las raíces. El producto comercial de biofertilizante GanoEF contiene el hongo endófito *Hendersonia*

GanoEF1 incorporado a los fertilizantes orgánicos e inorgánicos como formulación para la prevención de *Ganoderma*, y se ha producido con éxito el crecimiento vegetativo de la palma de aceite. El producto puede ser aplicado en las plántulas, hoyos de siembra y palmas de siembra. El uso del biofertilizante GanoEF puede contribuir positivamente hacia el control y prevención de la enfermedad causada por *Ganoderma* en las plantaciones de palma de aceite.

Agradecimientos

El autor agradece al director general de el MPOB por su permiso para publicar este artículo.



Bibliografía

- Arif, M. A.; Roslan, A.; Idris, A. S.; Ramle, M. 2011. Economics of oil palm pests and *Ganoderma* diseases and yield losses. *Proc. of the Third International Seminar Integrated Oil Palm Pests and Management*. Malasia: MPOB, 83-98.
- Adaskaveg, J. E.; Gilbertson, R. L. 1987. Infection and colonization of grapevines by *Ganoderma lucidum*. *Plant Disease*, 71: 251-253.
- Ariffin, D. 2000. Major diseases of oil palm. En: *Advances in Oil Palm Research - Volume 1*, (editado por Yusof, B.; Jalani, B. S.; Chan, K. W.). Malaysian Palm Oil Board, 596-622.
- Ariffin, D.; Idris, A. S. 1990. Progress on *Ganoderma* research at Porim. En: *Proceedings of the Ganoderma Workshop*, 11 de septiembre 1990 (editado por Ariffin, D.; Jalani, S.): 113-131. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Bangi, Selangor (Malasia).
- Ariffin, D.; Idris, A. S. 1991. A selective medium for the isolation of *Ganoderma* from diseased tissues. En: Proceedings of the 1991 International Palm Oil Conference, Progress, Prospects & Challenges Towards the 21st Century (Model I, *Agriculture*): 9-14. Septiembre de 1991 (editado por Yusof *et al.*): 517-519. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Bangi, Selangor (Malasia).
- Ariffin, D.; Idris, A. S.; Abdul Halim, H. 1989a. *Significance of the black line within oil palm tissue decay by Ganoderma boninense*. *Elaeis*, 1: 11-16.
- Ariffin, D.; Singh, G.; Lim, T. K. 1989b. *Ganoderma* in Malaysia-current status and research strategy. En: Proceedings of the 1989 Porim International Palm Oil Development Conference-Module II: *Agriculture*, 5-9 de septiembre de 1989 (editado por Jalani *et al.*): 249-297. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Bangi, Selangor (Malasia).
- Ariffin, D.; Idris, A. S.; Abdul Halim, H. 1991. *Histopathological studies on colonization of oil palm root by Ganoderma boninense*. *Elaeis*, 3 (1): 289-293.
- Ariffin, D.; Idris, A. S. 1991. Investigation on the control of *Ganoderma* with dazomet. Proceeding of Porim International Palm Oil Conference (Pipoc 1991). *Agriculture*, Malaysian Palm Oil Board, Kuala Lumpur, 424-429.
- Ariffin, D.; Idris, A. S. 1993. Methylisothiocynate (MIT) movement and fungitoxicity in *Ganoderma* infected palm. Proceeding of Porim International Palm Oil Conference (Pipoc 1993): *Update and Vision-Agriculture*, Malaysian Palm Oil Board, Kuala Lumpur, 730-734.
- Ariffin, D.; Idris, A. S.; Khairudin, H. 1993. Confirmation of *Ganoderma* infected palm by drilling technique. En: Proceedings of the 1993 Porim International Palm Oil Congress 'Update and Vision' (*Agriculture*), 20-25 de septiembre de 1993, (editado por Jalani *et al.*), 735-738. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Bangi, Selangor (Malasia).



- Ariffin, D.; Idris, A. S.; Marzuki, A. 1996. Spread of *Ganoderma boninense* and vegetative compatibility studies of a single field palm isolates. En: Proceedings of the 1996 Porim International Palm Oil Congress (*Agriculture*), septiembre de 1996, (editado por Ariffin et al.): 317-329. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Bangi, Selangor (Malasia).
- Benjamin, M.; Chee, K. H. 1995. Basal stem rot of oil palm-a serious problem on inland soils. *MAPPs Newsletter*, 19 (1): 3.
- Bridge, P. D.; O'Grady, E. B.; Pilotti, C. A.; Sanderson, F. R. 2000. Development of molecular diagnostics for the detection of *Ganoderma* isolates pathogenic to oil palm. En: *Ganoderma Diseases of Perennial Crops* (editado por Flood et al.), CABI Publishing (UK), 225-234.
- Chung, G. F.; Cheah, S. S.; Nur Azarina, A. B. 1998. Some insects associated with *Ganoderma* fruiting bodies. En: *The proceeding International Workshop on Ganoderma Diseases*, Mardi Serdang, 5-8 de octubre de 1998 (Abstract).
- Darmono, T. W. 2000. *Ganoderma* in oil palm in Indonesia: current status and prospective use of antibodies for the detection of infection. En: *Ganoderma Diseases of Perennial Crops* (editado por Flood et al.), CABI Publishing (UK), 249-266.
- Filip, G. M.; Roth, L. F. 1977. Stump injections with soil fumigants to eradicate *Armillariella mellea* from young growth ponderosa pine killed by root rot. *Can. J. For. Res.*, 7: 226-231.
- Flood, J.; Hasan, Y.; Turner, P. D.; O'Grady, E. B. 2000. The spread of *Ganoderma* from infective sources in the field and its implications for management of the disease in oil palm. En: *Ganoderma Diseases of Perennial Crops* (editado por Flood et al.), CABI Publishing (UK), 101-112.
- Genty, P.; de Chenon, R. D.; Mariau, D. 1976. Infestation des racines arinnes du palmier a huile par des chnilles genre *Sufetula* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). *Oleagineux*, 31: 365-370.
- George, S. T.; Chung, G. F.; Zakaria, K. 1996. Updated results (1990-1995) on trunk injection of fungicides for the control of *Ganoderma* basal stem rot. En: Proceedings of the 1996 Porim International Palm Oil Congress (*Agriculture*), septiembre de 1996 (editado por Ariffin et al.): 508-515. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Bangi, Selangor (Malasia).
- Hassan, Y.; Tuner, P. D. 1998. The comparative importance of different oil palm tissues as infection sources for basal stem rot in replantings. *The Planter*, 74(864): 119-135.
- Ho, Y. W.; Nawawi, A. 1985. *Ganoderma boninense* Pat. from basal stem rot of oil palm (*Elaeis guineensis*) in Peninsular Malaysia. *Pertanika*, 8: 425-428.
- Hoong, H. W. 2007. *Ganoderma* disease of oil palm in Sabah. *The Planter*, 83(974): 299-313.
- Idris, A. S. 1999. Basal stem rot (BSR) of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Malaysia: Factors associated with variation in disease severity. PhD Thesis, Wye College, Uni. Of London (UK).
- Idris, A. S. 2009. Basal stem rot in Malaysia – Biology, economic importance, epidemiology, detection and control. Proc. of the International Workshop on Awareness, Detection and Control of Oil Palm Devastating Diseases, 6 de noviembre de 2009 (Kushairi, A.; Idris, A. S.; Norman, K.; editores). MPOB (Malasia), 13-57.
- Idris, A. S.; Ariffin, D.; Swinburne, T. R.; Watt, T. A. 2000a. The identity of *Ganoderma* species responsible for basal stem rot (BSR) disease of oil palm in Malaysia – Morphological characteristics. MPOB *Information Series* 102, MPOB TT 77a, agosto de 2000, 4pp.
- Idris, A. S.; Ariffin, D.; Swinburne, T. R.; Watt, T. A. 2000b. The identity of *Ganoderma* species responsible for basal stem rot (BSR) disease of oil palm in Malaysia – Pathogenicity test. MPOB *Information Series* 103, MPOB TT 77b, agosto de 2000, 4pp.
- Idris, A. S.; Ariffin, D.; Swinburne, T. R.; Watt, T. A. 2001a. Distribution of species of *Ganoderma* basal stem rot of oil palm in relation to the environmental conditions in Peninsular Malaysia. En: the Proceedings of the Agriculture Conference of 2001 Pipoc, organised by Malaysian Palm Oil Board, Bangi, 20-22 agosto de 2001, 385-394.
- Idris, A. S.; Ismail, S.; Ariffin, D.; Ahmad, H. 2002a. Control of *Ganoderma*-infected palm – development of pressure injection and field applications. MPOB *Information Series* 148, MPOB TT 131, mayo de 2002, 2pp.
- Idris, A. S.; Khusairi, D.; Ismail, S.; Ariffin, D. 2002b. Selection for partial resistance in oil palm to *Ganoderma* basal stem rot. Paper Presented in the Seminar Recent Progress in the Management of Peat and *Ganoderma*, 6-7 de mayo de 2002, Bangi, 12pp.
- Idris AS, Yamaoka M, Hayakawa S, Basri MW, Noorhasimah I and Ariffin D (2003a). PCR technique for detection of *Ganoderma*. MPOB *Information Series*, MPOB TT No. 188, Jun 2003. 4pp.
- Idris, A. S.; Rafidah, R. 2008. Polyclonal antibody for detection of *Ganoderma*. MPOB *Information Series* 430, MPOB TT 405, 17 de junio de 2008, 4pp.
- Idris, A. S.; Mazliham, M. S.; Loonis, P.; Basri, M. W. 2010. Ganosken for early detection of *Ganoderma* infection in oil palm. MPOB *Information Series* 449, MPOB TS 442, MPOB (Malasia), 4pp.
- Idris, A. S.; Rajinder, S.; Madihah, A. Z.; Basri, M. W. 2010. Multiplex PCR-DNA Kit for early detection and identification of *Ganoderma* species in oil palm. MPOB *Information Series* 531, MPOB TS 73, MPOB (Malasia), 4pp.
- Idris, A. S.; Ismail, S.; Ariffin, D. 2004. Innovative technique of sanitation for controlling *Ganoderma* at replanting. MPOB *Information Series* 220, MPOB TT 213, MPOB (Malasia), 4pp.
- Idris, A. S.; Ismail, S.; Ariffin, D. 2005. Reducing risk of *Ganoderma* in supply palms. MPOB *Information Series* 264, MPOB TT 260. MPOB (Malasia), 4pp.
- Idris, A. S.; Maizatul, S. M. 2012. Stump treatment with dazomet for controlling *Ganoderma* disease in oil palm. MPOB *Information Series* 615, MPOB TS 107, 2pp.
- Idris, A. S.; Nurrashyeda, R.; Maizatul, S. M.; Madihah, A. Z.; Tarmizi, A. M.; Kushairi, A.; Wan Azha, W. M.; Tony Peng, S. H. 2012. Biofertilizer *Hendersonia* GanoEF as biological control of *Ganoderma* in oil palm. MPOB *Information Series* 595, MPOB TT 508. MPOB (Malasia), 3pp.
- Khairudin, H. 1990. Basal stem rot of oil palm: incidence, etiology and control. Master of Agriculture Science Thesis, Universiti Pertanian Malaysia, Selangor (Malasia).
- Khairudin, H.; Chong, T. C. 2008. An overview of the current status of *Ganoderma* basal stem rot and its management in a large plantation group in Malaysia. *The Planter*, 84(988): 469-482.

- Kushairi, A.; Idris, A. S.; Norman, K. 2009. Proceedings of the International Workshop on Awareness, Detection and Control of Oil Palm Devastating Diseases, Kuala Lumpur (Malasia). 6 de noviembre de 2009. Organized by Malaysian Palm Oil Board, Bangi, Selangor (Malasia).
- Lim, K. H.; Chuah, J. H.; Ho, C. H. 1993. Effects of soil heaping on *Ganoderma* infected oil palms. En: Proceedings of the 1993 Porim International Palm Oil Congress 'Update and Vision' (*Agriculture*), 20-25 de septiembre de 1993, (editado por Jalani *et al.*), 735-738. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Bangi, Selangor (Malasia).
- Rao, V.; Lim, C. C.; Chia, C. C.; Teo, K. W. 2003. Studies on *Ganoderma* spread and control. *The Planter*, 79(927): 367-383.
- Sariah, M.; Hussin, M. Z.; Miller, R. N. G.; Holderness, M. 1994. Pathogenicity of *Ganoderma boninense* tested by inoculation of oil palm seedlings. *Plant Pathology*, 43: 507-510.
- Singh, G. 1990. *Ganoderma*-the scourge of oil palms in the coastal areas. En: *Proceedings of the Ganoderma Workshop*, 11 de septiembre de 1990 (editado por Ariffin, D.; Jalani, S.), 113-131. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Bangi, Selangor (Malasia).
- Susanto, A. 2009. *Basal stem rot in Indonesia – Biology, economic importance, epidemiology, detection and control*. Proc. International Workshop on Awareness, Detection and Control of Oil Palm Devastating Diseases (Kushairi, A.; Idris, A. S.; Norman, K. editores), 6 de noviembre de 2009. MPOB (Malasia), 58-89.
- Thompson A (1931). Stem-rot of the oil palm in Malaya. Bulletin Department of Agriculture, Straits Settlements and F.M.S., Science Series 6: 23 pp.
- Tuck., H. C.; Khairudin, H. 1997. Usefulness of soil mounding treatments in prolonging productivity of prime-aged *Ganoderma* infected palms. *The Planter*, 73(854): 239-244.
- Turner, P. D. 1981. *Oil Palm Diseases and Disorders*. Oxford University Press, 88-110.
- Thies, W. G.; Nelson, E. E. 1982. Control of *Phellinus weirii* in Douglas-fir stumps by the fumigants chloropicrin, allyl alcohol, vapam and vorlex. *Can. J. For. Res.*, 12: 528-532.
- Utomo, C.; Niepold, F. 2000. The development of diagnostic tools for *Ganoderma* in oil palm. En: *Ganoderma Diseases of Perennial Crops* (editado por Flood *et al.*), CABI Publishing (UK), 235-248.
- Walat, O.; Hoong, H. W. 2011. Land preparation practices for oil palm replanting – Sawit Kinabalu Group's experience in Sabah. *The Planter*, 87(1019): 105-119.