



ENFERMEDADES DE IMPORTANCIA ECONÓMICA ASOCIADAS A PLANTAS DE *Acacia mangium* WILD.

GINA PAOLA DIAZ ACOSTA

MONOGRAFIA

**Presentada como requisito parcial
Para optar el título de**

Microbióloga Agrícola y Veterinaria

DIRECTOR

Ma. Clemencia F. de La Rotta

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE MICROBIOLOGIA AGRICOLA Y VETERINARIA
Bogotá, D.C. 2013**



ENFERMEDADES DE IMPORTANCIA ECONÓMICA ASOCIADAS A PLANTAS DE *Acacia mangium* WILD.

GINA PAOLA DIAZ ACOSTA

APROBADO

María Clemencia de La Rotta
Ing. Agrónoma M. Sc. Fitopatología
DIRECTORA

Gerardo Moreno
Ing. Agrónomo
JURADO



ENFERMEDADES DE IMPORTANCIA ECONÓMICA ASOCIADAS A PLANTAS DE *Acacia mangium* WILD.

APROBADO

INGRID SCHULER
Decana Académica
Facultad de Ciencias

JANETH ARIAS
Directora de carrera
Facultad de Ciencias

NOTA DE ADVERTENCIA

Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio de 1946

—La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará por que no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y por que las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia||.

Tabla de contenido.

1. GLOSARIO.

2. INTRODUCCIÓN.

3. RESULTADOS.

3.1 La madera en Colombia.

3.2 importancia de los productos forestales.

3.3 *Acacia* spp.

3.4. Enfermedades.

3.4.1. Enfermedades de tejidos aéreos.

3.4.1.1. Roya del filodio: *Atelocauda digitata* G.

3.4.1.2. Roya: *Puccinia* sp.

3.4.1.3. Muerte descendente: *Botryodiplodia* sp.

3.4.2. *Enfermedades del fuste o tallo.*

3.4.2.1. *Mal rosado: Corticium salmonicolor* B y H.

3.4.2.2. Agallas o sobrecrecimientos: *Uromycladium tepperianum* S.

3.4.2.3. Podredumbre del corazón.

3.4.2.3.1. *Ceratocystis* spp.

3.4.3. Enfermedades en el sistema radical

3.4.3.1. Pudrición de la raíz roja: *Ganoderma* spp.

3.4.4. Enfermedades vasculares.

3.4.4.1. Marchitamiento vascular: *Fusarium oxysporum*.

4. CONCLUSIONES.

5. BIBLIOGRAFÍA.

1. GLOSARIO.

Bipinadas: Uno de los tipos más complejos de hojas compuestas, consistentes de un raquis o eje central del cual surgen hacia los lados de 2 a muchos pares de pinas dependiendo de la especie, formando una hoja con la apariencia de un árbol.

Bosque natural: Es aquel que no ha sido plantado, tiene especies autóctonas del sitio y del país.

Bosque forestal: superficies arboladas de especies nativas o introducidas de forma artificial con el objeto de producir productos madereros

Escoba de bruja: Crecimiento en forma de escoba o proliferación en masa causado por la densa agrupación de ramas de las plantas leñosas.

Filodio: órgano que parece ser una hoja, pero que por su origen evolutivo no lo es; son tallos o peciolo dilatados con función fotosintética, sustituyendo las hojas bipinadas las cuales se marchitan y caen durante el primer año

Fuste: Tronco. Tejido que se encuentra debajo de la corteza.

Picnio: cuerpo fructífero de las royas en el que se forman los gamentagios: espermacio y aeciospora.

Pinas: En las hojas bipinnadas, se le llama así a cada una de las estructuras unidas al raquis o eje central, formadas a su vez por un eje portador de varios pares de folíolos.

Ramoneo: Acción de los animales herbívoros de comer ramitas u hojas de arbustos y árboles.

Soros: Masa compacta de esporas o estructura fructífera que se encuentra particularmente en las royas y carbones.

2. INTRODUCCIÓN

Acacia mangium Wild es una especie maderable caracterizada por poseer una madera dura, resistente y densa. Por tal motivo actualmente cobra gran importancia siendo atractiva para el mercado nacional e internacional en la fabricación de muebles finos, ebanistería de buena calidad y, en el área de la construcción; es importante para fabricar gabinetes, marcos para puertas, ventanas y molduras. También se usa la madera de esta planta para la producción de pulpa para la elaboración de papel fino, cartulinas, bolsas y papeles de envoltura entre otros usos (Obregón, 2005) es una especie sembrada en varios países tropicales y subtropicales como Australia, India, África y Latinoamérica. En Colombia inicia su cultivo en la década de los 90 con fines de reforestación y restauración de suelos en Córdoba y Antioquia (Castellanos, *et al.*, 2010).

Como toda especie vegetal cultivada es frecuente que durante sus diferentes etapas de producción se presenten alteraciones que afectan los tejidos de la planta, llevando a que los productores se vean obligados a implementar medidas que permitan obtener un producto de excelente calidad, que compita en forma adecuado en los mercados donde es comercializado. Como uno de los problemas que ocurren durante su etapa productiva, los silvicultores encuentran frecuentemente baja productividad dados los diferentes problemas ocasionados por las plagas y enfermedades, ocasionando no solamente costos en las medidas que se tienen que implementar para su manejo sino también disminución en el valor comercial del producto final.

Dentro de los principales problemas de origen fitosanitario, se considera que los agentes causantes de diferentes enfermedades que se presentan sobre *Acacia* spp., alteran los procesos fisiológicos normales de la planta, induciendo la aparición de síntomas como pudrición blanca de la madera, pudrición de la medula o de la raíz, manchas foliares por royas, dentro de las más frecuentes.

El siguiente trabajo es una revisión bibliográfica acerca de las enfermedades de importancia económica que actualmente afectan las plantas de *Acacia mangium* en el mundo. Esta revisión se ha cumplido a partir de un trabajo práctico realizado en laboratorio de Microbiología de la Facultad de Agronomía de Universidad Nacional de Colombia y de la Pontificia Universidad Javeriana, en los que se procesaron muestras de tejido como raíz y tronco de plantas de *A. mangium* que presentaban signos y síntomas

aparentemente de origen fungoso, enviadas para análisis de laboratorio por la empresa Reforestadora Cacerí S. A. Los tejidos internos del fuste y de las raíces presentaban coloraciones pardas y negruzcas localizadas en la zona central, acompañadas en algunos casos de perforaciones ocasionadas por un insecto perteneciente al género de *Xyleborus*.

Durante un trabajo arduo, con el objetivo de determinar la etiología u origen de los síntomas observados, y al no obtener resultados esperados se decidió hacer esta revisión bibliográfica como apoyo informativo a la reforestadora Cacerí, ubicada en Antioquia, Colombia, empresa que facilitó las muestras de los tejido enfermos. De acuerdo con la información suministrada por los interesados a partir del año 2010, en la zona productora de Antioquia se detectaron algunos árboles con lesiones aparentemente de origen parasitario o abiótico sobre las que se desconoce su origen, que permita proponer y establecer prácticas de manejo de acuerdo con el sistema de cultivo de las especies maderables. Los síntomas producidos como consecuencia de estas alteraciones sobre la madera, reducen la calidad del producto final o en los subproductos como, la pulpa para papel, madera maciza de uso industrial y combustibles de madera para la industria, entre otros, lo cual ha generado inquietudes entre los interesados en la producción de esta especie forestal.

De esta manera se planteó como objetivo general realizar una revisión bibliográfica sobre las enfermedades de importancia económica, que afectan las plantaciones de *A. mangium* en las zonas productoras del mundo; como objetivos específicos se definieron:

- Conocer la etiología de las principales enfermedades registradas que afectan los tejidos aéreos, tallos y sistema radical en plantas de *A. mangium*.
- Describir en forma detallada los síntomas asociados a cada enfermedad de las plantas de *A. mangium*.
- Determinar el manejo integrado de las enfermedades de importancia económica que se registran.

3. RESULTADOS

3.1. LA MADERA EN COLOMBIA

Hacia el 2005 se hablaba que en el mundo había una superficie de bosques alrededor de los 3.870 millones de hectáreas, correspondiendo el 95% a bosques naturales, y el 5% a plantaciones forestales. (Espinal, *et al.*, 2005).

Colombia se destaca por ser un país montañoso ocupando el puesto número siete como uno de los de mayor cubrimiento de zonas arbóreas (Taboada, *et al.*, 2013); a su vez cuenta con una extensión total de 114 millones de ha (Espinal, *et al.* 2005), de las cuales 69 millones corresponden a la cobertura boscosa natural, lo cual representa el 60.78% de la superficie continental del territorio nacional, que incluyen ecosistemas de bosques naturales, manglares y vegetación secundaria (IDEAM, 2009).

El área mayor de bosques naturales en Colombia se encuentra ubicada en los departamentos de Amazonas, Caquetá, Vaupés, Guainía y Guaviare con unas 35.184.675 ha representando cerca de 50% del total nacional, evidenciando que la mayoría de coberturas boscosas se encuentran hacia el suroriental del país. Sin embargo la mayor superficie de bosques plantados se encuentran en Antioquia, Cesar, Magdalena, Valle del Cauca y Cundinamarca ascendiendo a 92.039 hectáreas, que corresponde al 57.15% del total nacional (IDEAM, 2009).

En el país se cultivan diferentes especies maderables, dentro de los que sobresalen aquellas que pertenecen a las familias *Lauraceae*, *Fabaceae*, *Lecythidaceae*, *Sapotaceae*, *Burseraceae*, *Caesalpiniaceae*, *Euphorbiaceae*, *Annonaceae*, *Mimosaceae* y *Moraceae*, con varias de sus especies (Cárdenas, *et al.*, 2006).

En el departamento de Guainía, en el año 2004 se realizó un inventario de las plantas para usos productivos de la zona amazónica, dentro de esas se evaluaron especies importantes en áreas agroforestales y silvopastoriles entre otras (Cárdenas, *et al.*, 2004). De acuerdo con el estudio realizado se registraron 301 especies incluidas en 199 géneros y 69 familias botánicas, las cuales se agruparon dependiendo de su uso. Dentro de las familias mejor representadas encontraron 34 especies en *Mimosaceae*, 18 en *Fabaceae*, 17 en *Caesalpiniaceae* y 14 en *Burseraceae*, de las cuales, Cárdenas, *et al.* (2006), considera que de las 65 especies útiles identificadas en el bosque, 32 fueron registradas en los arreglos silvopastoriles o agroforestales (Cárdenas, *et al.*, 2004).

3.2. IMPORTANCIA DE LOS PRODUCTOS FORESTALES

Cárdenas, *et al.* (2006), considera que gracias a las ventajas competitivas de los bosques, a la variedad de climas, el desarrollo tecnológico, y a los beneficios tributarios, el sector forestal colombiano se ha posicionado como una buena alternativa de desarrollo empresarial.

Hasta el día de hoy el mercado de productos forestales, ocupa el tercer lugar en el mundo, después del petróleo y el gas, con una ganancia anual cerca de los US\$ 80 billones. La producción y consumo del mercado forestal están concentrados en países como Estados Unidos, Alemania, España, entre otros. En los últimos años la distribución de la oferta ha presentado algunos cambios, puesto que países tradicionalmente productores como Canadá y Estados Unidos han accedido a nuevos países como Nueva Zelanda, Brasil y Chile (Espinal, *et al.* 2005).

También se conoce que en la primera mitad del siglo XX el cedro (*Cedrela odorata*) y la Caoba (*Swietenia macrophylla*), eran las principales plantas para exportaciones forestales de Colombia, y en su mayoría para el mercado estadounidense. Las importaciones madereras no incrementaban el 2% del mercado nacional puesto que el transporte hasta los sitios de recolección dentro de Colombia demandaba un alto costo (Cárdenas, *et al.*, 2006).

Igualmente es necesario mencionar que las exportaciones de productos madereros han aumentado en los últimos 10 años en un promedio de tasa anual del 22%, acumulando US\$415 millones. Los principales productos de exportación son los muebles de madera (46%), tableros (15%) y piezas de carpintería para construcción (6%). Los destinatarios para los productos anteriores son principalmente Estados Unidos (45%) y Venezuela con un 21% del total producido (Cárdenas, *et al.*, 2006). Sin embargo Colombia tiene una explotación incontrolada de los bosques naturales donde no se tienen en cuenta los beneficios de un manejo silvicultural adecuado y sostenible, por lo general se presentan insuficientes planes de reforestación, sin tener en cuenta el objetivo que se pretende en relación con la futura utilización de productos (Espinal, *et al.* 2005).

3.3. *Acacia* spp.

Una de las especies de *Acacia* más cultivadas en el mundo es *Acacia mangium* Willd originaria de Indonesia, Papua, Nueva Guinea, Tailandia, Laos, Camboya y Australia. La llegada de esta planta a Latinoamérica se da hacia 1980 (Obregón, 2005) y a Colombia ingresa hacia el año de 1995 para proyectos ambientales de recuperación de suelos degradados por la minería, pastoreo entre otros. Gracias a sus cualidades biológicas como la fijación de nitrógeno, adaptación a cualquier tipo de suelo, entre otras y a su potencial maderable se ha usado con fines de reforestación comercial, restauración de suelos en sitios como el Bajo Cauca Antioqueño, sur de Córdoba, Magdalena Medio y Llanos

Orientales (Cacerí, 2006). Hacia el 2009, se registran alrededor de 8038 Ha instauradas en los Departamentos de Córdoba, Antioquia, Meta y Casanare (Lores, *et al.*, 2011).

En el Bajo Cauca Antioqueño los cultivos se iniciaron hacia el año de 1996 por la “Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia), para la rehabilitación de áreas degradadas por procesos ancestrales de extracción de oro en el municipio de Cáceres”. Hoy en día cuenta con más de 700 ha sembradas (Castellanos, *et al.*, 2010), y en el departamento de Córdoba existen aproximadamente 15.000 ha sembradas de plantas forestales incluida *Acacia* sp., con 3.626 ha, y hacia el 2025 esperan tener aproximadamente 200.000 ha sembradas en la mayoría de zonas productoras (Espitia, *et al.*, 2010).

Las Acacias son pertenecientes a la Superfamilia *Leguminosae*, Familia *Mimosoideae*, y comúnmente denominado Grupo Mimosaceae (Harris, *et al.*, 2011). Son especies maderables que crecen muy bien en temperaturas medias anuales altas de 22° a 26°C, hábitat húmedo, originarias principalmente de los trópicos y subtrópicos, de centro y sur América (González, 1997).

Existen más de 1000 especies descritas de Acacias, sembradas en por lo menos 70 países; de estas alrededor de 650 se encuentran en Australia y las restantes en África y la zona tropical de América (Moran, *et al.*, 1989), en la India existen alrededor de 3 millones de ha sembradas, en Australia 2 millones (Tran, *et al.*, 2004), y en Brasil se estiman 140 mil (Figueredo, 2004).

Dentro del género *Acacia* existen otras especies maderables fuera de *A. mangium* como lo son *A. armata*, *A. baileyana*, *A. dealbata*, *A. longifolia*, *A. mucronata*, *A. verticillata*, *A. farnesiana* (Sánchez, 2007).

La propagación de la acacia se realiza por medio de estacas o de semillas donde esta última es la forma más empleada. Existe un proceso para mejorar su porcentaje de germinación, el cual consiste en sumergir las semillas por 30 segundos en agua caliente y luego pasarlas por dos horas aproximadamente, en agua fría. Es importante antes de sembrarlas desinfectar el suelo y las semillas para evitar la presencia del inóculo de patógenos (Fundación de Desarrollo Agropecuario, 1999).

Las semillas se pueden sembrar en bolsas de polietileno o vasos plásticos de 20 cm de altura por 10 cm de ancho y se dejan allí hasta que la plántula esté lista para trasplantar a campo (Fundación de Desarrollo Agropecuario, 1999).

Las Acacias en general son arboles relativamente de crecimiento rápido que alcanzan entre 15 y 30 metros de altura, con un fuste o tallo totalmente recto y libre de ramas en más de la mitad de su altura, (Harris, *et al.*, 2011; González, 1997), que se adaptan bien a diferentes condiciones de suelo.

En las etapas iniciales del árbol, la acacia presenta hojas bipinadas formadas por 10 a 26 pares de pinas (Figura 1a), estas hojas una semana después se convertirán en filodios (Figura 1b).



Figura 1. Características de las hojas de *Acacia mangium*. a. Hojas bipinadas formadas por varios pares de pinas. b. Filodios que aparecen algunos días después de la formación de las pinas (www.caceri.com).

Las flores presentan una espiga que varía entre colores de amarillo a blanco (Figura 2 a), que aparecen desde el final de la temporada de lluvias hasta mediados de la temporada seca. El fruto es una legumbre (Figura 2 b) y en su interior se localizan las semillas que son diseminadas por el viento facilitando de esta manera la propagación de la planta (Fundación de Desarrollo Agropecuario, 1999; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011). El fruto se presenta 5 o 7 meses después de la floración.

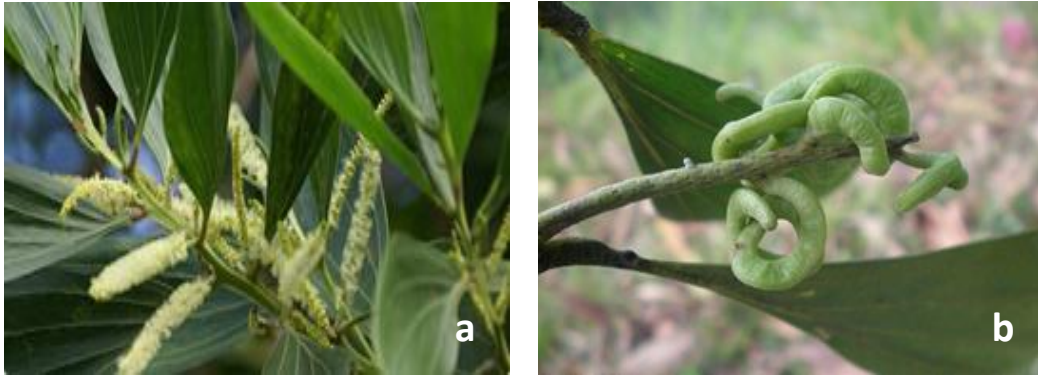


Figura 2. Características de las estructuras reproductivas. a. Flores que tienen una apariencia de espigas de color blanquecino. b. Vainas que contienen las semillas de *Acacia mangium*.

Además, se menciona que los árboles crecen muy bien en suelos erosionados, bajo un rango de pH entre 3.5 a 6. Se ha demostrado que en suelos salinos las plántulas no se desarrollan bien pues los folíolos se tornan cloróticos y el árbol perece. A pesar de esto la *Acacia* se adapta y crece muy bien en diferentes áreas aun en condiciones difíciles de suelo, ya sea porque son carentes de nutrientes o están muy dañados por causa del pastoreo (Fundación de Desarrollo Agropecuario, 1999). Por lo anterior estas plantas son muy utilizadas en programas de reforestación; las especies *A. auriculiformis*, *A. mangium* (Ramírez, 2008), junto con *A. angustissima* son usadas con fines ganaderos, ya sea para manejos silvopastoriles o ramoneo (Cordero, *et al.*, 2003).

Por ser árboles que pertenecen a la familia de las leguminosas tienen la capacidad de fijar nitrógeno (Bolívar, 1999; Castellanos, *et al.*, 2010) gracias a la asociación simbiótica con las bacterias del género *Bradyrhizobium* sp., y también son dependientes de las micorrizas para una mejor absorción de nutrientes (Duponnois, *et al.*, 1999), en especial cuando existen condiciones de estrés como sequía del suelo, acumulación de metales pesados, entre otros. Gracias a esa asociación simbiótica, se incrementan las defensas de las plantas frente a microorganismos patógenos (Duponnois, *et al.* 2004), y a su vez se mejora la fijación del nitrógeno (Duponnois, *et al.* 1999).

A. mangium se considera una especie importante por la buena calidad de su madera, la buena tolerancia a diferente variedad de suelos y ambientes, a su rápido crecimiento haciéndola influyente como suplente para mantener la oferta comercial de los productos forestales. Indonesia cuenta con el 67% de la superficie declarada para plantar *A. mangium* (Krisnawati, *et al.*, 2011).

La madera de *A. mangium* se utiliza para pulpa, papel, tableros de partículas, cajas, muebles (Figura 3), molduras, chapas y leña. El aserrín que prevalece después de su fabricación sirve como sustrato para hongos comestibles; las hojas frescas son alimento para el ganado y las muertas se usan como combustible. Dentro de los usos no maderables se fabrican adhesivos y miel a partir de las flores (Krisnawati, *et al.*, 2011).



Figura 3. Mesa, asientos y bibliotecas fabricados a partir de la madera proveniente de *A. mangium* (www.caceri.com)

En algunos casos se usa como polisombra gracias a su alta frondosidad, en decoración de jardines, límites y barreras rompevientos, o en sistemas de reforestación y control de la erosión puesto que mejora la fertilización del suelo por la fijación del nitrógeno atmosférico aumentando la actividad biológica y rehabilitando las características físicas y químicas del suelo (Krisnawati, *et al.*, 2011).

3.4. ENFERMEDADES

Las especies de Acacia están ganando importancia en la industria de la madera y dentro de las prácticas de manejo, los productores adelantan podas y raleos con el fin de mejorar las condiciones de crecimiento y apariencia de la madera, sin embargo también favorecen la entrada de diferentes patógenos en los tejidos del árbol (Beadle, *et al.*, 2007). De esta manera durante todas las etapas de desarrollo las plantaciones están ligadas estrechamente con los aspectos fitosanitarios, puesto que se derivan enfermedades que amenazan con acabar las proyecciones productivas de los árboles (Fundación de Desarrollo Agropecuario, 1999); además, por ser especies sembradas en los trópicos húmedos, la productividad es y será afectada en su mayoría por patógenos de origen fungoso (Old, 2000).

Teniendo en cuenta los comentarios anteriores a continuación se describen los principales aspectos de origen biológico relacionados con las enfermedades de origen parasitario; para facilitar su descripción se han organizado en cuatro temas, el sistema foliar donde se incluyen los tejidos aéreos como hojas, enfermedades del tronco o fuste, enfermedades en los tejidos vasculares y en sistema radical. Como fuentes de consulta se tuvieron en cuenta los artículos científicos publicados en revistas internacionales, publicaciones en la red apoyadas en trabajos de investigaciones técnico-científicos, manuales sobre su cultivo y aprovechamiento productivo, e información suministrada por las empresas dedicadas a su cultivo como la reforestadora Cacerí en Antioquia Colombia.

3.4.1. ENFERMEDADES DE TEJIDOS AÉREOS

Dentro de las enfermedades que con mayor frecuencia se presentan sobre los tejidos aéreos se muestran síntomas como manchas foliares causadas por hongos y necrosis en las puntas de las mismas, afectando especialmente a la mayoría de los folíolos localizados en la copa del árbol (Old, 2000).

El mismo autor (Old, 2000) publica un libro sobre las enfermedades que se presentan en Australia, Sur Este de Asia e India, donde menciona que las que ocurren con mayor frecuencia en las diferentes especies de Acacias presentan manchas, necrosis foliares, chancros, y podredumbre del corazón y la presencia de las conocidas como royas. Se presentan géneros de hongos que afectan las hojas de plantas jóvenes incluso desde el semillero, pero que no comprometen del todo el desarrollo de las plántulas; sin embargo menciona que existe un grupo de hongos pertenecientes a la clase Basidiomicete que amenazan con afectar gran cantidad de cultivos agrícolas y plantaciones forestales. Este orden se conoce como los *Uredinales* que es uno de los grupos de organismos patógenos más diversos en el mundo, y los que ocasionan las enfermedades más destructivas en las plantas. Se caracterizan por ser patógenos obligados y presentar una estrecha coevolución con sus hospedantes vegetales (Zuluaga, *et al.*, 2008), característica que ha permitido denominarlos como parásitos obligados.

El término para describir un de los agentes causales de las enfermedades causadas por los Uredinales se conoce como roya que significa polvo. Este polvo se observa sobre los tejidos que generalmente son las hojas y tallos (Figura 4a) llevando a la formación de gran cantidad de abultamientos o soros de color rojizo, amarillo (Figura 4b), naranja y a veces blanco.

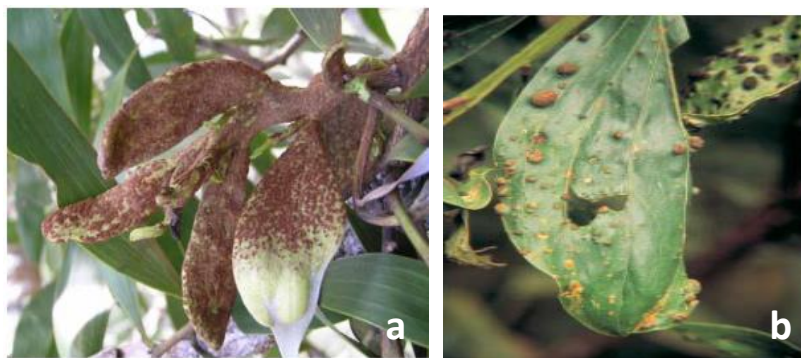


Figura 4. Estructuras fungosas o signos de la enfermedad sobre los filodios. a. Abundantes esporas de color oscuro que cubren gran parte de la superficie del filodio. b. Abultamientos o soros de color amarillo (Scot, 2009 y Old, 2002).

Los abultamientos por lo general causan los síntomas de hipertrofias e hiperplasias (Figura 5a), mal formación de tejidos (Figura 5b), llevando al rompimiento de la epidermis y aparición de escobas de bruja (Figura 5c). Las hiperplasias contienen una gran cantidad de esporas, que le permiten ocasionar ciclos continuos de la enfermedad (Agrios, 2005; Zuluaga, *et al.*, 2008; Scot, 2009). De acuerdo con Agrios (2005), dentro de los métodos de dispersión de las esporas, el microorganismo utiliza factores del ambiente como viento, insectos o por la lluvia.



Figura 5. Síntomas por la roya sobre los tejidos aéreos de *Acacia mangium*. a. Abultamientos en la superficie de los filodios. b. Deformaciones de los peciolo y filodios. c. Aparición de escobas de bruja en las ramas afectadas por el microorganismo.

Las royas tienen ciclos de vida complejos puesto que producen hasta cinco tipos de esporas que son, urediniosporas, teliosporas, basidiosporas, picniosporas y aeciosporas (Old, 2000), aunque en la mayoría de los países tropicales solo ocurren los tres primeros estados y en otros casos las royas necesitan huéspedes alternos (Agrios, 2005).

3.4.1.1. ROYA DEL FILODIO: *Atelocauda digitata* G.

Dentro de las royas existe una especie que afecta considerablemente el desarrollo de las plantas e incluso genera una de las enfermedades más importante del follaje en los últimos años (Old, *et al.*, 2002). Este microorganismo está clasificado taxonómicamente como *A. digitata*, aunque también se conoce como *Uromyces digitatus* y afecta plantaciones de acacias tropicales y subtropicales, dentro de las cuales se encuentran: *A. aulacocarpa*, *A. auriculiformis*, *A. crassicarpa*, *A. koa*, *A. leptocarpa*, *A. mearnsii*, *A. mangium*, y *A. polystachya* (Zuluaga, *et al.*, 2008).

A. digitata afecta también las plantas de vivero, en las que es necesario tomar medidas adecuadas para la eliminación del hongo, puesto que una vez establecido, se afecta no solamente el follaje de los árboles que llegan a los sitios definitivos sino, también será gran fuente de inoculo para plantas jóvenes, causándoles síntomas severos en follaje y tallos, las cuales pueden crecer con malformaciones, (Old, *et al.*, 2002). Las infecciones no solo van a generar las deformaciones foliares, sino también defoliación (Figura 6), raquitismo y disminución del crecimiento (Scot, 2009).



Figura 6. Defoliación en *Acacia koa* ocasionada por la roya *Atelocauda digitata* (Scholler, *et al.*, 2006)

El Hawái el patógeno infecta a árboles de *A. koa*, desarrollando las cinco etapas de esporas diferentes dando cumplimiento al ciclo macrocíclico anual. El ciclo del microorganismo se repite cuando a partir de la infección sistémica de las ramas existe un traspaso de esporas a los nuevos tejidos que emergen, como las flores. La enfermedad se desarrolla en los tejidos jóvenes o en terminales, es decir hacia las puntas de los filodios, flores y las vainas de las semillas. En los árboles de *A. koa* la infección no es tan grave, sin embargo las ramas terminales se verán muy afectadas por la formación de escobas de bruja (Scot, 2009) producidas por el aumento de la citoquina (Agrios, 2005).

En Australia del Sur en 1886 se encontró el hongo de la roya *A. digitata* o *U. digitatus* en plantas de *Acacia notabilis* durante el invierno. El 1984 hallaron teliosporas (Figura 7a y b) de roya en acacias de Hawái, y por ser morfológicamente parecido a *U. digitatus* le dieron el nombre de *Endoraecium digitatum*. Durante el estudio obtuvieron especies diferentes de la roya causando atrofia de los brotes y formación de pústulas en las hojas de los árboles. Este género se ha encontrado en diferentes países como Australia, Nueva Guinea, Nueva Zelanda, china, Indonesia y Hawái en más o menos 20 especies de Acacia (Berndt, 2010).

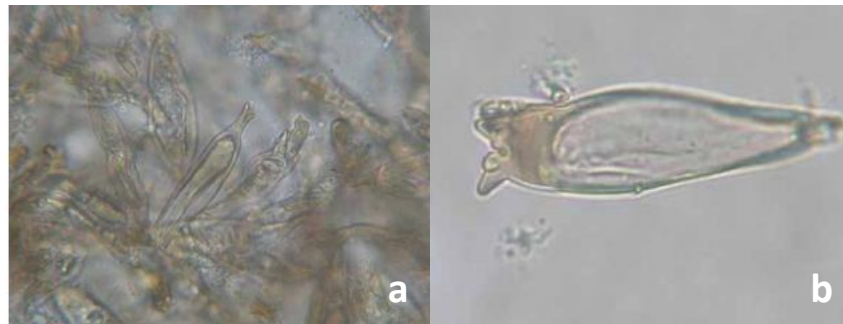


Figura 7. Teliosporas de *A. digitata*. a. Masa de teliosporas que presentan un color amarillo claro. b. Características de una de las teliosporas con una especie de corona en la parte superior (Scot, 2009).

En el parque nacional de los volcanes en Hawái encontraron en el 2005 a *Endoraecium hawaiiense* provocando escobas de bruja y picnios negros en la punta de las hojas deformadas de los arboles más viejos de *A. koa*, (Scholler, *et al.*, 2006).

Desde el punto de vista epidemiológico las infecciones por *A. digitata* se presentan a final de la temporada de lluvias, haciéndose mucho más evidente en los meses siguientes; las hojas infectadas presentan inicialmente manchas en la superficie adaxial de las hojas, y en el envés, cubiertas de numerosas esporas de color marrón, posteriormente la lámina foliar se deforma ocasionada por una proliferación celular que va induciendo la formación de pústulas o agallas, también cubiertas de esporas. Cuando las pústulas son jóvenes presentan un color marrón claro son suavitas al tacto, características que aparecen en las Figuras 8a y b.



Figura 8. Esporulaci3n sobre los foliolos de Acacia. a. Soros formados por abundantes esporas, que ocasionan clorosis de los tejidos. b. Soros inmaduros en los filodios (Old, *et al.*, 2002).

Sin embargo a medida que van madurando se tornan negruzcas y costrosas (Old, *et al.*, 2002 y Zuluaga, *et al.*, 2008), esporulaci3n y caracteristicas que se presentan en la Figura 9.

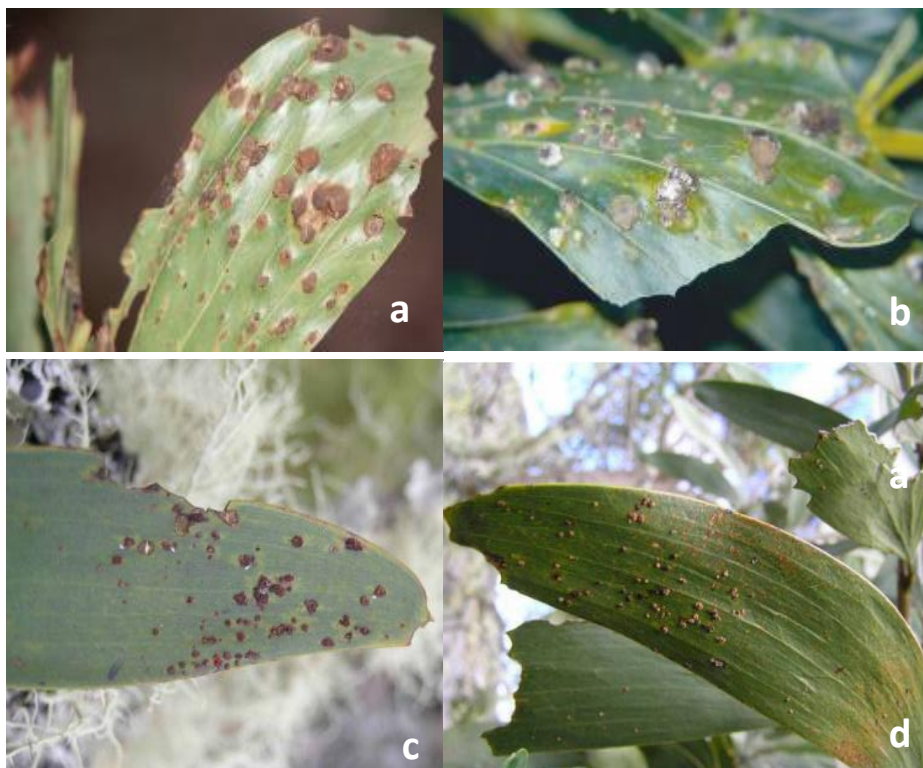


Figura 9. Caracteristicas diferentes que presentan los signos de la enfermedad producida por *A. digitata* sobre los filodios de Acacia. a. Soros en el envés de un foliolo. b. Sobrecrecimientos en la superficie de la lámina foliar. c. Esporulaci3n de color oscuro y apariencia pulverulenta. d. Esporulaci3n y manchas amarillas sobre el filodio (Old, *et al.*, 2002; Scot, 2009).

Un método para tratar de controlar la infección es podar y destruir las ramas que presenten la formación de escobas de brujas; esta práctica no eliminara del todo la infección puesto que se trata de una enfermedad sistémica, pero si reducirá gran cantidad de inoculo.

Es importante seguir estudiando esta enfermedad puesto que aún no hay un control definitivo de la misma, excepto destruir los arboles infectados. Sin embargo la aspersión preventiva de fungicidas para el control de la roya resulta ser muy práctico en viveros para protección de plantas jóvenes, pero no es tan efectivo en grandes plantaciones (Lee, 2004; Scot, 2009).

3.4.1.2. ROYA: *Puccinia* sp.

Otra de las royas que afecta las hojas de las plantas de Acacia se encuentra en el género *Puccinia*, en los estudios realizados por Mennicken (2005), se menciona que *Puccinia halsei* tiene como huésped principal a *A. hereroensis*. Y se registra a *P. psidii*, generando infecciones continuas en los cultivos de *A. koa* en Hawái, que han llegado a ocasionar disminución en la calidad y productividad de las diferentes especies cultivadas (Dudley, *et al.*, 2009).

3.4.1.3. MUERTE DESCENDENTE: *Botryodiplodia* sp.

Las especies pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae se encuentran dentro de la división ascomycota y se caracterizan por ser patógenos endófitos, que tienen la capacidad de permanecer en estado de latencia durante un largo periodo de tiempo; por lo general en las plantas afectadas se generan enfermedades oportunistas, dado que ataca las plántulas cuando se encuentran débiles ya sea por cambios bruscos en la temperatura, estrés o heridas realizadas por insectos o sistemas de poda inadecuados (Mohali, *et al.*, 2007 y Jami, *et al.*, 2013).

Sobre *A. karro* conocida como dulce espina, que es una especie nativa cultivada en grandes extensiones en el Sur de África con el fin de incrementar la fertilidad de los suelos, por su capacidad de fijación del nitrógeno, es frecuente encontrar síntomas de muerte descendente, que en el área de Pretoria se ha convertido en un problema grave (Jami, *et al.*, 2013).

En Costa Rica en 1984, se reporta que el patógeno en las plantaciones de *Acacia* ocasionó muerte del follaje, y sobre las hojas y ramas se observaron abundantes estructuras reproductivas del microorganismo o picnidios, junto con esporas de *Puccinia* spp.; la infección por el microorganismo fue controlada mediante aplicaciones de fungicidas, evitando la propagación de la enfermedad (Fundación de Desarrollo Agropecuario, 1999).

El género *Botryodiplodia*, afecta generalmente el follaje de plantas como Pino, Eucalipto y *Acacia* (Mohali, *et al.*, 2007). En las plantas enfermas se pueden observar diferentes síntomas, inicialmente chancros localizados en las ramas, acompañados de muerte descendente, exudación de resina o gomas, caída prematura de las hojas y pudrición de la fruta; como consecuencia de la enfermedad los tejidos internos del duramen y la medula presentan coloraciones oscuras o negras (Figura 10) (Mohali, *et al.*, 2007 y Jami, *et al.*, 2013). De los diferentes tejidos enfermos se han logrado hacer aislamientos del microorganismo tanto de tejidos asintomáticos como de tejidos con presencia de muerte descendente (Jami, *et al.*, 2013).

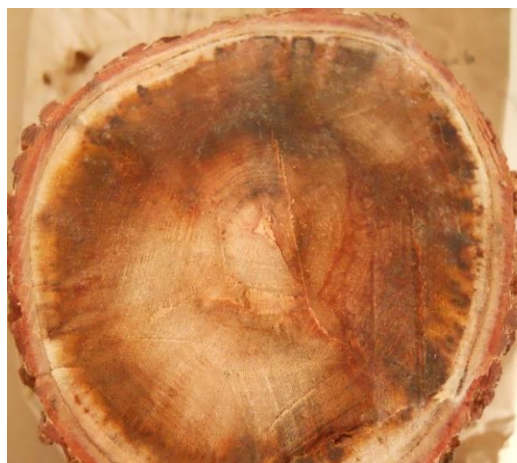


Figura 10. Manchas en medula y duramen de *A. mangium*, similares a las descritas en los ataques por *Botryodiplodia* (Díaz, 2012).

Para el control de las enfermedades anteriormente mencionadas (Agrios, 2005), sugiere realizar control químico con triadimefon, triforine o el triadimenol, ya sea por aspersión en el follaje, en el agua de riego, o por inyecciones en el tronco.

3.4.2. ENFERMEDADES DEL FUSTE O TALLO.

Las enfermedades en estos tejidos revisten gran importancia, puesto que este es el principal producto del árbol que es industrializado y comercializado por lo tanto cualquier alteración puede afectar la economía del silvicultor.

3.4.2.1. MAL ROSADO: *Corticium salmonicolor* B. & H.

Corticium salmonicolor es un hongo Basidiomiceto que se caracteriza por ser un parásito de plantaciones leñosas como acacia, caucho, eucalipto y algunos frutales; también es frecuente encontrarlo sobre cultivos tropicales como el cacao, café, té, ramio y caucho (Old, 2000). La enfermedad es conocida como mal rosado o mancha rosa y afecta tanto las ramas como los tallos, ocasionando la muerte en el tejido vivo de la corteza (Old, 2000; Griffiths, *et al.*, 2010).

Durante el desarrollo de la enfermedad en las plantas de acacia, no solamente el fuste es afectado, sino también, las ramas y el follaje; cuando la infección se produce, las hojas se marchitan, toman coloraciones parduzcas y mueren quedando adheridas a las ramas por cortos periodos de tiempo (Old, 2000; Griffiths, *et al.*, 2010).

Esta enfermedad es común en zonas de alta pluviosidad (Old, 2000; Griffiths, *et al.*, 2010), de la zona tropical y subtropical, y en las partes más cálidas de las zonas templadas (Old, 2000). La diseminación y germinación de los conidios generados durante los estados intermedios o periodos de latencia de la enfermedad se ven favorecidas por la alta humedad que generan las lluvias (Old, 2000).

Durante la primera etapa de la infección se observa sobre la corteza del fuste, una fina y sedosa capa micelial de color blanco que da una apariencia de telaraña (Figura 11a.). Esta etapa se produce poco tiempo después de la lluvia, luego se observa en la zona afectada abanicos miceliales estériles (Old, 2000; Griffiths, *et al.*, 2010). Las coloraciones rosadas (Figura 11b.) se desarrollan al final del proceso de la enfermedad y en algunos casos corresponde a la forma sexual de *C. salmonicolor*. La delicada capa de micelio color rosa se desarrolla generalmente en la parte inferior de las ramas o tallos infectados, y se va desvaneciendo en forma de parches de color blanquecino hacia los tejidos superiores (Figura 11c).



Figura 11. Crecimiento micelial de *Corticium salmonicolor* sobre el fuste de Acacia. a. Micelio de color blanco colonizando la corteza. b. Detalle de la formación de una capa densa de micelio. c. avance del microorganismo hacia los tejidos superiores de los árboles.

Cuando la enfermedad está muy avanzada se puede observar que los abanicos o telarañas se tornan de color rojo a naranja (Figura 12a), aunque este estado no es frecuente, es común observar las conidias del microorganismo (Old, 2000). El hongo que se encuentra sobre la corteza infectada se disemina y coloniza todo el tronco dejando al árbol debilitado, hasta que este finalmente muere (Figura 12b) (Griffiths, *et al.*, 2010).

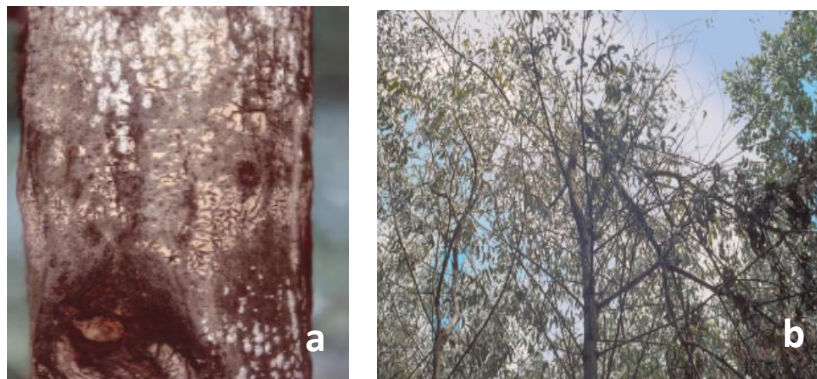


Figura 12. a. Coloraciones rosadas que se forman a medida que el patógeno avanza en su desarrollo. b. Muerte de las ramas y fuste afectado por *Corticium salmonicolor*.

Para el control de la enfermedad se recomienda realizar podas de las ramas infectadas las cuales deben ser incineradas para erradicar por completo o para minimizar la fuente de infección (Alfieri, 1968).

3.4.2.2. AGALLAS O SOBRECRECIMIENTOS: *Uromycladium tepperianum* S.

Uromycladium tepperianum es otro microorganismo que origina lesiones o agallas en los tallos leñosos, ramas (Figura 13), follaje, inflorescencias y frutas, lo que conlleva a una

disminución de la calidad de la madera que es comercializada en los mercados destinados al uso industrial, especialmente en las plantaciones de las diferentes especies de acacia ubicadas en las zonas tropicales de Australia (Old, 2000).



Figura 13. Agallas o sobrecrecimientos sobre las ramas de Acacia (Old, *et al.*, 2002; Old, 2000).

El hongo *U. tepperianum* produce micelio vegetativo que da lugar a picnios; dentro de estos se van a encontrar las teliosporas (Figura 14a y b). El hongo produce la enfermedad por la diseminación de sus esporas ayudadas del viento, luego ingresan a los fustes por la corteza. Durante el proceso de interacción entre la planta y el patógeno, produce una serie de hormonas que inducen la producción de agallas en los diferentes tejidos de la planta. Los picnios emergen de los sobrecrecimientos, generando agrietamientos en los tejidos afectados por el patógeno (Serdani, 2001).

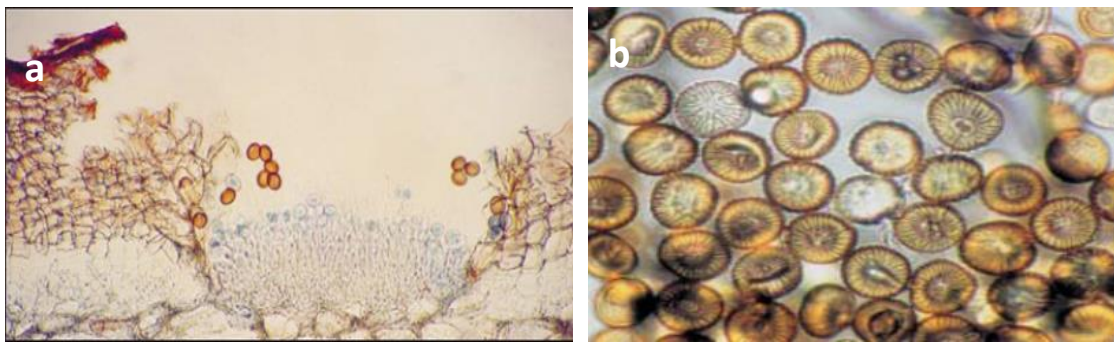


Figura 14. Características de las estructuras reproductivas de *U. tepperianum*. a. Picnios desarrollados sobre los tejidos enfermos. b. Esporas con pequeñas equinulaciones en su superficie de color amarillo a ocre.

Durante la época de invierno y gracias a la alta humedad ambiental, las esporas son abundantes, lo cual facilita la infección en otros hospederos susceptibles. En los países con estaciones, cuando finaliza el invierno las agallas disminuyen su incidencia e inoculo, las que se localizan en las ramas gruesas logran sobrevivir durante el verano, para iniciar en el invierno siguiente el desarrollo de la enfermedad (Serdani, 2001).

En el continente africano la enfermedad se inició cuando se introdujo *U. tepperianum*, en un intento de control biológico de *A. saligna*, considerada como una maleza; de esta manera es posible que el hongo pueda llegar a afectar otras especies de Acacia importantes para la productividad forestal (Old, 2000).

Uno de los principales signos de la enfermedad es la presencia de agallas globosas o irregulares de gran tamaño y color marrón o rojizo (Figura 15a) que forman sobre los tallos leñosos, ramas, inflorescencias y frutos, que disminuyen su tamaño y desarrollo (Serdani, 2001; Old, 2002). Los árboles susceptibles pueden tolerar un número grande de agallas, sin embargo se produce la deformación de las hojas afectadas (Figura 15b) (Old, 2002), y en los casos de infecciones avanzadas las plantas afectadas pueden llegar a morir por la cantidad de agallas producidas (Figura 15c), que interfieren con el paso de nutrimentos hacia los tejidos superiores (Serdani, 2001; Old, 2002).

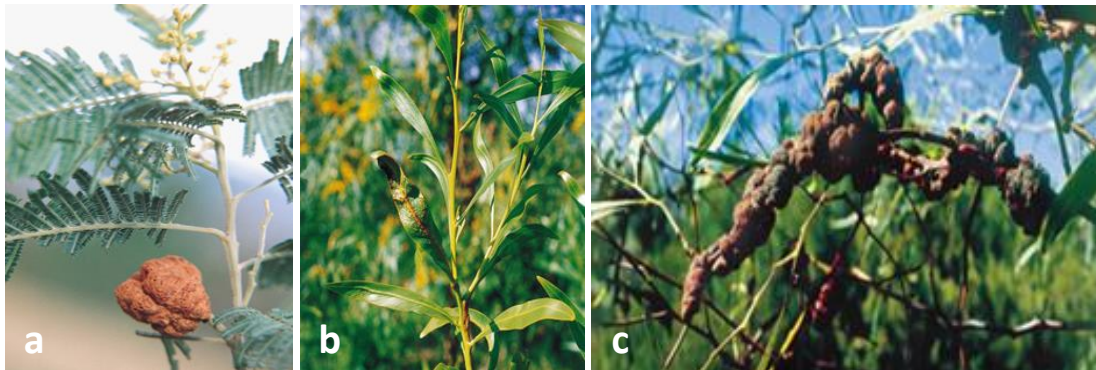


Figura 15. Características de la enfermedad producida por *U. tepperianum*. a. Agallas sobre los brotes de los tallos enfermos. b. Deformación de las hojas o filodios. c. Ramas cubiertas por una gran cantidad de agallas.

3.4.2.3. PODREDUMBRE DEL CORAZÓN

Kaimowitz (2002), menciona que una de las enfermedades más importantes y quizás la más frecuente en Asia es la podredumbre del corazón. En la década de los ochenta se identificó que *A. mangium* tiene cierta predisposición a la enfermedad debido a la entrada del agente causal por las heridas que se generan a causa de las podas inadecuadas (Old, 2002; Lee, 2004).

En un estudio realizado en Indonesia sobre plantaciones de *A. mangium* se encontró que después de las podas si se producen heridas superiores a un tamaño de 20 mm, generalmente se presenta infección por hongos, dejando la madera podrida, viscosa, fibrosa y de un color blanco amarillento (Lee, 2004), que se desarrolla a lo largo del corazón del tronco y que solo es visible cuando se tala el árbol (Figura 16). La importancia que tienen las podas es que permite eliminar ramas largas y/o muertas que pueden llegar a afectar la calidad de la madera (Old, *et al.*, 2002). Beadle (2007) estudia los mejores métodos para realizar las podas, como la de formación con el fin de evitar al máximo las infecciones causadas por hongos de podredumbre.



Figura 16. Síntomas similares a los descritos para la enfermedad denominada como “podredumbre del corazón”, se observa una ligera decoloración localizada hacia el lado izquierdo del tronco.

De acuerdo con las etapas de la enfermedad los síntomas primarios no se observan fácilmente y muchos árboles enfermos pueden pasar desapercibidos, sin embargo son una importante fuente para muchas infecciones. Como consecuencia de la acción del patógeno en los tejidos interno, los arboles afectados presentan síntomas como la presencia de ramas secas o quebradas, los agrietamientos y reventamientos de corteza (Figura 16), que pueden ser señales características de la enfermedad (Ramírez, 2008).

Aunque la incidencia de la enfermedad en las plantaciones se considera alta, puesto que llega a afectar un 50% -98% de árboles, la severidad o cantidad de la madera afectada es pequeña (Old, 2000). Sin embargo la madera solo servirá para la obtención de pulpa, puesto que no es aceptada en productos que requieren tener madera maciza, como para la industria de la construcción puesto que pierde fuerza estructural importante en la seguridad del producto final (Lee, 2004; Kaimowitz, *et al.*, 2002).

En las zonas tropicales de varios países los microorganismos relacionados con la enfermedad están clasificados taxonómicamente en varias especies de *Ceratocystis*, que generan las pudriciones en tallo, raíz, ocasionando necrosis de los vasos vasculares y chancros en plantas de *Acacia* sp. (Beadle, *et al.*, 2007).

3.4.2.3.1. *Ceratocystis* SP.

Las numerosas especies de *Ceratocystis* se constituyen como uno de patógenos más importante en el sector agrícola por causar grandes pérdidas económicas en plantas de eucalipto, café, mango, acacia entre otros, ubicadas en las zonas tropicales de Sur América y África (Beadle, *et al.*, 2007; Roux, *et al.*, 2009).

En la República del Congo y Brasil se ha reportado a *C. fimbriata* por causar enfermedad y muerte en los árboles de eucalipto; en Colombia, Venezuela y Brasil afecta árboles de café (*Coffea arabica* L.), *Citrus* spp., *Crotalaria* sp, *Inga* spp., *Mangifera indica* L. y *Theobroma cacao* L., en Brasil afecta arboles como *Gmelina arborea*, *Colocasia esculenta* (L.), y *A. decurrens*; En Sudáfrica se ha encontrado en *A. mearnsii*, y en Indonesia *C. fimbriata*, *C. polychroma*, *C. tribiliformis* se han aislado de heridas provocadas artificialmente en *A. mangium* (Tarigan, *et al.*, 2010; Barns, *et al.*, 2001; Roux, *et al.*, 2009; Figueredo, 2009).

En Sur África *C. albifundus* está ocasionando graves problemas en *A. mearnsii*. En 1980 fue reportado como causante de marchitez y muerte del árbol. Después de realizar la inoculación in-vitro del patógeno, observaron la muerte del árbol alrededor de las 6 semanas, y en un corte trasversal del tronco evidenciaron decoloración de los tejidos vasculares (Roux, *et al.*, 2007).

En Indonesia en los últimos años ha aumentado la demanda de productos de papelería como pulpa, lo cual ha estimulado la siembra de las plantaciones de *A. mangium* y *A. crassicarpa*, que a su vez generando el aumento de patógenos en los cultivos,

principalmente las especies de *Ceratocystis*, que se han reportado con frecuencia como causantes de la marchitez y pudriciones de tallo y raíz (Tarigan, *et al.*, 2010).

En Colombia Lores y colaboradores (2011) realizaron un estudio donde encontraron especies de insectos del genero *Xyleborus* (Figura 17a) los cuales están involucrados con la inoculación y diseminación de *Ceratocystis* sp., en los resultados encontraron cuatro especies de *Xyleborus* perforando el tronco de las plantaciones en Córdoba. En la corteza de los arboles afectados con ataque reciente se observaron perforaciones o punteaduras de 0.7 mm de diámetro color negro (Figura 17b) y en los arboles con ataques más avanzados se encontró necrosis externa de la corteza. Al parecer los daños sobre la madera son provocados cuando el insecto pone sus huevos en el interior del tronco los cuales producen larvas que se desarrollaran satisfactoriamente mientras se alimentan del tejido; esto generara una competencia por nutrientes entre el patógeno y el insecto (Harrigton, 2005).



Figura 17. a. Apariencia de un adulto de *Xyleborus* spp. responsable de la transmisión de la enfermedad ocasionada por el hongo *Ceratocystis*. b. perforaciones sobre los troncos o fustes afectados (Lores, *et al.*, 2011).

En la Figura 18, se presentan algunos de los daños producidos por el insecto en el interior de los tejidos enfermos; las perforaciones son similares a las reportadas por varios investigadores cuando se presentan ataques de *Xyleborus*, asociados con las diferentes especies de *Ceratocystis*.



Figura 18. Detalle de las lesiones producidas por *Xyleborus* en el fuste de *Acacia mangium*, descrita cuando se asocia con la necrosis interna de la madera ocasionada por *Ceratocystis* spp. (Díaz, 2012).

Dentro de las etapas en el ciclo de vida de la enfermedad, las especies de *Ceratocystis* están bien adaptadas para la dispersión de su inóculo, liberando las conidias provenientes de los estados asexuales del microorganismo conocidos como, *Thielaviopsis*, *Chalara* o *Graphium*, o sobrevivir por largos periodos en el suelo, para penetrar y ocasionar la enfermedad en los árboles recién plantados. Otra de las formas de sobrevivencia la realiza a través de su estado sexual o telomorfo, cuando el hongo forma cuerpos fructíferos o ascomas de cuello largo (Figura 19). En el ápice del cuerpo fructífero se forma una masa pegajosa de esporas, las cuales se van a adherir a las patas y cuerpos de insectos; algunas especies de *Ceratocystis* emiten aromas similares a los producidos por los frutales, mecanismo que les ayuda a atraer insectos los cuales serán vectores del hongo a nuevos huéspedes susceptibles (Roux, *et al.*, 2009).



Figura 19. Cuerpo fructífero característico de *Ceratocystis albifundus*, que es un peritecio de cuello muy largo y que en su interior contiene las ascas y ascosporas típicas del patógeno (Roux, *et al.*, 2007).

Una vez que el microorganismo ingresa a los tejidos de las plantas, a través de las heridas causadas por insectos, granizo, viento o prácticas silvícolas (Figueredo, 2004) las hifas comienzan a invadir los vasos del xilema y de esta manera dar inicio a la infección, la cual perdura y progresa dependiendo las defensas del árbol, tipo de herida, microorganismo y época del año (Ramírez, 2008).

El microorganismo se ha caracterizado por ocasionar síntomas en plantas como pudriciones de raíces (Figura 20a), necrosis en los tejidos centrales de los tallos (Figura 20b), chancros sobre los tallos y ramas y de los vasos conductores (Figura 20c) (Tarigan, *et al.*, 2010).



Figura 20. Lesiones descritas para la enfermedad ocasionada por *Ceratocystis* en árboles de Acacia. a. Pudrición de raíces. b y c. Necrosis y muerte de los tejidos internos del fuste.

Uno de los síntomas que caracteriza la enfermedad es la presencia de estrías de color pardo en el centro o corazón del tronco cuando se hacen cortes transversales (Figura 21a y b) (Figueredo, 2004).



Figura 21. a. estrías de color oscuro producidas por *Ceratocystis* en los tejidos internos de *Acacia*. b. Detalle de las lesiones descritas para el patógeno que se localiza en los vasos conductores de nutrimentos (Taringa, 2010; Díaz, 2012).

Existe otro grupo de hongos que se asocian con la enfermedad podredumbre del corazón; generalmente son de la clase Hymenomicetos, y los más estudiados en *A. mangium* son *Phellinus pachyphloeus*, *P. noxius*, *Trametes palustris*, *Tinctoporellus epimiltinus*, *Rigidoporus hypobrunneus* (Ramírez, 2008).

Para el manejo de la enfermedad lo mejor es erradicar las plantas enfermas e incinerarlas, puesto que no existe ningún control químico efectivo (Figueredo, 2004).

3.4.3. ENFERMEDADES EN EL SISTEMA RADICAL

Los hongos que se relacionan con pudriciones en la raíz son generalmente Basidiomicetos saprofitos y se encuentran ampliamente distribuidos, que amenazan continuamente las plantaciones de árboles tanto forestales como frutales. Las especies de Acacias que se están viendo afectadas son *A. aulacocarpa*, *A. auriculiformis*, *A. crassicarpa* y *A. mangium*; en estas especies se ha observado la colonización de las raíces y un deterioro en la madera y corteza (Old, 2000).

En zonas aptas para el cultivo de las especies maderables, cuando la tierra es removida para iniciar nuevas plantaciones, los hongos basidiomicetos saprofitos que han sobrevivido después de una tala de árboles, sobreviven en los residuos de troncos, raíces y demás restos maderables; de esta manera se alimentan y se vuelven virulentos para penetrar las nuevas plantas a través de sus raíces. La capacidad que tienen para colonizar su huésped dependerá del estado de sanidad del árbol, es decir los individuos que se encuentran estresados serán más susceptibles a ser colonizados por microorganismos habitantes del suelo (Old, 2000).

3.4.3.1. PUDRICIÓN DE LA RAÍZ ROJA: *Ganoderma* SPP.

Los hongos del género *Ganoderma* son basidiomicetos y se asocian con la podredumbre blanca de la madera, puesto que son descomponedores de lignina y celulosa, lo cual los convierte en patógenos económicamente importantes en diferentes especies cultivadas de forestales y coníferas (Flood, *et al.*, 2000).

En las plantaciones del Sudeste Asiático los árboles de acacia, incluyendo *A. mangium* se presenta con alta incidencia la enfermedad de la raíz roja o pudrición de la raíz roja,

causada por *Ganoderma* spp. (Mohammed, *et al.*, 2006; Coetzee, *et al.*, 2011), siendo su identificación de fácil reconocimiento gracias a las características morfológicas y taxonómicas del cuerpo fructífero que produce (Figura 22) (Mohammed, *et al.*, 2006).



Figura 22. Cuerpo fructífero de *Ganoderma* spp., denominado “oreja de palo” que se desarrolla una vez que el microorganismo penetra e infecta los tejidos (Mohammed, et al., 2006).

En estudios realizados en la India por Bakshi (1975), se menciona que el desarrollo de la enfermedad va a depender directamente de la susceptibilidad del árbol, se conoce que existen especies de acacia muy susceptibles a la enfermedad que pueden morir rápidamente, mientras que otras son más resistentes, comportamiento que se presenta cuando el hongo logra colonizar una red muy estrecha de raíces en relación con las de las sanas, que tienen la capacidad de reaccionar vigorosamente contra la infección. Sin embargo cuando llega el momento de la tala, la resistencia se pierde y de esta manera el hongo comienza a propagarse muy rápido y los cuerpos fructíferos de *Ganoderma* sp. (Fig. 6B) se pueden desarrollar libremente para continuar su ciclo de vida. Una de las formas de propagación de la enfermedad se presenta cuando las raíces sanas de la planta entran en contacto con desechos o restos de plantas infectadas que se encuentran en el suelo, o por contacto directo con otras raíces contaminadas con el hongo (Harsh, *et al.*, 1993).

Igualmente en otro estudio realizado en la India durante 1993 observaron la enfermedad causada por *G. luddim* en arboles sembrados en avenidas, parques recreativos y jardines. Por tal motivo decidieron evaluar la pudrición de la raíz en 18 especies de *Acacia* a partir de tocones contaminados con el microorganismo para provocar la enfermedad in vitro; en los resultados obtenidos encontraron que *A. albida*, *A. aneura*, *A. decurrens*, *A. mur-rayana* y *A. victoriae* eran las más susceptibles para contraer la enfermedad, mientras que *A. greggii* y *A. verec* mostraron resistencia (Harsh, *et al.*, 1993).

Los síntomas de la enfermedad se observan principalmente en las raíces (Figura 23a) y tronco (Figura 23b), donde se presentan coloraciones rojizas localizadas en la superficie de la corteza y en el centro del tejido además, en los tejidos inferiores se observa un micelio de color blanco, acompañado de un olor característico del patógeno como uno de los síntomas primarios de la enfermedad. Se puede observar muerte de los tejidos alrededor de la corona o base del árbol y enanismo o disminución de la tasa de crecimiento como consecuencia de la obstrucción en el paso de los nutrimentos hacia los tejidos superiores. Generalmente el follaje de los arboles infectados se ve clorótico, puesto que hay mala o ninguna absorción de agua y nutrientes. Los brotes jóvenes se marchitan, (Figura 23c) y en estados muy avanzados de la enfermedad aumenta considerablemente la defoliación a la que contribuye el viento que circula dentro del sistema de las plantaciones (Mohammed, *et al.*, 2006).



Figura 23. Síntomas producidos por el hongo *Ganoderma* sobre plantas de Acacia. a. Lesiones de color rojizo o violeta sobre las raíces de árboles enfermos. b. Apariencia de los tejidos internos de los troncos. c. Defoliación severa ocasionada por el patógeno (Mohammed, *et al.*, 2006).

3.4.4. ENFERMEDADES VASCULARES

La mayoría de los patógenos que se localizan en los tejidos vasculares tiene la capacidad de inhibir la formación de pelos radicales y alteran la permeabilidad de las células de la raíz evitando de esta manera que la planta tenga la posibilidad de absorber agua y nutrientes del suelo ocasionando una enfermedad llamada comúnmente como marchitamiento vascular (Agrios, 2005).

3.4.4.1. MARCHITAMIENTO VASCULAR: *Fusarium oxysporum* S & H

La mayoría de las especies de *Fusarium* se encuentran en zonas tropicales y subtropicales. Se localizan en el suelo y en las plantas haciendo parte de la microflora. Este hongo filamentoso (Salih, 2010) es considerado un microorganismo fitopatógeno ya que vive a expensas de sus hospedantes y tiene la capacidad de sobrevivir en el suelo por tiempo indefinido como organismo saprofito o por sus esporas de resistencia (Agrios, 2005; Gardner, 1980).

En estudios realizados por Gardner en 1980, se encontró que bajo condiciones de alta humedad, los tallos de plantas marchitas, presentan un crecimiento micelial de color blanco que los relaciona con una enfermedad vascular que se presentó en plantas de *A. koa* y *A. confusa* en condiciones de invernadero, mostraron daños a nivel de los tallos y raíces. De estos tejidos aislaron a *F. oxysporum*; Kapoor (2004), menciona que este patógeno también puede estar involucrado en la disminución de crecimiento y en la muerte de los árboles (Figura 24).



Figura 24. Enanismo y muerte de *A. nilotica* inoculada por el agente causal de los marchitamientos vasculares *F. oxysporum* (Kapoor, et al., 2004).

En la India en el 2004, evaluaron el efecto de *F. oxysporum* sobre *A. nilotica*, e identificaron y describieron los síntomas típicos que produce la enfermedad del marchitamiento vascular. A su vez se dieron cuenta que el patógeno tiene la capacidad de inhibir la germinación de las semillas y e inducir el desarrollo la enfermedad en plántulas recién germinadas, demostrando de esta manera la patogenicidad del microorganismo (Kapoor, *et al.*, 2004).

Además las plantaciones de *A. koa* en Hawái han venido mostrando una reducida productividad, debido a un acelerado marchitamiento, muerte descendente con una reducción de follaje llevando de esta manera a una defoliación completa causando la muerte total del árbol. Como causa de la enfermedad también se identificó a *F. oxysporum* y está evitando que los silvicultores sigan adelante con los programas de reforestación y restauración en los suelos de la zona (Dudley, *et al.*, 2011; Shiraishi, *et al.*, 2012).

En los últimos años se obtuvieron 500 aislamientos de *F. oxysporum* a partir de 386 muestras de árboles muertos por la enfermedad de marchitez; de 160 aislamientos realizaron ensayos en plántulas de vivero para finalmente seleccionar 10 aislamientos altamente virulentos y de esta manera evaluar la resistencia de *A. koa* frente al patógeno. Dentro de los resultados obtenidos encontraron una resistencia baja, puesto que hubo un promedio del 60% de mortalidad por la marchitez ocasionada por el patógeno (Dudley, *et al.*, 2011).

F. oxysporum se encarga de invadir el xilema de raíz y tallos alterando el flujo ascendente de agua y nutrientes, llegando a disminuir la absorción de agua hasta un valor del 2 al 4 % de un valor normal de 100%. (Agrios, 2005).

El patógeno ingresa a su hospedero emitiendo tubo germinativo por heridas en las raíces o aberturas donde se forman las raíces laterales, allí se propaga intercelularmente llegando a los vasos del xilema ascendiendo hasta la copa del árbol. La obstrucción que ejerce en los vasos del árbol altera de manera grave el suministro de agua y nutrientes. “Si el volumen de agua disponible es inferior al mínimo requerido para el funcionamiento de las hojas estas sierran sus estomas se marchitan y mueren”, causando la muerte del árbol completo (Figura 25).

El microorganismo se puede propagar a plantas sanas por viento, agua, por equipos o utensilios agrícolas contaminados y/o suelo contaminado.



Figura 25. Marchitez y muerte de tejidos causada por *F. oxysporum* en arboles de *A. koa* (Dudley, *et al.*, 2011).

4. CONCLUSIONES

- Durante la revisión bibliográfica se encuentra que no solo *A. mangium* está siendo afectada por diversos patógeno, sino que hay otras especies de acacia que están siendo amenazadas generando graves problemas económicos a los silvicultores.
- Teniendo en cuenta que las podas inadecuadas generan heridas, es importante tratarlas en forma oportuna para evitar el ingreso de patógenos que se van a desarrollar por la humedad del ambiente, el cual facilitará la colonización de los diferentes tejidos de *Acacia* spp.
- Sabiendo que las royas son organismos foliares que generan grandes pérdidas económicas puesto que una vez establecido el patógeno es imposible erradicarlo y por el contrario se disemina rápidamente por la plantación, es importante antes de sembrar hacer estudios previos del ambiente, su forma de control químico y sobre todo manejo cultural para tratar de erradicar las estructuras de supervivencia del patógeno que pueden estar en residuos de árboles posiblemente infectados por el patógeno, y de esta manera evitar infecciones dentro y fuera de la plantación de *Acacia* spp.
- Es importante realizar un adecuado control de insectos vectores, como en el caso de *Xyleborus* sp., puesto que son grandes diseminadores de hongos patógenos.
- Es pertinente seguir estudiando con profundidad todas las enfermedades de las plantas de *Acacia* sp., puesto que aún no se ha encontrado un manejo adecuado

de las mismas y de esta manera evitar que los patógenos causantes de ellas lleguen a ocasionar pérdidas económicas de importancia. Para esto lo ideal sería usar cepas de árboles genéticamente resistentes a las enfermedades que limitan su producción.

- En Colombia no se encuentran estudios sobre las enfermedades que afectan las plantas de *Acacia*. Por lo tanto se sugiere su inventario y la evaluación sobre las pérdidas económicas que llegan a ocasionar para implementar estrategias de control, usando información relacionada con su patología y ecología.

5. BIBLIOGRAFÍA

Agrios, G. N. 2005. Fitopatología. 2 Edición. Edit. UTEHA-Noriega. México. 667-674p

Alfieri, S. 1968. Limb blight disease caused by *Corticium salmonicolor* B. & BR. *Plant Pathology*. 71: 1-2p

Bakshi, B., Reddy, M., Singh, S. 1976. *Ganoderma* root rot mortality in khair (*Acacia catechu* Willd.) in reforested stands. *European Journal of Plant Pathology*. 6: 30-38p

Barns, L., Gaur, A., Burgess, T., Roux, J., Wingfield, B. 2001. Microsatellite markers reflect intra-specific relationships between isolates of the vascular wilt and canker pathogen, *Ceratocystis fimbriata*. *Molecular plant pathology*. 2: 319-325p

Beadle, C., Barry, K., Hardiyanto, E., Irianto, R., Mohammed, C., Rimbawanto, A. 2007. Effect of pruning *Acacia mangium* on growth, form and heart rot. *Forest Ecology and Management*. 238: 261–267p

Berndt, R. 2011. Taxonomic revision of *Endoraecium digitatum* (rust fungi, Uredinales) with description of four new species from Australia and Hawaii. *Mycol Progress*. 10: 497–517 p

Bolívar, D., Ibrahim, M., Kass, D., Jiménez, F., Camargo, J. 1999. Productividad y calidad forrajera de *Brachiaria* y humudicola en monocultivo y en asocio con *Acacia mangium* en un suelo ácido en el trópico húmedo. *Agroforesteria en las Américas* 6 (23): 48-50

Cacerí. *Acacia mangium*. 2006. Lo que usted debe saber sobre la madera de *Acacia mangium*. Cacerí Reforestadora: 6p. (s.f.). Recuperado el 16 de septiembre de 2013, de <http://www.caceri.com/assets/pdf/acacia.pdf>

Cárdenas, D., Ramírez, J. 2004. Plantas útiles y su incorporación a los sistemas productivos del departamento del Guaviare (Amazonia Colombiana). *Cadasia*. 26 (1): 95-110

Cárdenas, D., Salinas, N. 2006. Libro rojo de plantas de Colombia. Especies maderables amenazadas I parte. Instituto Amazónico de investigaciones científicas SINCHI, Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial: 1609 p.

Castellanos, J., León, J. 2010. Caída de hojarasca y dinámica de nutrientes en plantaciones de *Acacia mangium* (Mimosaceae) de Antioquia, Colombia. *Acta biológica Colombiana*. 15 (2): 289 – 308p

Coetzee, M., Wingfield, B., Golani, G., Tjahjono, B., Gafur, A., Wingfield, M. 2011. A single dominant *Ganoderma* species is responsible for root rot of *Acacia mangium* and *Eucalyptus* in Sumatra. *Southern Forests*. 73 (3-4): 175-180p

Cordero, J., Boshier, D., Barrance, A. 2003. Árboles de Centro América: Una manual para extensionistas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Oxford Forestry Institute, Great Britain. Forestry Research Programme: 1073 p

Dudley, N., James, R., Sniezko, R., Cannon, P., Yeh, A., Jones, T., Kaufmann, M. 2011. Operational Disease Screening Program for Resistance to Wilt in *Acacia koa* in Hawaii. *General Technical Report*. 286-289p

Dudley, N., LaRosa, A., James, R., Sniezko, R., Hauff, R., Scowcroft, P., Medeiros, A., Schenck, S., Zhong, S. 2009. Monitoring the incidence, spread, and impact of koa wilt (*Fusarium* spp.) of *Acacia koa* and ohia rust (*Puccinia psidii*) on *Metrosideros polymorpha* in Hawaii. 1-4p

Duponnois, R., Ba, A. 1999. Growth stimulation of *Acacia mangium* Willd by *Pisolithus* sp. in some Senegalese soils. *Forest Ecology and Management* 119: 209-215p

Duponnois, R., Lesueur, D. 2004. Sporocarps of *Pisolithus albus* as an ecological niche for fluorescent pseudomonads involved in *Acacia mangium* wild- *Pisolithus albus* ectomycorrhizal symbiosis. *Canadian Journal of Microbiology* 50 (9): 691-696p

Espinal, C., Martínez, H., Salazar, M. 2005. La cadena forestal y madera en Colombia. Una mirada global de su estructura dinámica. Ministerio de agricultura y desarrollo rural observatorio agrocadenas Colombia: 42p

Espitia, M., Murillo, O., Castillo, C., Araméndiz, H., Paternina, N. 2010. Ganancia genética esperada en la selección de Acacia (*Acacia mangium* Willd.) en Córdoba (Colombia). *Rev. U.D.C.A Actualidad y divulgación científica*. 13 (2): 99-107p

Figueredo, A. Murcha de *Ceratocystis* en Acacia-Negra. *Comunicado técnico 25*: 2004; 1-3p

Flood, J., Bridge, Holderness, M. 2000. *Ganoderma* Diseases of Perennial Crops. CABI. 275 p.

Fundación de Desarrollo Agropecuario, INC. Producción de Acacia, Eucalipto y Teca. Guía técnica No.1 *Serie de Recursos Naturales*: 1999; 40p. www.fao.org. (s.f.). Recuperado el 16-9-2013

http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/1_Produccion%20Acacia.pdf

Gardner, D. 1980. *Acacia koa* seedling wilt caused by *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology*. 70: 594–597.

González D. 1997. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto Madeleña en Panamá. *CATIE*: 113p

Griffiths, T., Pegg, M., McDonald, G., Wylie, J., King, F., Lawson, S. 2010. Healthy plantations. A field guide to pests and pathogens of *Acacia*, *Eucalyptus* and *pinnus* in Vietnam. Department of Employment, Economic Development and Innovation: 124p

Harrington, T. 2005. Ecology and evolution of mycophagous bark beetles and their fungal partners. *Ecological and Evolutionary Advances in Insect-Fungal Associations*. 257-29p

Harris, R., Hutchison, P. 2011. Amazonas, *Alhena Media*: 432p

Harsh, N., Soni, K., Tiwari, C. 1993. India *Ganoderma* root-rot in an *Acacia arboretum*. *European Journal of Plant Pathology*. 23 (4): 252-254p

IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (s.f.). Recuperado el 25 de 9 de 2013, de http://institucional.ideam.gov.co/jsp/estado-ecosistemas-de-bosques_1855

Jami, F., Slippers, B., Wingfield, M., Gryzenhout, M. 2013. Greater Botryosphaeriaceae diversity in healthy than associated diseased *Acacia karroo* tree tissues. *Australasian Plant Pathology*. 42 (4): 421-430p

Kaimowitz, D., Barr, C. 2002. Heart rots in Plantation Hardwoods in Indonesia and Australia. *ACIAR Technical Reports*. 51: 37p.

Kapoor, S., Harsh, N., Sharma K. 2004. A new wilt disease of *Acacia nilotica* caused by *Fusarium oxysporum*. *Journal of Tropical Forest Science*. 16 (4): 453-462p

Krisnawati, H., Kallio, M., Kanninen, M. 2011. *Acacia mangium* Willd. Ecology, silviculture and productivity. *Center for International Forestry Research*: 26p

Lee, S. 2004. Enfermedades y amenazas potenciales en las plantaciones de *Acacia mangium* en Malasia. *Unasyva*. 217 (55): 31-35p

Lores A, Pinzón O. 2011. Insectos fitófagos en plantaciones comerciales de *Acacia mangium* willd. en la Costa Atlántica y la Orinoquia Colombiana. *Colombia Forestal*. 14(2): 175-188p

Mennicken, M., Maier, W., Oberwinkler. 2005. A contribution to the rust flora (Uredinales) of southern África, with an emphasis on Namibia. *Mycological Progress*. 4 (1): 55-75

Mohali, S., Slippers, B., Wingfield, M. 2007. Identification of Botryosphaeriaceae from *Eucalyptus*, *Acacia* and *Pinnus* in Venezuela. *Fungal Diversity*. 25: 103-125p

Mohammed C, Barry K, Irianto R. Heart rot and root rot in *Acacia mangium*: identification and assessment. *ACIAR* 124: 2006; 26-33p.

Moran, G., Muona, O., Bell J. 1989. *Acacia mangium*: A Tropical Forest Tree of the coastal Lowlands with low Genetic Diversity. *Evolution*. 43 (1): 231-235p

Obregón C. 2005. La *Acacia mangium*: Una especie promisorio. *Especies*: 5p (s.f.). *revista-mm.com*. Recuperado el 16 de 9 de 2013, de <http://www.revista-mm.com/ediciones/rev49/especies.pdf>

Ramírez, A. 2008. Aspectos fitosanitarios en plantaciones forestales. (s.f.). *elsemillero.net*. Recuperado el 16 de 9 de 2013, de [http://www.elsemillero.net/pdf_memorias/ASPECTOS%20FITOSANITARIOS%20EN%20PLANTACIONES%20FORESTALES%20\(2\).pdf2008.html](http://www.elsemillero.net/pdf_memorias/ASPECTOS%20FITOSANITARIOS%20EN%20PLANTACIONES%20FORESTALES%20(2).pdf2008.html)

Old, K. 2000. A Manual of Diseases of Tropical Acacias in Australia, South-east Asia and India. *CIFOR*: 104 p

Old, K., Vercoe, T., Floyd, R., Wingfield, M., Roux, J., Naser, S. 2002. *Acacia* spp. *FAO/IPGRI Technical Guidelines for the Safe Movement of Germplasm*. 20: 88p

Ramírez, A. 2008. Aspectos fitosanitarios en plantaciones forestales. *Ingeniero forestal-Patología*. 58p.

Roux, J., Heath, N., Labuschagne, L., Nkuekam, G., Wingfield, M. 2007. Occurrence of the wattle wilt pathogen, *Ceratocystis albifundus* on native South African trees. *Journal compilation*. 37: 292–302p

Roux, J., Wingfield, M. 2009. *Ceratocystis* species: emerging pathogens of non-native plantation *Eucalyptus* and *Acacia* species. *Southern Forests*. 71 (2): 1-6p

Salih, A., Nehal, S. 2010. Assessment of the bioregulatory activity of the leaf juices of higher plants in Al-Taif, Saudi Arabia against *Fusarium solani*, *Phytophthora* spp. And *Rhizoctonia solani*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 14 (11): 1064-1071

Sánchez J. 2007. Árboles ornamentales. *Mundi-Prensa Libros*: 144p

Scholler, M., Aime, C. 2006. On some rust fungi (Uredinales) collected in an *Acacia koa* *Metrosideros polymorpha* woodland, Mauna Loa Road, Big Island, Hawaii. *Mycoscience*. 47:159–165p

Scot, N. 2009. Rusts of *Acacia koa*: *Atelocauda digitata* (Gall Rust). *Plant Disease*. 63: 1-9p

Serdani, M. 2001. The *Acacia* Gall Rust (*Uromycladium tepperianum*). A fungal pathogen of PORT JACKSON (*Acacia saligna*) in South África. *Dossiers on biological control agents available to aid alien plant control*. 9: 1p

Shiraishi, A., Leslie, J., Zhong, S., Uchida, J. 2012. AFLP, Pathogenicity, and VCG Analyses of *Fusarium oxysporum* and *Fusarium pseudocircinatum* from *Acacia koa*. *Plant Disease*. 96: 1111-1117p

Taboada, R., Gómez, H., Martínez, A. 2013. Caracterización de la producción maderera y su transformación por empresas familiares productoras de muebles en Sincelejo y Sumpués. *ESCENARIOS.CECAR*. 13: 68-82P.

Tarigan, M., Roux, J., Van, M., Tjahjono, B., Wingfield, M. 2010. A new wilt and die-back disease of *Acacia mangium* associated with *Ceratocystis manginecans* and *C. acaciivora* sp., in Indonesia. *South African Journal of Botany*. xx: 1-13p

Tran, N., Moghaieb, E., Saneoka, H., Fujita K. 2004. RAPD markers associated with salt tolerance in *Acacia auriculiformis* and *Acacia mangium*. *Plant Science*. 164: 797-805p

Zuluaga, C., Buritica, P., Marín, M. 2008. Generalidades de los Uredinales (*Fungi: Basidiomycota*) y de sus relaciones filogenéticas. *Acta biológica. Colombiana*. 14 (1): 41 – 56p.