

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



Identificación del hongo fitopatógeno que afecta a la palma africana (*Elaeis guineensis*) en su desarrollo en vivero, Tiquisate, Guatemala, y su control por medio de fungicidas

Trabajo de graduación presentado por Ana Fabiola Barillas Escamilla para optar el grado académico de Licenciado en Ingeniería Agroforestal

Guatemala
2012

Identificación del hongo fitopatógeno que afecta a la palma africana (*Elaeis guineensis*) en su desarrollo en vivero, Tiquisate, Guatemala, y su control por medio de fungicidas

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



Identificación del hongo fitopatógeno que afecta a la palma africana (*Elaeis guineensis*) en su desarrollo en vivero, Tiquisate, Guatemala, y su control por medio de fungicidas

Trabajo de graduación presentado por Ana Fabiola Barillas Escamilla para optar el grado académico de Licenciado en Ingeniería Agroforestal

Guatemala
2012

Vo. Bo. :

(f) 
(Licda. Margarita Palmieri)

Tribunal Examinador:

(f) 
(Dr. Rolando Cifuentes)

(f) 
(Licda. Margarita Palmieri)

(f) 
(Ing. Emerson Herrera)

Fecha de aprobación: Guatemala de la Asunción 7 de Diciembre de 2012

PREFACIO

Este trabajo surge con la idea de desarrollar un tema acerca de un cultivo de gran importancia e interés actual en el País. Con la ayuda de *Agrocentro S.A.*, empresa que se dedica a la comercialización de agro-químicos, logré concretar que trabajaría con el cultivo de la palma africana, y ellos me pusieron en contacto con el encargado de un vivero en Tiquisate, Escuintla. En dicho lugar se encontró la presencia de un hongo desconocido que afectó al cultivo mayormente en la época húmeda. La compañía necesitaba identificar el hongo y conocer qué fungicida era el más efectivo para su control. Me pareció un excelente tema para mi Trabajo de Graduación, debido a que estaría proporcionando información de gran ayuda para resolver un problema importante. Conforme iba avanzando en el trabajo me pude dar cuenta que a aunque la palma africana ha llegado a tener gran importancia en Guatemala, se cuenta con poca información específica del cultivo en el país. Por lo que me sentí mucho más comprometida a mi trabajo, debido a que realmente la información podría significar el inicio de la documentación de este cultivo en el país.

Quisiera agradecer principalmente a Dios, porque nada hubiese sido posible sin Él. Agradezco a *Agrocentro S.A.*, en especial a José Rodolfo Pérez, al Ing. Carlos Cajas y a Giovanni Alvarado, por su apoyo constante y que gracias a ellos pudo surgir un tema para mi Trabajo de Graduación. A la Universidad del Valle de Guatemala, particularmente al Dr. Rolando Cifuentes, a la Licda. Margarita Palmieri, a Ofelia Paniagua y a Andrea Miranda, que fueron mis guías y un gran apoyo durante esta etapa de mi vida. A mis padres, Jorge Barillas y Fabiola de Barillas, por su amor y apoyo incondicional, sus palabras de aliento, y su presencia en todo momento. Por último agradezco a mi esposo e hija que son todo para mí.

CONTENIDO

PREFACIO	V
CONTENIDO	VI
LISTA DE CUADROS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
A. Clasificación de la palma africana	3
B. Descripción botánica	3
C. Requerimientos agroclimáticos	7
D. Requerimientos nutricionales	7
E. Establecimiento del cultivo	8
F. Importancia y usos de la palma africana	10
G. Enfermedades en el vivero:	11
H. Manejo integrado de plagas	16
III. JUSTIFICACIÓN	19
IV. OBEJTIVOS	20
A. Generales	20
B. Específicos	20
V. METODOLOGÍA	21
A. Recolección de muestras:	21
B. Aislamiento de hongo:	21
C. Evaluación del fungicida más eficiente:	22
2. Experimento No. 2	25
VI. RESULTADOS	27
A. Identificación del hongo	27
B. Evaluación fungicidas	28
1. Experimento No. 1	28
a) Curvularia	29
b) Fusarium	31

2. Experimento No. 2.....	33
VII. DISCUSIÓN.....	45
VIII. CONCLUSIONES.....	49
IX. RECOMENDACIONES	50
X. LITERATURA CITADA	51

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Requerimientos agroclimáticos de la palma africana (<i>E. guineensis</i>)	7
Cuadro 2. Requerimientos nutricionales de la palma africana (<i>E. guineensis</i>)	7
Cuadro 3. Comparación de la productividad vs. área sembrada	10
Cuadro 4. Dosificación de fungicidas	23
Cuadro 5. No. de esporas en 25 µl de solución de <i>Curvularia</i> y <i>Fusarium</i>	25
Cuadro 6. Género de hongos encontrados en las muestras recolectadas	27
Cuadro 7. Ancho en centímetros de los halos formados según dosis de los 4 fungicidas para <i>Curvularia</i> (18-20 de julio de 2012)	29
Cuadro 8. Ancho en centímetros de los halos formados según dosis de los 4 fungicidas para <i>Fusarium</i>	31
Cuadro 9. Ancho del halo en cm al utilizar Mancozeb dosis recomendada (6 de noviembre de 2012)	33
Cuadro 10. Ancho del halo en cm al utilizar Mancozeb dosis alta 1 (6 de noviembre de 2012)	34
Cuadro 11. Ancho del halo en cm al utilizar Mancozeb dosis alta 2 (6 de noviembre de 2012)	34
Cuadro 12. Resumen del análisis de varianza de un factor en Mancozeb	35
Cuadro 13. Ancho del halo en cm al utilizar Captan dosis recomendada (20 de noviembre de 2012)	39
Cuadro 14. Ancho del halo en cm al utilizar Captan dosis Alta 1 (20 de noviembre de 2012)	39
Cuadro 15. Ancho del halo en cm al utilizar Captan dosis Alta 2 (20 de noviembre de 2012)	40
Cuadro 16. Resumen de análisis de Varianza de un factor en Captan	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Disposición de las hojas en la palma africana (<i>E.guineensis</i>)	4
Figura 2. Inflorescencia femenina de la palma africana (<i>E. guineensis</i>)	5
Figura 3. Inflorescencia masculina de la palma africana (<i>E. guineensis</i>)	6
Figura 4. Frutos de la palma africana (<i>E. guineensis</i>)	6
Figura 6. Disposición al tresbolillo de la palma africana (<i>E. guineensis</i>)	9
Figura 5. Vivero de la palma africana (<i>E. guineensis</i>) en Tiquisate, Escuintla, Guatemala	9
Figura 7. Comparación de la producción de diversas plantas que proveen aceite vs. área sembrada	10
Figura 8. Síntomas presentados en las hojas jóvenes recolectadas de palma africana	21
Figura 9. Disposición de los discos con diferentes dosis de fungicidas	23
Figura 10. Fotografía de género de hongos identificados en muestras de palama africana provenientes de la Finca Santa Marta, Tiquisate, Escuintla, 2012.	28
Figura 11. Representación gráfica del crecimiento de <i>Curvularia</i> alrededor de los discos(A:Mancozeb, B: Carbendazim, C: Captan y D: Clorotalonil)	30
Figura 12. Representación gráfica del crecimiento de <i>Fusarium</i> alrededor de los discos(A:Mancozeb, B: Carbendazim, C: Captan y D: Clorotalonil)	32
Figura 13. Fotografía de las 10 repeticiones y 5 controles utilizando dosis recomendada de Mancozeb para <i>Curvularia</i> por tres días	36
Figura 14. Fotografía de las 10 repeticiones y 5 controles utilizando dosis alta 1 de Mancozeb para <i>Curvularia</i> por tres días	37
Figura 15. Fotografía de las 10 repeticiones y 5 controles utilizando dosis alta 2 de Mancozeb para <i>Curvularia</i> por tres días	38
Figura 16. Fotografía de las 10 repeticiones y 5 controles utilizando dosis recomendada de Captan para <i>Curvularia</i> por tres días	42
Figura 17. Fotografía de las 10 repeticiones y 5 controles utilizando dosis alta 1 de Captan para <i>Curvularia</i> por tres días	43
Figura 18. Fotografía de las 10 repeticiones y 5 controles utilizando dosis alta 2 de Captan para <i>Curvularia</i> por tres días	44

RESUMEN

El cultivo de la palma africana ha llegado a ser de gran importancia a nivel mundial, debido a que produce mayor cantidad de aceite en menor cantidad de área que otras plantas productoras de aceite. En un vivero ubicado en Tiquisate, Escuintla se encuentran alrededor de 200,000 mil plántulas de palma africana. En dichas instalaciones existe una planificación de manejo y control de la plantación, la cual se sigue rigurosamente. Sin embargo, durante las épocas con alta humedad y baja temperatura, han encontrado mayor incidencia de manchas foliares ocasionadas por la presencia de hongos. En el vivero se recolectaron muestras de hojas afectadas con el objetivo de identificar los hongos presentes en las plántulas de palma africana. También se evaluó la eficacia de 4 fungicidas (Mancozeb, Carbendazim, Captan y Clorotalonil) en 3 dosis diferentes, una recomendada y dos altas. Se encontró la presencia de 6 géneros de hongos distintos, siendo los que más destacaron, *Curvularia* y *Fusarium*. La evaluación de los fungicidas demostró que en ambos casos el fungicida que tuvo mejores efectos fue Mancozeb. Se realizó un análisis estadístico (ANOVA) para las dosis de Mancozeb y Captan para *Curvularia*, en dónde se encontró que no existe una diferencia significativa entre utilizar la dosis recomendadas o las altas.

SUMMARY

The oil palm plantations have become important to the world, because they present a higher production of oil in a lower area than other oil plants producers. . At tiquisate, Escuintla there is a nursery with 200,000 seedlings of palm oil, in which they follow and manage a rigorously planning system. However during the season of high humidity levels mixed with low temperature, they detected a high incidence of leaf spots due to fungi presence. Affected leafs were gathered in order to identify the genera of the fungi that were causing problems in the oil palm plants. Also the efficiency of four fungicides were evaluated (Mancozeb, Carbendazim, Captan, Clorotalonil) in three different doses, one recommended and two with

higher quantities. We found the presence of 6 different fungi in the nursery of african oil palm, Curvularia and Fusarium were considered the most relevant and important. The evaluation of the fungicides showed in both cases that Mancozeb had the best effect. A statistical test (ANOVA) was made for Curvularia using Mancozeb and Captan, The test showed that there is no significant difference between using the recommended dose or higher dose.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el cultivo de la palma africana (*Elaeis guineensis Jacq.*) ha tenido gran auge y se ha llegado a considerar como un cultivo de importancia a nivel nacional. Actualmente en Guatemala se produce un promedio de 7 toneladas de aceite por hectárea al año, siendo este dato, un indicador de la importancia que tiene la palma en Guatemala. En el 2011 según la Gremial de Palmicultores en Guatemala (GREPALMA) se consideró a Guatemala como uno de los productores de palma africana más eficientes en América Latina. .

El cultivo de la palma es complejo y requiere de un buen manejo desde el inicio con el objetivo de obtener plántulas sanas, vigorosas y altamente productivas. Dicha palma pasa al menos 10 meses en un vivero y tiene una vida útil de producción de más de 20 años. Una parte esencial en el manejo es el control de plagas y enfermedades para evitar problemas durante su desarrollo y mantener una buena producción.

Actualmente todavía se carece de información documentada acerca del cultivo en condiciones de Guatemala. Por lo que no se posee un conocimiento profundo del tema, esto limita estrategias y métodos para su control y manejo. A la vez, hay cierta dependencia de estudios y casos que ocurren en otros países, como en Colombia o Costa Rica dónde sí hay un registro de dicha información.

En Tiquisate, Escuintla se encuentra un vivero dedicado al cultivo de la Palma, que cuenta con dos tipos de variedades (Ghana e Irho). Durante este período inicial hay que invertir en el cuidado de las plántulas especialmente para obtener un buen crecimiento y mantenerlas sanas. El principal problema es controlar los hongos durante épocas húmedas, por lo que se decidió realizar una investigación enfocada hacia la identificación de los hongos presentes durante este período al igual que la evaluación de la eficacia de 4 fungicidas con 3 distintas dosis.

En este trabajo, se presentan los resultados de los hongos encontrados e identificados en las hojas de la palma africana y la dosis del fungicida que tuvo mejor respuesta en el control de los hongos. Se espera que dichos resultado sean puestos en práctica en el campo, para realizar un manejo adecuado de la enfermedad. Además se espera que la investigación sirva para ampliar la información que se tiene de la palma africana en el país.

II. ANTECEDENTES

A. Clasificación de la palma africana

Es una planta perenne, monocotiledónea, perteneciente a la familia Arecaceae (antes conocida como Palmae), orden Arecales (Cronquist 1981), género *Elaeis* y especie *Elaeis guineensis* Jacq.

Dominio: Eukarya

Reino: Plantae

Clase: Liliopsida

Subclase: Arecidae

Orden: Arecales

Familia: Arecaceae

Género: *Elaeis*

Especie: *Elaeis guineensis* Jacq.

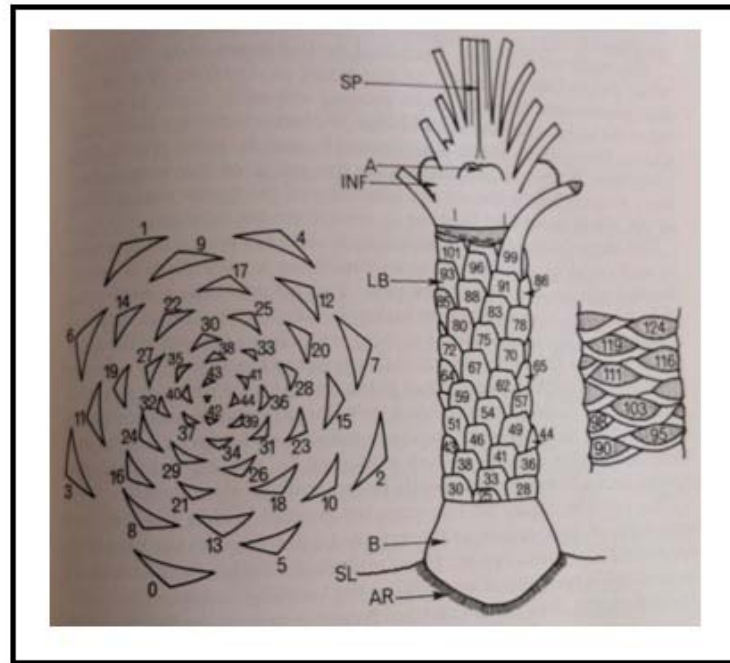
El género *Elaeis* se deriva de la palabra griega elaison, que significa aceite, mientras el epíteto específico *guineensis*, es debido a que se le atribuye el origen a la costa de Guinea (Corley, 2008)

B. Descripción botánica

1. **Hojas.** Coronas de hojas que tienen un largo entre 5-8 m. Son hojas largas pinnadas, es decir, que tienen foliolos dispuestos como pluma, a cada lado del peciolo, y consta de dos partes: el raquis y el peciolo. A los lados de los raquis hay de 100 a 160 pares de foliolos dispuestos en diferentes planos.

En la Figura 1 se presenta cómo están dispuestas las hojas en la palma africana.

Figura 1 Disposición de las hojas en la palma africana (*E.guineensis*)



Fuente: Hartley, 1979. A: Ápice; SP: Espada; INF: Hojas maduras con inflorescencias; B: Base de la Palma; SL: Nivel del Suelo; AR: Raíces adventicias

2. Inflorescencias. Es una planta monoica, lo cual significa que presenta las inflorescencias masculinas y femeninas por separado en la misma planta. Sin embargo, investigaciones detalladas han mostrado que cada primordio de flor incluye tanto el órgano masculino como el femenino. En raros casos se desarrollan los dos, es decir una flor hermafrodita. Dicho esto, la inflorescencia puede ser femenina, masculina o mixta (Corley, 2008).

La inflorescencia se inicia en la axila de cada hoja pero algunas son abortadas antes que emerjan. Por lo general las primeras inflorescencias producidas por plantas jóvenes son masculinas, sin embargo luego no hay un orden ni proporción en que las inflorescencias se produzcan. Cada inflorescencia

consiste en un pedúnculo suculento, de 30-45 cm de largo, con espigas dispuestas en espiral (Corley, 2008).

La inflorescencia femenina puede alcanzar un largo de 30 cm. Las flores están dispuestas en espiral alrededor de un raquis de espigas. El número de flores en la inflorescencia varía entre palma y palma, hay un mayor rango (12-30) en las espigas centrales, en las espigas de los extremos menos de 12 (Corley, 2008). La inflorescencia femenina se observa en la Figura 2.

Figura 2. Inflorescencia femenina de la palma africana (*E. guineensis*)



Fuente: Hartley 1988.

La inflorescencia masculina está dispuesta en un pedúnculo más largo que el de la femenina, y contiene más espigas cilíndricas y largas. Las espigas tienen brácteas y proyección terminal más pequeña (Corley, 2008). Tienen un largo de 10-20 cm y 0.8-1.5 cm en amplitud, con un total de 500 a 1500 flores estaminadas. Las anteras producen polen con un característico olor a anís (Raygada 2005). La Figura 3 muestra la inflorescencia masculina de la palma africana.

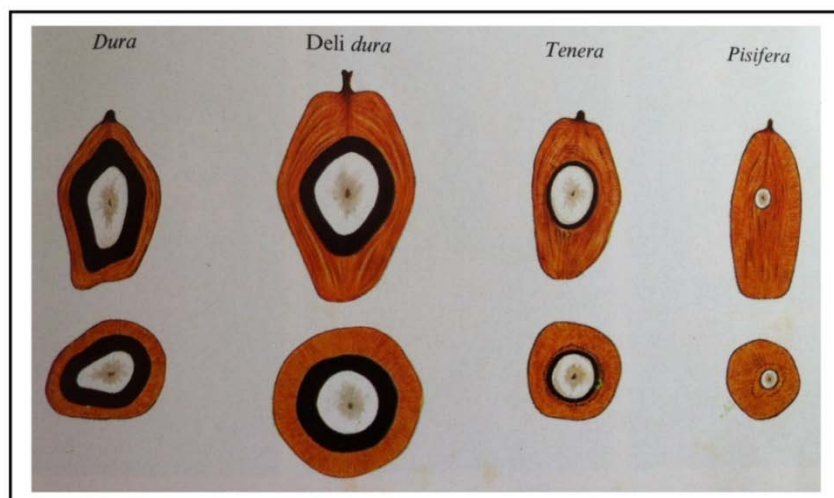
Figura 3. Inflorescencia masculina de la palma africana (*E. guineensis*)



Fuente: Hartley 1988.

3. El fruto. El fruto es una drupa sésil que varía de forma entre casi esférico a ovoide, y/o alargado. El largo puede ser entre 2 a 5 cm, pesa entre 3 g hasta 30 g. El pericarpio de la fruta consiste en una piel exocárpica externa o cáscara, un mesocarpio o pulpa, de donde se obtiene el aceite y un endocarpio que junto con la almendra constituyen la semilla (Raygada, 2005). En la Figura 4 se muestra cómo pueden ser los frutos de la palma africana.

Figura 4. Frutos de la palma africana (*E. guineensis*)



Fuente: Hartley 1988.

El color de una fruta normal cambia considerablemente, particularmente cuando está madura. El exocarpio visto de la parte externa de la fruta es más pigmentado que adentro de la misma. Su coloración varía de negro a rojo.

C. Requerimientos agroclimáticos

Como cualquier otro cultivo, la palma africana requiere de ciertas condiciones óptimas para desarrollarse de mejor manera, dichos requerimientos se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Requerimientos agroclimáticos de la palma africana (*E. guineensis*)

Parámetro	Descripción(Rango)
Clima	Tropical Húmedo
Suelos	Limosos, profundos y franco limosos. Evitar suelos extremadamente arcillosos y arenosos. Suelos con buen drenaje.
Latitud	15 sur-15norte
M.S.N.M	3-700
Precipitación anual	1750-2000 mm, siendo 150mm al mes los ideales.
Temperatura	22°C-32°C
pH	4.5-7.8
Humedad Relativa	70%-90%
Luminosidad	1500-2000 horas luz al año

(Saenz, 2006)

D. Requerimientos nutricionales

La demanda de nutrientes de la palma africana depende de factores como el clima, el tipo de suelo, el material genético, el manejo agronómico y el nivel de rendimiento entre otros. Sin embargo, el Cuadro 2 resume un promedio de la cantidad de nutrientes que requiere dicho cultivo.

Cuadro 2. Requerimientos nutricionales de la palma africana (*E. guineensis*)

Nutriente	kg/ha/año producción 25 ton/ha				
	N	P	K	Mg	Ca
Consumo	192	26	251	61	89
Inmovilización	73	12	93	21	20
Re ciclaje	78	11	102	28	60

(Weng 2001)

E. Establecimiento del cultivo

1. Semillero. Para la germinación de las semillas necesita que transcurra un período de 60 a 80 días. Se tienen que distribuir precalentadas para acelerar y mejorar la germinación. Posteriormente se sumergen en agua a temperatura ambiente por 6 días. Luego se colocan las semillas en bolsas plásticas (1 libra), en bloques de 500 bolsas. Por lo general la germinación de un lote de semillas se completa después de un mes, a partir del período de calentamiento. Se estima que hay una pérdida promedio entre 15-20% de semillas (Sáenz 2008).

2. Pre-vivero. En el pre-vivero se utilizan bolsas de polietileno de 15*23 cm, las semillas germinadas se siembran a una profundidad de 1 a 2 cm. Las plántulas permanecen por cuatro a cinco meses en el pre-vivero, hasta que las plántulas presenten de 4 a 5 hojas. El mantenimiento requiere riego diario, aplicación de fertilizante. Al momento de trasplantar al vivero, hay que escoger plántulas bien desarrolladas (Sáenz 2008).

3. Vivero. El vivero debe establecerse en un terreno con topografía plana, con disponibilidad de instalar un sistema de riego, cuyas líneas principales deben ser enterradas en zanjas de 30 cm de ancho y 50 cm de profundidad. Las semillas pre-germinadas se siembran en bolsas plásticas de 45*55 cm y de 1.5 mm de espesor con perforaciones. La necesidad de riego, depende del ambiente, pero por lo general se necesita aplicar un promedio de 8 mm diarios (Sáenz 2008). La Figura 5 muestra un ejemplo de vivero.

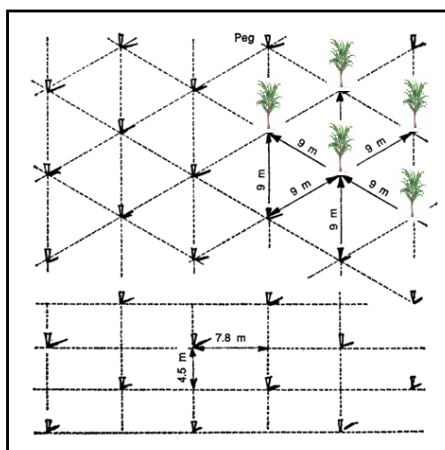
Figura 5. Vivero de la palma africana (*E. guineensis*) en Tiquisate, Escuintla, Guatemala



Fuente: Fotografía tomada en enero 2012.

4. **Campo.** En campo definitivo, las palmas se siembran al tresbolillo a un distanciamiento de 9.0 m entre plantas, obteniendo así una densidad de 143 palmas por hectárea. La orientación debe ser norte- sur (Raygada 2005). La Figura 6 muestra su disposición.

Figura 6. Disposición al tresbolillo de la palma africana (*E. guineensis*)



Fuente: Fao 1990.

F. Importancia y usos de la palma africana

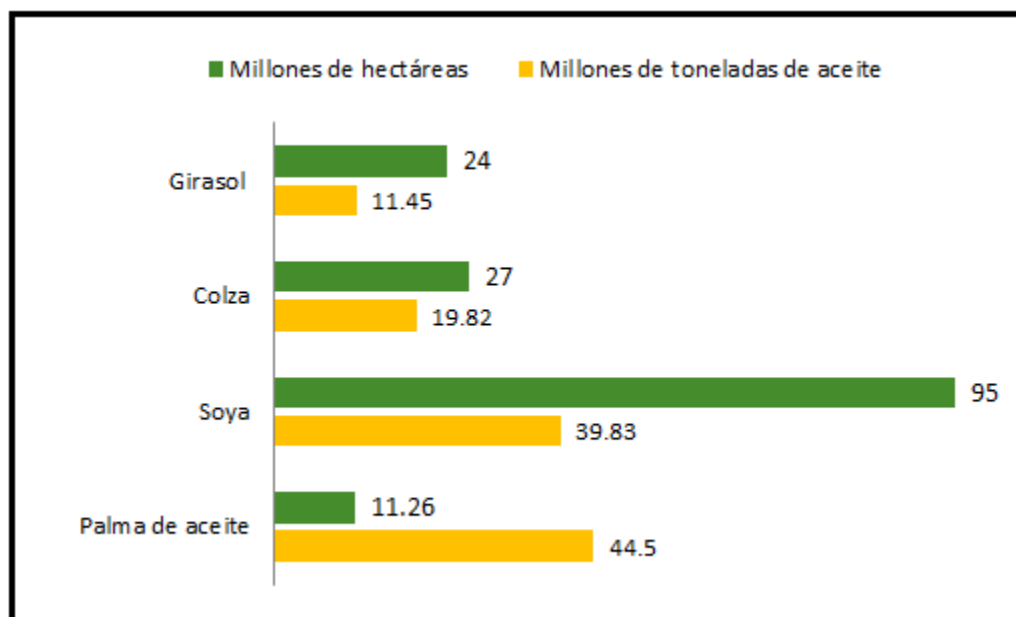
1. **Nivel Mundial.** La palma africana es biológicamente superior a otras plantas productoras de semillas que proveen aceite, tanto en términos de eficiencia como en el uso de la tierra y su productividad (MPOC/MPOB 2010). El Cuadro 3 muestra su producción en millones de toneladas vs área sembrada de producción. La Figura 7 es una comparación gráfica de la relación entre producción y área ocupada de siembra.

Cuadro 3. Comparación de la productividad vs. área sembrada

Planta	Producción (millón toneladas)	% total de producción	Total área (millones ha)	%Total de área
Palma Africana	44.5	33.58	11.26	4.74
Soya	39.83	28.80	95	42.50
Canola/Colza	19.82	15.48	27.15	12.25
Girasol	11.45	8.52	24.09	10.87

(Oil World Annual 2010).

Figura 7. Comparación de la producción de diversas plantas que proveen aceite vs. área sembrada



Fuente: Oil World Annual 2010.

El aceite de la palma es consumido en más de 150 países, provee una fuente crucial de comida y energía. Se ha comprobado científicamente que posee beneficios hacia la salud y nutrición. Además provee bio-energía, considerada como una alternativa de fuente de combustible, siendo altamente productiva (MPOC/MPOB 2010).

2. **Guatemala.** Actualmente en Guatemala según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) ya hay 110,000 ha sembradas de palma, alrededor de 15% del territorio. La palma de aceite fue uno de los muchos cultivos que sustituyó la siembra de algodón en los años 80 y 90. A lo largo de los años se ha comprobado que este cultivo ofrece más ventajas, es más eficiente, ambientalmente más sostenible y además genera empleo permanentemente. Además, la palma contribuye al fortalecimiento de la industria de grasas y aceites en Guatemala (Grepalma 2010)

G. Enfermedades en el vivero:

1. Raíces

a. Germen pardo:

- **Síntomas:** Se presenta durante el proceso de germinación, sobre la radícula se observan manchas hundidas de color pardo oscuro o marrón, que avanza hacia la parte terminal de las raíces jóvenes. Toda la raíz se puede ver afectada, provocando la muerte. En ocasiones la enfermedad mata al embrión antes que germine. Puede ser causada por los siguientes géneros de hongo: *Aspergillus*, *Penicilium* y *Fusarium* (Loor 2008).
- **Control:** Antes del proceso de germinación se recomienda realizar un tratamiento químico a las semillas, mediante la inmersión por 3 minutos en algún fungicida, con los siguientes ingredientes activos: Benomilo, Mancozeb, Carboxin, Captan. Además se recomienda mantener la humedad de las semillas por debajo de 19% (Loor 2008).

2. Manchas foliares

a. Antracnosis: Es una enfermedad que típicamente aparece en el trasplante del pre vivero al vivero (Hartley 1979).

- Distribución: Se presenta como lesiones necróticas negras que aparecen en las hojas, usualmente en la estadía de la planta en el vivero. Esta enfermedad tiene una gran distribución y varios agentes causantes (Hartley 1979)

- Síntomas:

A continuación se presentan los síntomas de tres agentes causantes de la enfermedad conocida como antracnosis.

- *Botryodiplodia palmarum*: Manchas traslúcidas, cercanas a la punta de la hoja, que cambian a un tono café oscuro y son rodeadas por un halo amarillo, llamada la zona de transición. Las lesiones se alargan y el centro se torna a un color gris, y se empieza a secar esa zona. Se desarrollan picnidios.
- *Melanconium* sp: Presenta síntomas parecidos a *B. palmarum*, pero la lesión es de un tono café más claro con un halo amarillo claro, ésta se seca más rápido, por lo que proporcionalmente tiene un área más larga seca y gris. Se desarrollan acérvulos.
- *Glomerella cingulata* (*Colletotrichum gloesporioides*): Produce lesiones largas perpendiculares a las venas pero no las atraviesa. El tejido necrosado es café o negro, y al principio tiene un aspecto de exceso de agua. Al igual que en los anteriores la zona de transición es amarilla. Este tipo de hongo produce tanto conidios como acérvulos (Hartley 1979).

- Control:

Debe existir una nutrición equilibrada, evitando excesos de nitrógeno; un manejo de agua, evitando tanto excesos como el déficit. Un manejo del espacio entre plantas y el uso de una rotación apropiada de fungicidas (Chinchilla 2007).

b. *Cercospora* (*Cercospora elaeidis*)

- Síntomas: Inicia mientras la planta está en el pre-vivero y el hongo puede sobrevivir por varios años. Se ha notado que hay una tendencia a que sobreviva en el campo por un largo período de tiempo. Las hojas jóvenes inician con una mancha diminuta traslúcida, rodeada por un halo amarillo-verdoso, que posteriormente se convierten en largas y cafés. La enfermedad tiende a convertirse más agresiva conforme van creciendo las hojas y los síntomas aparecen con mayor rapidez (Hartley 1979).

- Control: Se puede tratar con fungicidas a base de cobre, desafortunadamente esto ocasiona toxicidad en las hojas por lo que éstas no se pueden utilizar. Se ha observado que al aumentar el nitrógeno, hay mayor incidencia de estas manchas foliares. Sin embargo, al aumentar el potasio, se reducen dichas manchas (Hartley 1979).

c. *Curvularia*

- Síntomas: Es una mancha que aparece como una lesión pequeña y traslúcida, de color amarillo. Esta mancha tiende a volverse irregular, de una forma alargada. Se posiciona entre las nervaduras de las hojas, apareciendo un halo bien definido de color amarillo-marrón-grisáceo. Las lesiones pueden alcanzar de 7 a 8 mm de largo. Cuando el ataque es severo las hojas empiezan a secarse, se enrollan y pueden desintegrarse (Hartley 1979).

- Control: Se puede tratar de forma similar que cuando hay presencia de *Cercospora*.

d. *Helminthosporium* sp.

- Síntomas: Son lesiones pequeñas que inician en la punta de la hoja, son redondas y de color amarillo fuerte, rodeadas de un área de color verde-amarillento, que se parece mucho al color del tejido sano. La lesión se torna luego a color café oscuro y el área próxima a ella se torna a un color amarillo anaranjado (Saenz 2006).

- Control: Hacer un monitoreo de la presencia de síntomas, proporcionar un buen drenaje al vivero, eliminar malezas presentes, eliminar plantas enfermas y realizar aplicaciones de fungicidas como Benomyl o Mancozeb (Saenz 2006).

e. Añublo foliar (*Pestalotiopsis* spp.)

- Síntomas: Manchas de color marrón o marrón púrpura alrededor de una lesión causada por artrópodos chupadores. A medida que el área afectada avanza, la zona central se seca y toma a marrón claro y posteriormente blanco grisáceo (Rothschuh 1983).

Cabe mencionar que se ha encontrado las especies de los siguientes hongos, como agentes causales de la enfermedad: *Helminthosporium* sp., *Colletotrichum* sp., *Curvularia* sp., *Phyllostica* sp., *Macrophoma* sp., *Gloesporium* sp. y *Mycosphaerella* sp.. Sin embargo las especies más importantes son *Pestalotia palmarum* y *P. glandicola*. Este complejo de hongos, requieren de una herida hecha por algún insecto o daño mecánico para penetrar la cutícula de los folíolos de la palma y causar la enfermedad (Escalante *et al.* 2010).

Los géneros *Pestalotiopsis* y *Curvularia*, según el Index Fungorum (2008) son anamórficos de la *Pestalosphaeria* (Ascomycota Amiphisphaeriaceae) y de *Cochliobolus* (Ascomycota: Pleosporaceae). Además, el género *Curvularia*, está entre los hongos que pueden causar lesiones sobre las que *Pestalotiopsis* se establece (Escalante 2010). Por otro lado, se han realizado pruebas de patogenicidad de *Pestalotiopsis palmarum* confirmando que existe un efecto detrimental de dicho hongo sobre plantas de palma en vivero (Labarca 2006).

- Control: Fungicidas que se pueden utilizar, Mancozeb, Captan y Benomilo (Loor 2008).

f. Anillo clorótico

- Síntomas: Combinación de mosaicos, rayados finos cloróticos y anillos, es decir, halos cloróticos de forma irregular rodeados por una porción de tejido que aún se mantiene verde. Dicho halo tiene una coloración blanca-pálida en las hojas jóvenes y conforme se madura pasa a un verde y amarillo claro. Esta enfermedad es ocasionada por un virus, y posiblemente los áfidos sean el vector. La incidencia fue particularmente en viveros en Ecuador (25-80%), aunque la enfermedad ha decrecido en forma sostenida (Chinchilla 2007).

3. Pudriciones

a. Pudrición de cogollo

- Síntomas: La pudrición es limitada a los foliolos de las flechas (hojas sin abrir), se presenta un doblamiento de los raquis, y hay una formación de hojas más cortas durante la fase de recuperación del problema. Ocasionalmente afecta a plantas de vivero, los síntomas pueden persistir por unas pocas semanas, meses inclusive años, pero por lo general la mayoría de las palmas afectadas se recuperan en forma

“espontánea” (Chinchilla 2007). Recientemente se logró identificar a *Phytophthora palmivora*, como el agente causante de las primeras lesiones, posteriormente se presentan patógenos oportunistas: varios hongos (*Fusarium* spp., *Colletotrichum* sp., *Thielaviopsis* sp, y *Rhizoctonia* sp, entre otros), bacterias (*Pseudomonas* sp, y *Erwinia* sp) e insectos (*Rhynchophorus palmarum*) que promueven el proceso de pudrición (Martínez *et al.*, 2010).

- Control: Detección temprana, aplicación de agroquímicos en plantas afectadas y plantas vecinas, monitoreos, control del picudo *Rhynchophorus palmarum* y de posibles insectos diseminadores. El producto agroquímico empleado debe contener estos dos ingredientes activos: Propamocarb y Fluopicolide (Martínez *et al.*, 2010).

H. Manejo integrado de plagas

1. Filosofía de MIP Mientras un ecosistema mantenga su complejidad, va a tener un mayor grado de estabilidad. Por ende al simplificarlo, éste se vuelve más frágil, débil y mucho más susceptible a plagas y enfermedades. La agricultura convierte un sistema complejo en simple, dando lugar a que exista una mayor posibilidad de incidencia en plagas y enfermedades (Calvache 2012). Dicho esto, el manejo integrado de plagas es un método eficaz que combina varias prácticas de agricultura para mantener una interacción sana entre posibles plagas y el medio ambiente. En otras palabras ayuda a mantener un equilibrio con el ecosistema (Calvache 2012). Para poder poner en práctica el método de MIP, es importante conocer las características, es decir la fisiología normal de una planta saludable, para poder detectar con mayor facilidad algún problema o anomalía que se presente (Calvache 2012).

Dentro del manejo integrado de plagas existen diferentes tipos de controles, los cuales se presentan a continuación:

- a. **Control Biológico.** Tiene como objetivo principal fortalecer el control biológico natural ya existente, es decir, que toma en consideración factores abióticos, bióticos y enemigos naturales, para el manejo del agroecosistema. Trata de mantener la complejidad del sistema (Calvache 2012).
- Enemigos naturales que atacan a los insectos que son considerados una plaga, y a insectos que no son la plaga si no que dan a lugar la entrada de agentes oportunistas como hongos, bacterias o virus.
 - Plantas nectaríferas/nectarias: Atraen tanto a los insectos plaga como a los enemigos naturales de éstos.
- b. **Control natural.** Consta de un control biológico sin intervención humana (Calvache 2012).
- c. **Control cultural.** Consta de un conjunto de prácticas que previenen problemas de plagas y enfermedades. Está directamente relacionado al manejo fitosanitario y al proceso productivo. Dentro de las actividades que se pueden controlar en un vivero se encuentra: fertilización, manejo de aguas, eliminación de plántulas enfermas (Calvache 2012).
- d. **Control mecánico.** Se basa en la recolección manual, eliminación de nichos o sitios de refugio, colocación de barreras y trampas (Calvache 2012).
- e. **Control químico.** Como su nombre lo indica consiste en aplicación de sustancias químicas o mezclas de sustancias, que están destinadas a atraer, regular, o interrumpir el crecimiento de seres vivos considerados plagas (Calvache 2012).

- f. **Control legal.** Consta en prevenir la introducción y dispersión de las plagas mediante medidas cuarentenarias o mediante otras normativas establecidas por el país (Calvache 2012).
- g. **Control genético.** Consiste en utilizar plántulas con ciertas características genéticas que ayuden a evitar mucho daño por una plaga (Calvache 2012).

En resumen el manejo integrado de plagas es un método que se basa en una combinación de controles como el biológico, químico, natural, cultural, mecánico, legal y genético con el fin de determinar, monitorear, prevenir, evaluar económicamente y controlar de mejor manera una plaga.

III. JUSTIFICACIÓN

La palma africana (*Elaeis guineensis*) ha llegado a tener una gran importancia en la industria de aceite vegetal debido a que en comparación con otras plantas posee un rendimiento por hectárea mucho mayor. Se ha convertido en un cultivo de interés en las áreas tropicales, y en Guatemala según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), ya hay 110,000 ha sembradas de palma, alrededor de 15% del territorio. Actualmente Guatemala es uno de los productores de palma africana más eficientes de América Latina, con una producción de aceite de aproximadamente 7 toneladas de aceite por hectárea al año (GREPALMA, 2011), mientras la producción a nivel mundial es entre 3 y 4 ton/ha/año. La totalidad de la producción se comercializa localmente y se exporta el excedente a otros países.

El 1988 se registra el inicio formal de la siembra de dicho cultivo, sin embargo recientemente se constituyó una gremial, con el fin de promover el cultivo y a la vez ayudar a los productores a desarrollarse. A pesar de tener más de dos décadas en el cultivo, en Guatemala se carece de información documentada. Se depende de la experiencia y datos obtenidos en otros países.

En Tiquisate, Escuintla, Guatemala, se encuentra una finca que tiene un vivero con capacidad para mantener alrededor de 200,000 plántulas de palma africana. Por el tipo de clima del lugar, se presenta mayor incidencia de problemas con hongos durante los meses de octubre a enero. En el momento de la visita a la finca menos del 50% de las plántulas se ven afectadas, a pesar de esto, se desconoce el hongo fitopatógeno que está causando el daño. Por esto se ve la necesidad de empezar a documentar los hongos que afectan a la palma en el país y el control químico más eficaz, en este caso. De esta manera generamos datos propios de la zona productiva y podemos dejar de depender ciegamente de otros países y generar nuestra propia tecnología específica para el cultivo y la región.

IV. OBEJTIVOS

A. Generales

Identificación de hongos fitopatógenos que afectan el cultivo de palma africana y el control químico más eficaz de acuerdo a lo disponible y aceptable en el país.

B. Específicos

- Identificar el/los hongo(s) fitopatógeno(s) hasta género que está(n) ocasionando daños a la palma africana (*Elaeis guineensis*) en las primeras etapas de su crecimiento dentro del vivero en finca ubicada en Tiquisate, Escuintla, Guatemala.
- Comparar y seleccionar de los fungicidas disponibles (Mancozeb, Carbendazim, Captan y Clorotalonil), el fungicida más eficaz y la concentración más adecuada para el control de los principales hongos aislados.

V. METODOLOGÍA

A. Recolección de muestras:

Se inició este trabajo de investigación con una visita en febrero de 2012 al vivero de palma africana, ubicado en Tiquisate, Escuintla, en la finca Santa Marta, en dónde se buscó recolectar información de personas familiarizadas directamente con el cultivo. Se realizaron preguntas acerca de los síntomas encontrados, su aparición y evolución en las plantas y sobre medidas de control que se emplean.

Luego, con ayuda del encargado del vivero, se tomaron únicamente 11 muestras de hojas que presentaban síntomas de la enfermedad (Figura 8). Dichas muestras se preservaron en bolsas plásticas con algodón humedecido debidamente identificadas.

Figura 8. Síntomas presentados en las hojas jóvenes recolectadas de palma africana



Fuente: Fotografía tomada durante la visita a la finca

B. Aislamiento de hongo:

En el laboratorio se colocaron las muestras recolectadas en el refrigerador, para su conservación. Posteriormente, para la identificación del hongo se utilizaron dos métodos, cámara húmeda y aislamiento *in vitro*. De cada hoja se

hicieron dos cortes, uno destinado para la cámara húmeda y el otro para utilizarlo en los otros análisis para su identificación.

Antes de proceder a la ejecución del aislamiento se preparó el lugar de trabajo, se desinfectó y se hicieron cortes de tejido de aproximadamente 1 cm². Los cortes se desinfectaron, sumergiéndolos en el vidrio de reloj con cloro por un minuto, posteriormente se sumergieron en agua. Después cada corte se colocó en una caja de Petri, que contenía medio de cultivo de agar de papa (PDA), se selló con parafilm y se etiquetó apropiadamente. Hay que tomar en cuenta que en cada paso se desinfectaron las pinzas.

Las cajas de Petri, se dejaron a temperatura ambiente, y se observó el crecimiento de los hongos. Al observar presencia de esporas, se hicieron montajes con azul de lactofenol para poder identificar bajo el microscopio cada hongo. Se realizaron montajes con cortes de tejido de las hojas que se dejaron en la cámara húmeda

Para poder obtener una cepa pura de cada uno de los hongos encontrados, se tomó 1cm² de este crecimiento. Estos cortes se trasladaron a otras cajas de Petri, se sellaron con parafilm, se identificaron apropiadamente y se colocaron en la incubadora a 28°C.

C. Evaluación del fungicida más eficiente:

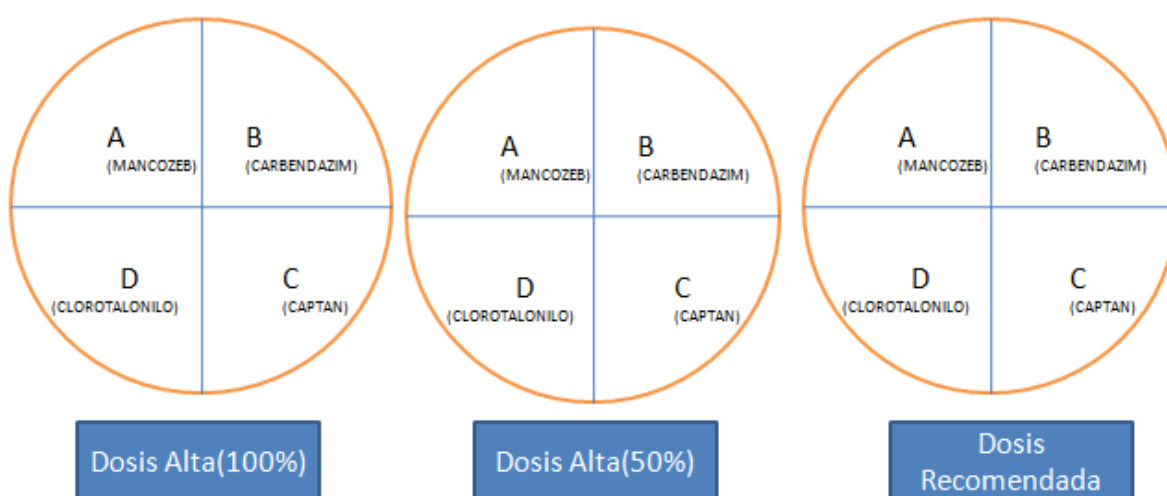
Se trabajó con 4 fungicidas diferentes siendo ellos, Mancozeb, Carbendazim, Captan y Clorotalonil. Por cada uno de ellos se establecieron 3 dosis diferentes, una recomendada, la otra 50% más que ésta y por último una que fuera el doble de la que se recomienda. Cada solución se preparó con material estéril el mismo día en el que iban a ser utilizadas. En el Cuadro 4 se muestran las dosis que se establecieron para cada fungicida.

Cuadro 4. Dosificación de fungicidas

Dosis	Mancozeb (A) g/250ml	Carbendazim (B) ml/250ml	Captan (C) g/250ml	Clorotalonil (D) ml/250ml
Recomendada	2.50	0.5	2.50	2.50
Alta 1(50%)*	3.75	0.7	3.75	3.75
Alta 2(100%)	5.00	1.0	5.00	5.00

1. Experimento No. 1. Para evaluar cuál de estos fungicidas tuvo efecto hacia la inhibición del crecimiento de los hongos encontrados, se evaluó la susceptibilidad por medio de discos de papel absorbente. Se trabajó en duplicado según la dosis del fungicida, por lo que se estableció que cada caja de Petri contendría 4 discos, uno con cada fungicida a una misma dosis, ya fuera la recomendada, alta 1 o alta 2. Para cada fungicida se utilizó un control. La Figura 9 presenta la disposición de los discos en los

Figura 9. Disposición de los discos con diferentes dosis de fungicidas



Se trabajó con PDA (Agar papa), y se agregaron 100 micro-litros de un antibiótico llamado estreptomina por cada 500 ml de medio PDA. Esto se hizo para evitar una contaminación por bacterias. Posteriormente se realizaron los siguientes pasos:

A cada caja de Petri se le agregaron 100 microlitros de medio con esporas, el cual se elaboró con aproximadamente 10 ml de medio de Cultivo Sabouraud y 2 cm² de hongo. Se decidió agregar esta cantidad de hongo, después de haber realizado un conteo de esporas, que reveló tener por 25 microlitros, 425 esporas para *Curvularia* y 377 para *Fusarium*. Realmente se decidió utilizar una cantidad media, con el fin de que el crecimiento de los hongos no fuese tan acelerado.

A cada disco se le agregaron 75 microlitros de fungicida se selló cada caja con parafilm, debidamente etiquetada y por tres días consecutivos, del 18 de julio al 20 de julio de 2012 se midió el radio del halo que se formó alrededor de los discos en centímetros.

El Cuadro 5 presenta un resumen del conteo de esporas encontrado en 25 µl de solución de ambos hongos. En la tabla el 1, 2 y 4 representa el área en cm de hongo desarrollado en un medio de cultivo. Es decir, en el caso del 1, se tomó un cuadrado de 1cm², se disolvió en medio Sabouraud líquido y de allí se tomó una muestra de 25 µl para realizar el conteo

Cuadro 5. No. de esporas en 25 μ l de solución de *Curvularia* y *Fusarium*

Hongo	Área en cm. de hongo desarrollado en medio de cultivo	No Esporas
<i>Curvularia</i>	1	123
	2	425
	4	560-621
<i>Fusarium</i>	1	136
	2	377
	4	269-352

2. Experimento No. 2 Este experimento únicamente se realizó para el hongo *Curvularia*, y se realizó con el fin de descartar que hubiese algún efecto cruzado entre los fungicidas y para conocer si existía alguna diferencia significativa entre las dosis establecidas, por medio de la prueba estadística de análisis de varianza de un solo factor (ANOVA). Se decidió trabajar cada fungicida con sus respectivas dosis por separado. Para esto se utilizaron cajas de Petri de 60*15 mm. Por cada fungicida se realizaron 30 muestras, es decir 10 repeticiones por dosis, llegando a tener un total de 120 cajas de Petri. Al principio se realizó el experimento en campanas, sin embargo se tuvo problemas con contaminación de bacterias a pesar de estar utilizando antibiótico para evitar dicho problema. Por esto al final se llevó a cabo en un área limpia y desinfectada con cloro al 10% y alcohol etílico al 70%. Se pusieron dos mecheros en el área y se trabajaron dos cajas de Petri a la vez, siguiendo los siguientes pasos:

- Se agregaron 100 microlitros de medio Sabouraud líquido con esporas del hongo, utilizando una micropipeta, a cada caja petri.
- Se esparció el medio Sabaoraud líquido con esporas del hongo con un asa de vidrio

- Se colocaron 75 microlitros de fungicida, con micropipeta en cada disco.
- Se colocaron los discos, utilizando una pinza, en la parte de en medio de la caja de Petri, con la concentración correspondiente.

Cabe resaltar que en cada paso se colocó la herramienta que se estuviese utilizando en la llama del mechero para evitar contaminación. Al igual que cada vez que se utilizó la micropipeta se le cambió la punta. Dicho procedimiento se realizó el 6 de noviembre y por tres días consecutivos, del 7 al 9, se midieron los halos formados. Se volvió a realizar el 20 de noviembre.

VI. RESULTADOS

A. Identificación del hongo

Por medio de los dos métodos de aislamiento se identificaron 6 géneros de hongos diferentes. Sin embargo, los únicos que se pudieron aislar fueron *Curvularia* y *Fusarium*. El primero se considera como el hongo principal en dicha investigación debido a los daños que puede causar. Se puede observar en el Cuadro 6 que el hongo que se encontró con más frecuencia fue el de *Curvularia*.

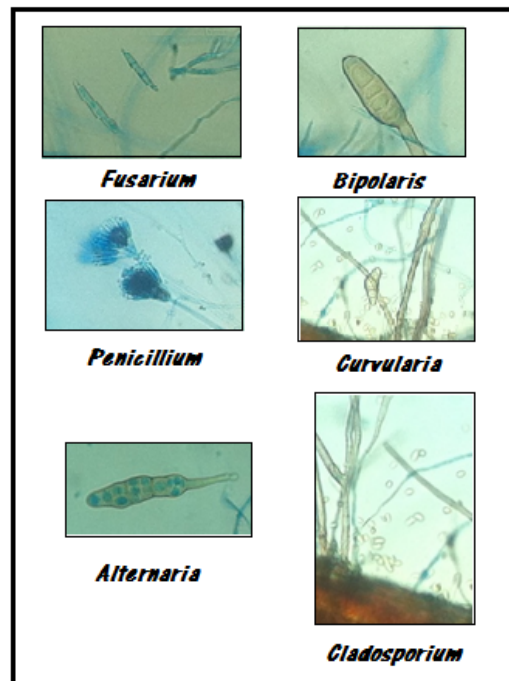
Cabe mencionar que en el Cuadro 6 únicamente aparece el resultado de las muestras analizadas, todas con presencia de algún hongo.

Cuadro 6. Género de hongos encontrados en las muestras recolectadas

No. de muestra (Hoja)	Aislamiento cámara húmeda	Aislamiento <i>in vitro</i>
1	<i>Curvularia</i>	<i>Penicillium</i>
2		<i>Bipolaris</i>
3	<i>Cladosporium, Curvularia</i> <i>Alternaria</i>	<i>Curvularia</i>
6	<i>Curvularia y Bipolaris</i>	
8		<i>Bipolaris</i>
11	<i>Penicillium</i>	<i>Fusarium</i>

Una fotografía de los hongos aislados de las hojas y su identificación aparecen en la Figura 10. Estas fotografías fueron tomadas de un microscopio compuesto a un aumento de 400X.

Figura 10. Fotografía de género de hongos identificados en muestras de palama africana provenientes de la Finca Santa Marta, Tiquisate, Escuintla, 2012.



B. Evaluación fungicidas

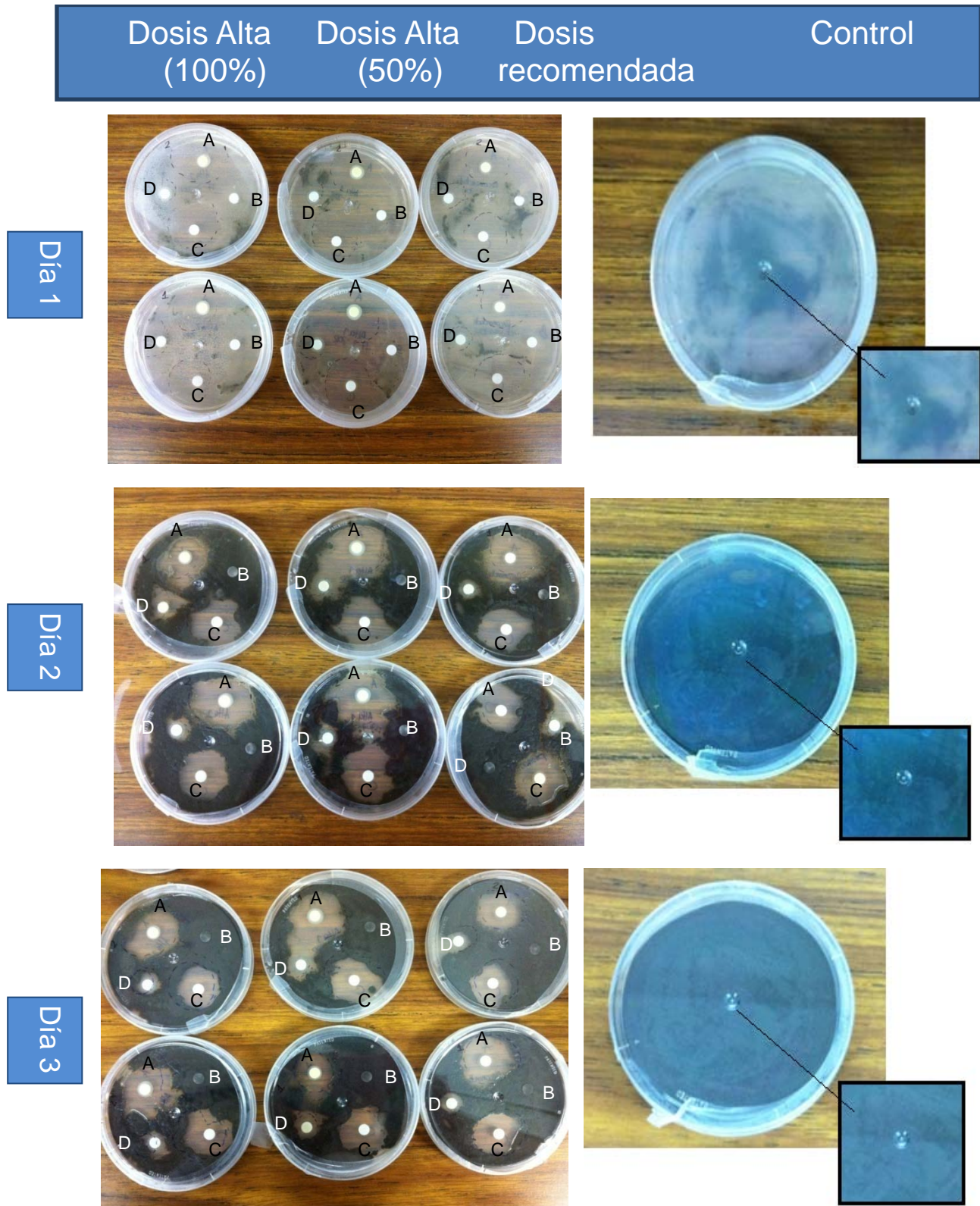
1. **Experimento No. 1.** El radio de los halos se midió por tres días consecutivos, del 18 de julio al 20 de julio de 2012. El primer día en el caso de *Curvularia*, se pudo observar un leve crecimiento, y se veían indicios de la formación de un halo, por lo que se procedió a pintar con un marcador dichos indicios y a medir el radio. Ahora bien con *Fusarium*, había crecimiento; sin embargo todavía no se podían visualizar de una forma clara los halos, por lo que no se tomaron medidas ese día. En el segundo día se podía ver con mucha claridad la formación de halos alrededor de los discos en *Curvularia* (Cuadro 7 y Figura 11), y ya se podía apreciar mejor en *Fusarium*, por lo que hasta ese día se tomó el radio de los halos. Cabe mencionar que el color del hongo ayudó mucho a la visualización de los círculos formados. En ambos casos después de una semana el radio de los halos permaneció igual.

a) *Curvularia*Cuadro 7. Ancho en centímetros de los halos formados según dosis de los 4 fungicidas para *Curvularia* (18-20 de julio de 2012)

Dosis	Muestra	Producto			
		Mancozeb	Carbendazim	Captan	Clorotalonil
		(A)	(B)	(C)	(D)
Recomendada	1	1.4	0	1.5	0.73
	2	1.4	0	1.27	0.73
50% más	1	1.6	0	1.57	0.67
	2	1.5	0	1.37	0.5
100% más	1	1.2	0	1.17	0.6
	2	1.57	0	1.4	0.63
Control	1	0	0	0	0

Se identificó que los fungicidas que tienen efecto sobre *Curvularia* son Mancozeb, Captan y Clorotalonil. Siendo Carbendazim el único fungicida que no presentó efecto alguno sobre la inhibición en el crecimiento del hongo. Cabe destacar que Clorotalonil presentó un efecto mínimo. De igual forma se pudo observar que a simple vista no hay mayor diferencia entre las dosis en ninguno de los fungicidas, es decir que la dosis alta no presenta mejores resultados que la recomendada. La Figura 11 muestra fotografías en donde se puede apreciar el crecimiento de *Curvularia* alrededor de los discos.

Figura 11. Representación gráfica del crecimiento de *Curvularia* alrededor de los discos (A: Mancozeb, B: Carbendazim, C: Captan y D: Clorotalonil)

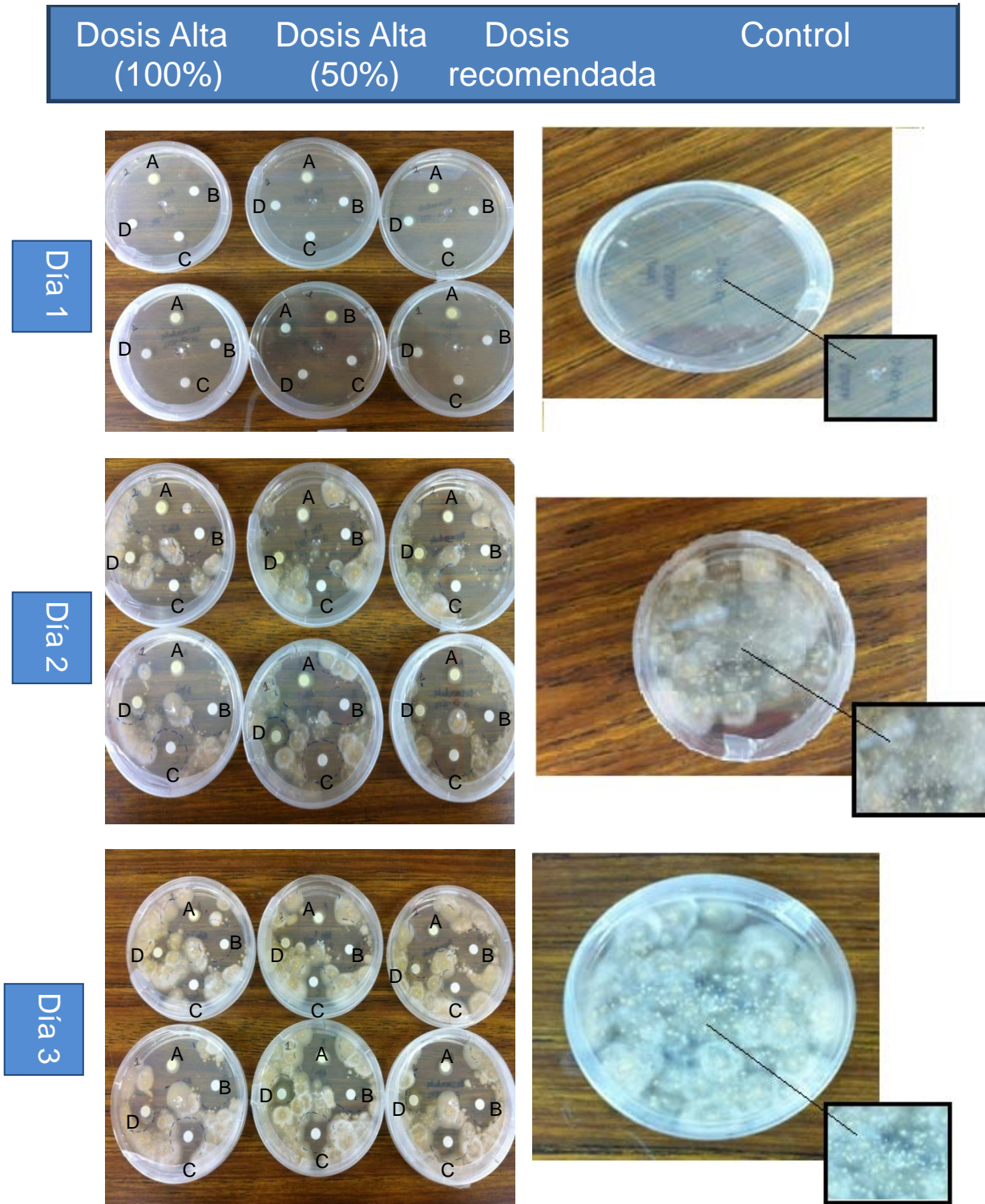


b) *Fusarium*Cuadro 8. Ancho en centímetros de los halos formados según dosis de los 4 fungicidas para *Fusarium*

Dosis	Muestra	Producto			
		Mancozeb(A)	Carbendazim(B)	Captan (C)	Clorotanol(D)
Recomendada	1	1.77	1.00	1.00	0.50
	2	1.53	1.07	1.07	0.50
50% más	1	1.43	1.07	1.07	0.67
	2	1.60	1.50	1.00	0.00
100% más	1	1.60	1.20	0.93	1.00
	2	1.33	1.10	1.00	0.50
Control	1	0	0	0	0

Se identificó que todos los fungicidas presentaron efecto sobre la inhibición del crecimiento de *Fusarium*, en donde destaca Mancozeb seguido de Carbendazim. Ahora bien cabe mencionar que en el caso de Captan se encontró que al tercer día su efecto se redujo presentándose una disminución en el radio del halo, debido al crecimiento del hongo más cercano al disco. Por lo que junto a Clorotalonil fueron los que mostraron un efecto mínimo sobre el hongo. Al igual que en el caso de *Curvularia*, a simple vista no se ve mayor diferencia entre las dosis en ninguno de los fungicidas, es decir que no se puede asegurar con certeza que la dosis alta presente mejores resultados que la recomendada. Por lo que se decidió realizar un segundo experimento para averiguar si la diferencia entre medias de los tratamientos era significativamente diferente, por medio de una prueba estadística ANOVA.

Figura 12. Representación gráfica del crecimiento de *Fusarium* alrededor de los discos (A: Mancozeb, B: Carbendazim, C: Captan y D: Clorotalonil)



2. **Experimento No. 2** El análisis de varianza (ANOVA) se realizó únicamente para los fungicidas Mancozeb y Captan. Esto se debe a que en el caso de Carbendazim, se pudo observar claramente que no había efecto. Ahora bien en el caso de Clorotalonil, el fungicida estaba contaminado por una bacteria del género *Pseudomona*, oxidasa positiva y fluorescente positivo. Los cuadros 9, 10 y 11 muestran los datos obtenidos de las mediciones de los anchos en cm al utilizar Mancozeb a dosis recomendada, Alta 1 y Alta 2 respectivamente. El cuadro 12 muestra los resultados del análisis de varianza y la significancia de la prueba.

Cuadro 9. Ancho del halo en cm al utilizar Mancozeb dosis recomendada (6 de noviembre de 2012)

Mancozeb Recomendado				
No	Ancho 1	Ancho 2	Ancho 3	Promedio
1	1.00	1.30	1.50	1.27
2	1.20	1.50	1.50	1.40
3	1.10	0.90	1.20	1.07
4	1.10	1.20	1.50	1.27
5	1.30	1.50	1.10	1.30
6	1.30	0.80	1.10	1.07
7	1.50	1.00	1.50	1.33
8	1.50	1.10	1.20	1.27
9	1.10	1.50	1.00	1.20
10	0.80	1.00	1.50	1.10

Cuadro 10. Ancho del halo en cm al utilizar Mancozeb dosis alta 1 (6 de noviembre de 2012)

Mancozeb Alta 1				
No	Ancho 1	Ancho 2	Ancho 3	Promedio
1	1.20	1.40	1.50	1.37
2	1.20	0.70	1.30	1.07
3	1.00	1.50	1.20	1.23
4	1.00	1.40	1.50	1.30
5	0.90	1.20	1.00	1.03
6	1.00	1.50	1.00	1.17
7	1.20	0.90	1.50	1.20
8	1.00	0.90	1.50	1.13
9	1.50	1.30	0.90	1.23
10	1.40	1.00	1.50	1.30

Cuadro 11. Ancho del halo en cm al utilizar Mancozeb dosis alta 2 (6 de noviembre de 2012)

Mancozeb Alta 2				
No	Ancho 1	Ancho 2	Ancho 3	Promedio
1	0.60	1.40	1.50	1.17
2	0.50	1.00	1.30	0.93
3	1.00	1.50	1.50	1.33
4	1.20	0.90	1.00	1.03
5	1.00	1.20	1.50	1.23
6	0.70	1.50	1.20	1.13
7	1.30	1.60	1.30	1.40
8	1.00	1.20	1.00	1.07
9	1.10	1.30	1.00	1.13
10	1.20	1.00	1.50	1.23

Cuadro 12. Resumen del análisis de varianza de un factor en Mancozeb

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Recomendada	10	12.27	1.23	0.01		
Alta 1	10	12.03	1.20	0.01		
Alta 2	10	11.67	1.17	0.02		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.02	2.00	0.01	0.62	0.54	3.35
Dentro de los grupos	0.40	27.00	0.01			
Total	0.41	29.00				

Por medio de este análisis de varianza se puede inferir que dado a que $F(0.62)$ es menor que el valor crítico(3.35) no existe una relación o diferencia significativa en cuanto que cada grupo de dosis del fungicida Mancozeb presente mejor efecto hacia la inhibición del crecimiento del hongo *Curvularia*. En otras palabras quiere decir que no hay una diferencia significativa en utilizar la dosis recomendada o altas. Las dosis altas 1 ó 2 no dan mejores resultados que la recomendada pero puede inducir resistencia más rápido. En las Figuras 13,14 y 15 se presentan las fotografías de los controles y los anchos de los halos de las 10 repeticiones de cada dosis (recomendada, alta 1 y alta 2) utilizando Mancozeb para *Curvularia*.

Figura 12. Fotografía de las 10 repeticiones y 5 controles utilizando dosis recomendada de Mancozeb para *Curvularia* por tres días

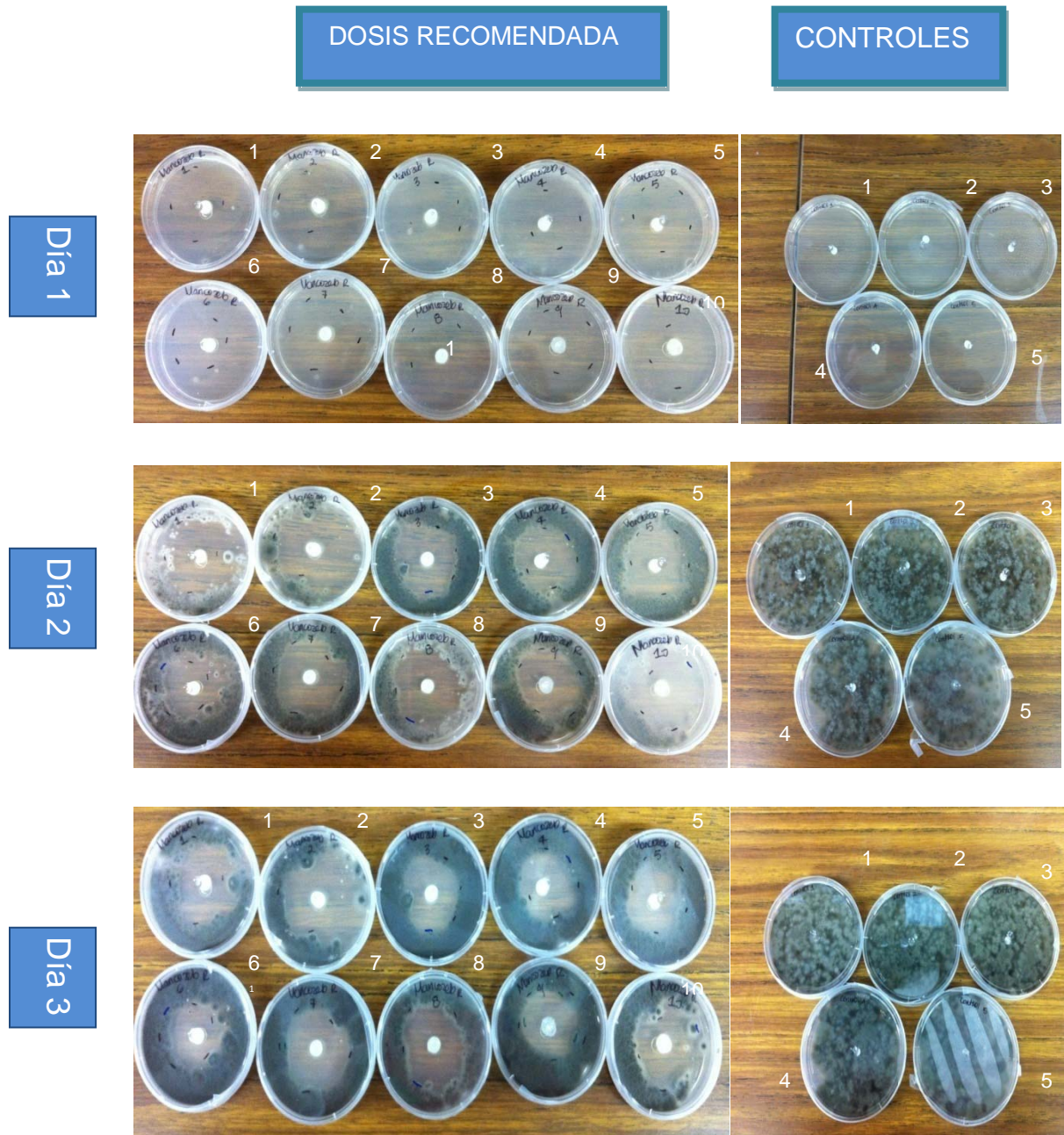


Figura 13. Fotografía de las 10 repeticiones y 5 controles utilizando dosis alta 1 de Mancozeb para Curvularia por tres días

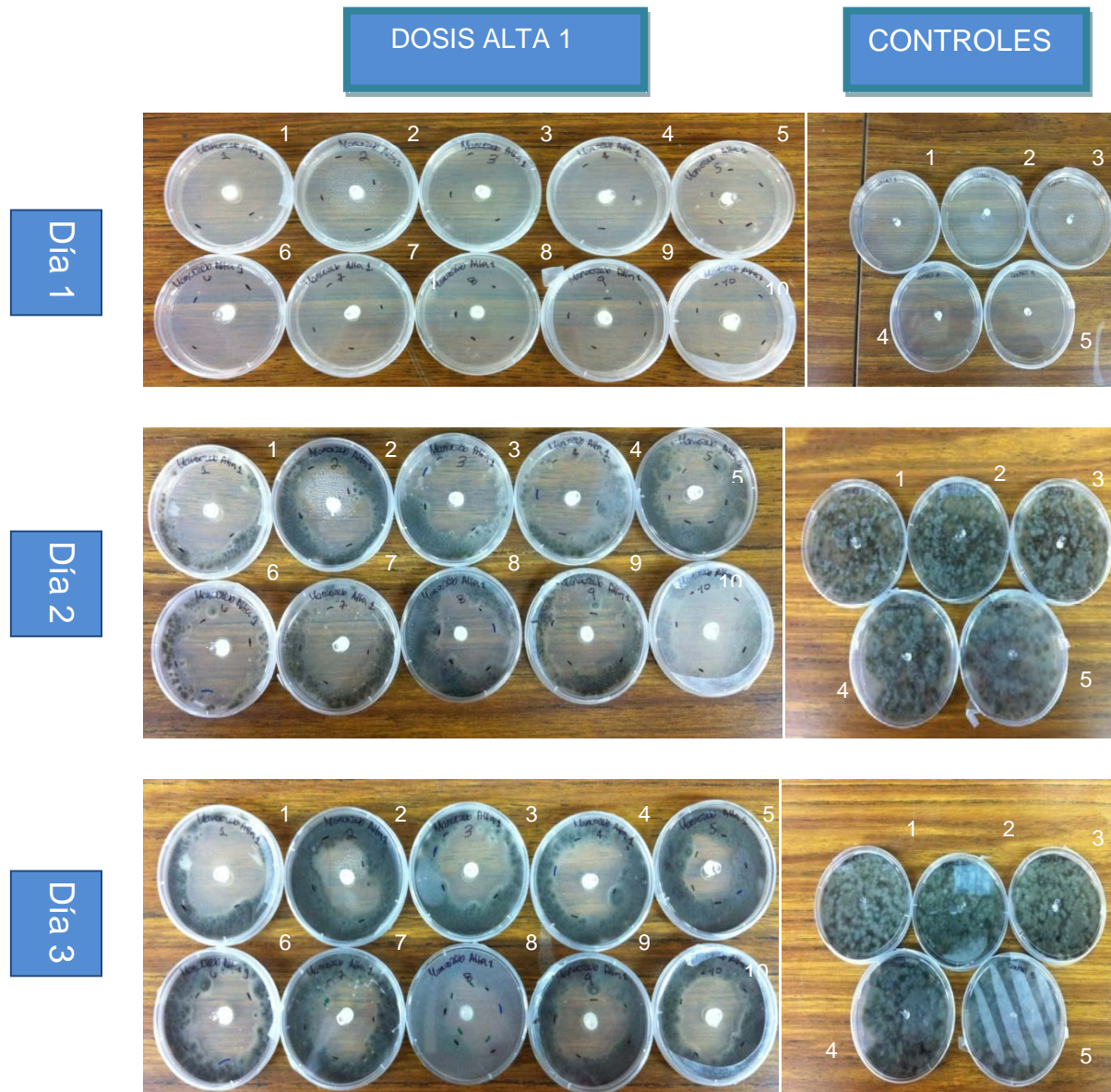
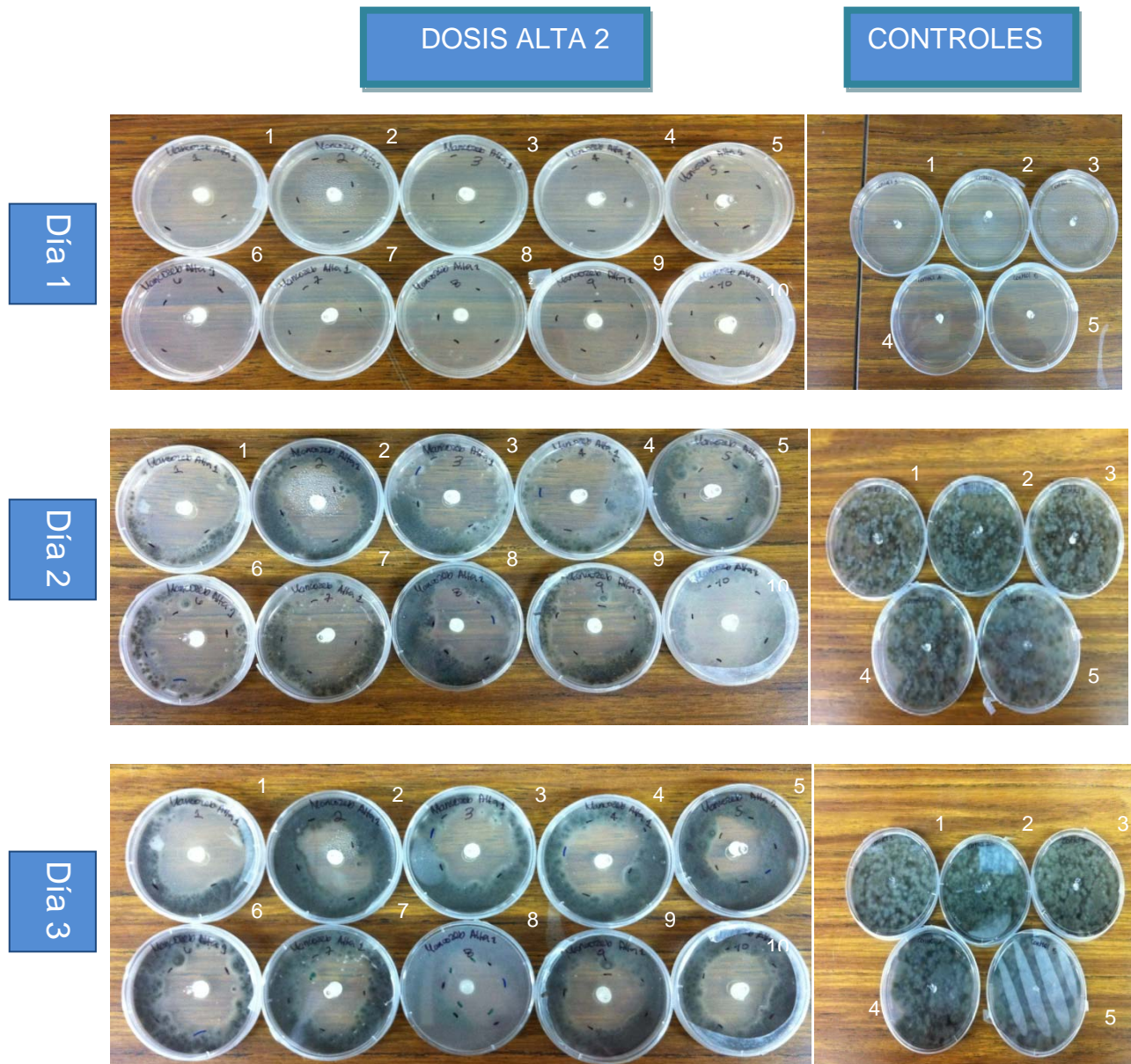


Figura 14. Fotografía de las 10 repeticiones y 5 controles utilizando dosis alta 2 de Mancozeb para *Curvularia* por tres días



Los resultados obtenidos de las mediciones de los anchos de los halos para Captan se muestran en los Cuadros 13, 14 y 15 y el Cuadro 16 presenta los resultados del ANOVA para averiguar la significancia de usar dosis más altas.

Cuadro 13. Ancho del halo en cm al utilizar Captan dosis recomendada (20 de noviembre de 2012)

Captan Recomendado				
No	Radio 1	Radio 2	Radio 3	Promedio
1	1.30	1.00	0.60	0.97
2	1.30	0.60	1.50	1.13
3	1.10	0.80	1.50	1.13
4	0.20	0.50	1.10	0.60
5	0.50	1.00	1.50	1.00
6	0.20	0.20	0.20	0.20
7	0.50	0.80	1.10	0.80
8	0.40	1.00	1.20	0.87
9	0.60	1.00	1.30	0.97
10	0.60	1.10	1.50	1.07

Cuadro 14. Ancho del halo en cm al utilizar Captan dosis Alta 1 (20 de noviembre de 2012)

Captan Alta 1				
No	Radio 1	Radio 2	Radio 3	Promedio
1	0.70	0.60	0.90	0.73
2	0.70	1.50	1.00	1.07
3	0.50	1.00	1.00	0.83
4	2.00	1.50	0.60	1.37
5	0.50	1.10	0.70	0.77
6	1.50	1.70	1.10	1.43
7	1.00	1.20	0.80	1.00
8	0.60	1.50	1.30	1.13
9	0.70	1.00	1.50	1.07
10	1.00	1.20	0.80	1.00

cuadro 15. Ancho del halo en cm al utilizar Captan dosis Alta 2 (20 de noviembre de 2012)

Captan Alta 2				
No	Radio 1	Radio 2	Radio 3	Promedio
1	0.90	1.30	1.10	1.10
2	1.50	0.70	1.10	1.10
3	1.00	0.90	1.20	1.03
4	1.00	1.20	1.00	1.07
5	0.90	1.00	1.50	1.13
6	1.00	1.20	1.50	1.23
7	0.50	0.70	1.40	0.87
8	1.00	1.00	0.70	0.90
9	1.20	1.50	1.20	1.30
10	1.50	1.10	2.00	1.53

Cuadro 16. Resumen de análisis de Varianza de un factor en Captan

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Recomendada	10	8.73	0.87	0.08
Alta 1	10	10.40	1.04	0.05
Alta 2	10	11.27	1.13	0.04

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.33	2.00	0.17	2.86	0.07	3.35
Dentro de los grupos	1.57	27.00	0.06			
Total	1.90	29.00				

Por medio de este análisis de varianza se puede inferir que dado a que $F(2.86)$ es menor que el valor crítico(3.35) no existe una relación o diferencia significativa en cuanto que cada grupo de dosis del fungicida Captan presente

mejor efecto hacia la inhibición del crecimiento del hongo *Curvularia*. En otras palabras quiere decir que no hay una diferencia significativa en utilizar la dosis recomendada de las altas. Las dosis altas 1 ó 2 no dan mejores resultados que la recomendada pero puede inducir resistencia más rápido e incurrir en mayores gastos. En las Figuras 16,17 y 18 se presentan las fotografías de los controles y los anchos de los halos de las 10 repeticiones de cada dosis (recomendada, alta 1 y alta 2) utilizando Captan para *Curvularia*

Figura 15. Fotografía de las 10 repeticiones y 5 controles utilizando dosis recomendada de Captan para *Curvularia* por tres días

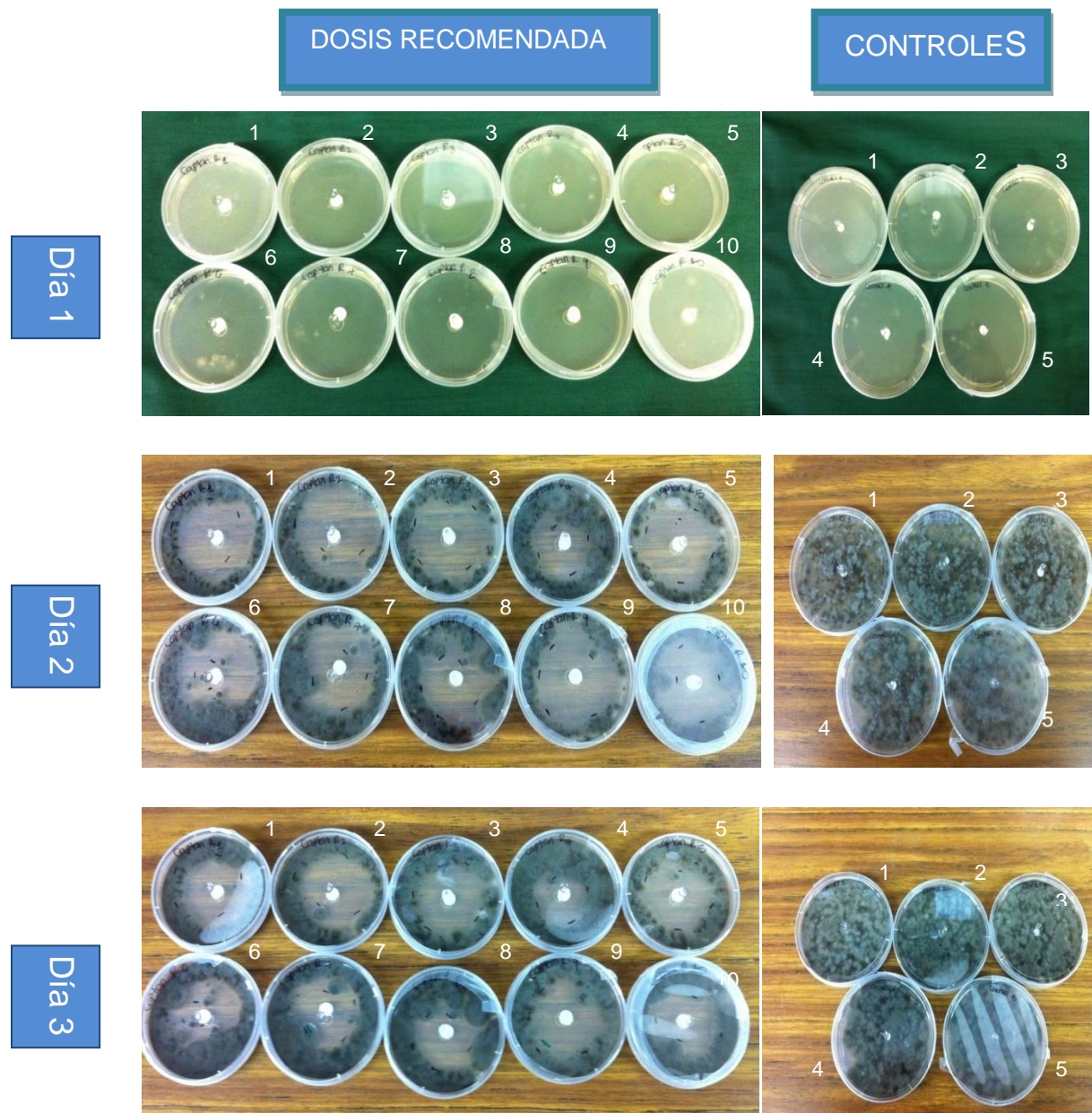


Figura 16. Fotografía de las 10 repeticiones y 5 controles utilizando dosis alta 1 de Captan para Curvularia por tres días

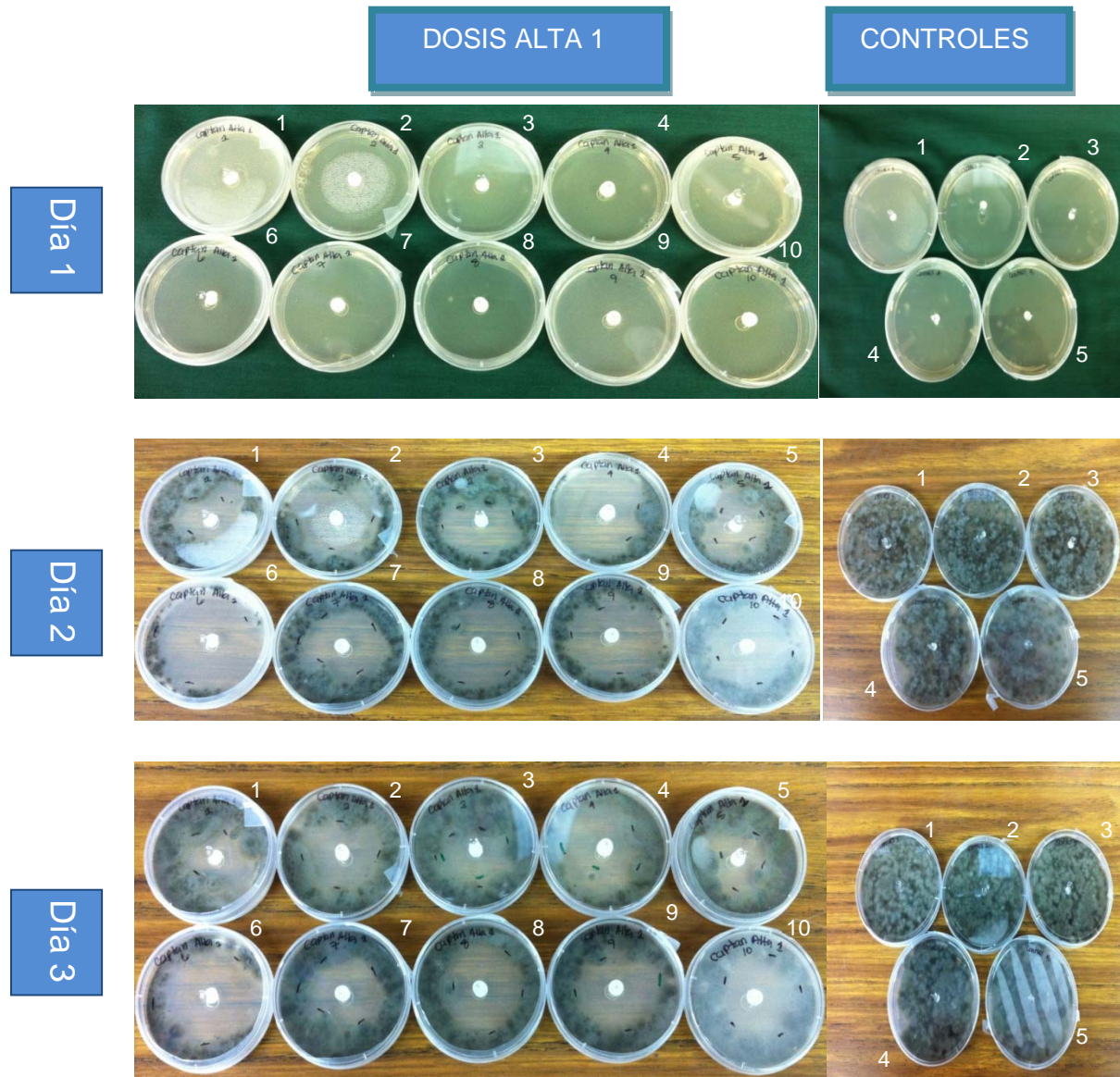
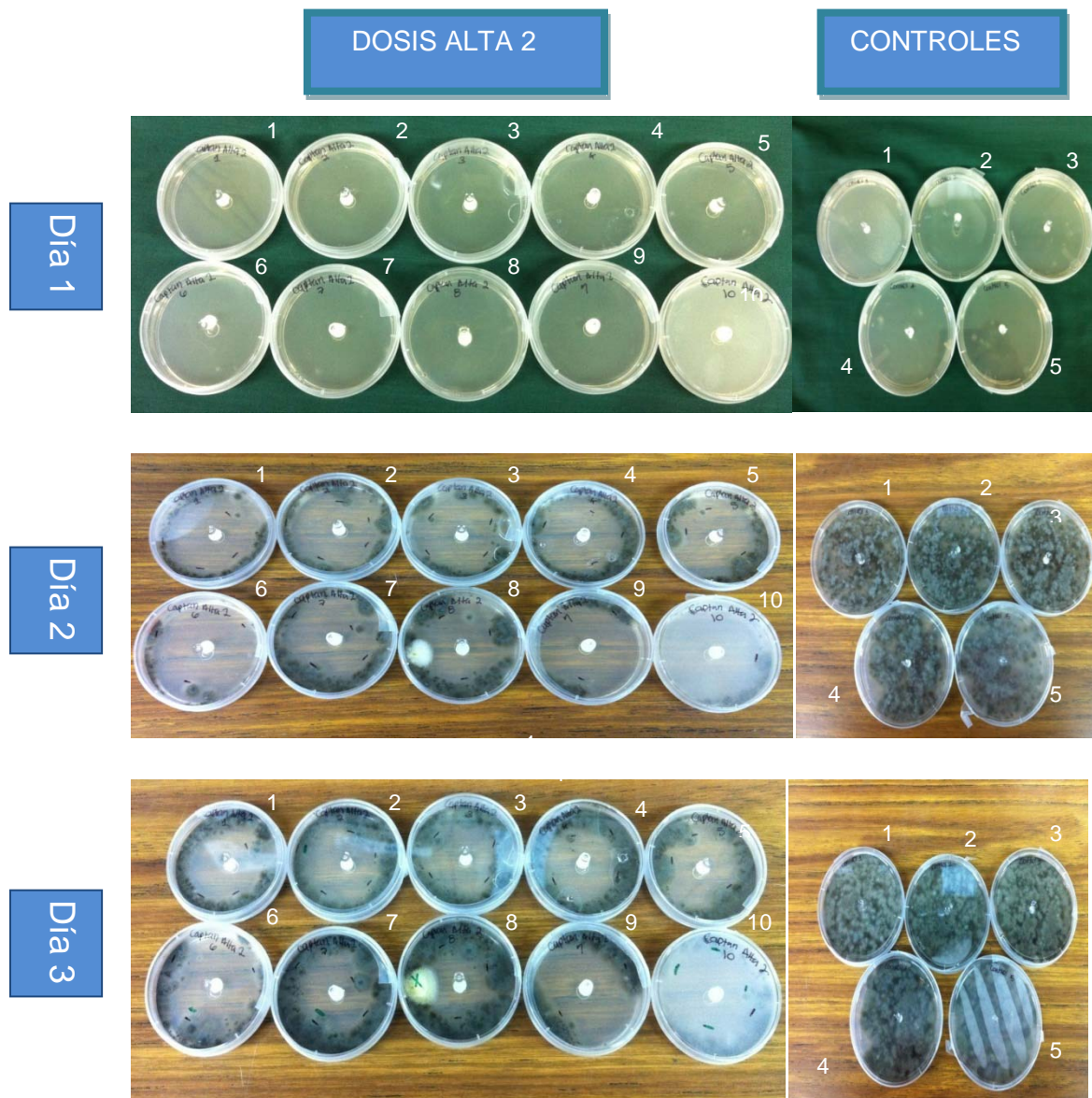


Figura 17. Fotografía de las 10 repeticiones y 5 controles utilizando dosis alta 2 de Captan para Curvularia por tres días



VII. DISCUSIÓN

El objetivo principal al realizar dicha investigación consistió en identificar los hongos presentes en las hojas de la palma africana en su desarrollo en el vivero en una finca ubicada en Tiquisate, Escuintla. Además de evaluar la eficacia de cuatro fungicidas (Mancozeb, Carbendazim, Captan, Clorotalonil) con tres diferentes dosis hacia los hongos encontrados.

La identificación de los hongos se llevó a cabo por medio de dos métodos: Cámara húmeda e *In Vitro*. En donde se encontraron seis géneros diferentes, siendo éstos *Curvularia* sp., *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp., y *Bipolaris* sp.

De los géneros mencionados con anterioridad, el más importante en la etapa de vivero es *Curvularia* sp., esto se debe a que según la literatura es uno de los hongos que puede ser el agente causal de una enfermedad llamada Pestalotiopsis. Aunque el género que se ha encontrado con más frecuencia responsable de dicha enfermedad ha sido *Pestalotia palmarum*. Sin embargo, *Curvularia* está entre los hongos que pueden causar lesiones sobre las cuales dicha enfermedad se establece. Al igual que permite que otros hongos oportunistas se desarrollen (Escalante *et al.* 2010).

Así también en la etapa adulta de la planta, de los hongos encontrados, el más importante es *Fusarium* sp., debido a que provoca una enfermedad muy común en África que se llama Marchitez por *Fusarium*. Sin embargo, en Guatemala no se ha reportado dicha enfermedad. Ahora bien los otros géneros se consideran como hongos oportunistas, debido a que no se han registrado daños severos causados por éstos. Por esto, la investigación se concentró en *Curvularia* sp. y *Fusarium* sp. Se aislaron dichos hongos con el fin de obtener una cepa pura.

En el caso de *Fusarium* este proceso se realizó con mayor facilidad, sin embargo con *Curvularia* tomó tiempo debido a que en algunos casos se

encontraba asociado con *Bipolaris*. Por otro lado con respecto a la esporulación de los hongos, se observó que *Curvularia* tuvo mayor problema, por esto se hicieron pruebas del crecimiento *in vitro* a distintas temperaturas (temperatura ambiente, 28°C y 30°C). Al contar con suficientes esporas, el crecimiento de *Curvularia* fue más acelerado que el de *Fusarium* y más notorio por el color de las esporas.

Previo a analizar los resultados obtenidos cabe explicar cómo funciona cada fungicida, con el fin de comprender mejor lo que sucedió. Mancozeb es un carbamato, protectante, de contacto, de acción multisitio, esto quiere decir que interfiere en el mecanismo de respiración de los hongos, por lo que inhibe la germinación de las esporas. Captan tiene el mismo modo de acción que Mancozeb con la diferencia que pertenece a la clase de fungicidas con el grupo químico de ftalimida. De igual forma Clorotalonil es un fungicida de contacto, únicamente que su grupo químico es Cloronitrilo. Carbendazim es un fungicida sistémico de amplio espectro, que tiene como grupo químico el Benomilo (Agrocentro 2012). Se trabajó con tres fungicidas de contacto, con diferentes grupos químicos de acción, y con un fungicida sistémico (Carbendazim).

En el experimento No. 1, en el caso de *Curvularia* se obtuvo que en las 3 dosis (recomendada y las dos altas), los fungicidas Mancozeb y Captan presentaron mejores resultados, seguidos de Clorotalonil, y no se presentó efecto alguno con Carbendazim. Esto nos indica que en este caso los fungicidas de contacto fueron más eficaces que el sistémico. Por otro lado también se infiere que el grupo químico influye en los resultados.

Siguiendo con *Fusarium* se encontró que todos los fungicidas tuvieron efecto en el siguiente orden Mancozeb, Carbendazim, Captan y Clorotalonil. En este caso se observa que sigue teniendo mejor efecto un fungicida de contacto, aunque el fungicida sistémico sí presenta alguna eficacia. Lo que se podría considerar como un efecto por la estructura del hongo. En ambos casos los fungicidas de contacto, Mancozeb y Captan, presentaron mejores efectos hacia la inhibición del crecimiento de los hongos, es decir, que poseen grupos químicos que atacan de mejor manera a éstos. En cambio Clorotalonil presentó un efecto

leve y mínimo. Según información encontrada en casas distribuidoras de fungicidas se recomienda utilizar Clorotalonil para controlar *Fusarium*, pero cuando se encuentra en afecciones causadas hacia la raíz de la planta, por lo que posiblemente podría ser una especie diferente la que ataca el follaje.

En este experimento, se encontró la posibilidad de que pudiese existir un efecto sinérgico entre fungicidas. Lo cual se puede ver claramente tanto en la Figura 11 como en la 12, donde se aprecia con claridad que hay unos halos que no están totalmente cerrados. Por lo que, al conocer los datos del experimento No. 2, se podrá con la simple comparación del ancho en cm de los halos, determinar si existe dicho efecto sinérgico.

En el experimento No. 2, que únicamente se llevó a cabo para el hongo *Curvularia*, se puede observar que los datos obtenidos del ancho de los halos en cm de Mancozeb y Captan varían un poco en comparación con los obtenidos en el experimento anterior. Por lo que nos indica que sí había un efecto cruzado entre fungicidas. Sin embargo, el orden de la eficacia no cambió, en ambos experimentos se comprueba que Mancozeb presenta mejores resultados que Captan.

Según la literatura encontrada, el control sugerido para *Curvularia*, varía dependiendo del país. En Nicaragua se recomienda utilizar Mancozeb (Rothschuh 1983). En Colombia se recomienda utilizar Captan (Sánchez 1990). En México se recomienda utilizar Captan y Clorotalonil (inifap 2011). Por lo que vemos que hay discrepancia con respecto al fungicida recomendado para controlar a *Curvularia*, lo que nos lleva a que es necesario realizar más investigaciones dentro del país, para conocer qué tipo de controles y manejo son los más adecuados. Según el experimento realizado, Mancozeb es el fungicida que se recomienda para el país.

Para ambos fungicidas, se llevó a cabo la prueba estadística de análisis de varianza de un factor (ANOVA), con el fin de conocer si existía una diferencia significativa entre las dosis escogidas. En ambos casos se encontró que debido a que sus valores de "F" eran menores que el valor de "F crítico", se concluyó que

no existe una diferencia significativa entre la dosis recomendada y las altas. Esto indica que al usar el doble de la dosis recomendada no se obtiene un resultado significativamente mejor. Aunque cabe destacar que en el caso de Captan, su valor de "F" (2.86) fue mucho mayor que el de Mancozeb (0.62), lo que nos indica que el valor de la dosis Alta 2 de este fungicida está próxima a una dosis estadísticamente significativa. Sin embargo, hay que notar que la diferencia entre grupos es bastante pequeña pero la diferencia dentro de los grupos es mayor, esto nos indica que se necesitan más repeticiones para reducir este número.

Para los otros fungicidas, Carbendazim y Clorotalonil, sucedió lo siguiente. Dado a que en el primer experimento se encontró que Carbendazim no presentaba ningún efecto sobre la inhibición del crecimiento del hongo, no se realizaron más pruebas para este fungicida. En el caso de Clorotalonil, se encontró el problema de la contaminación por una bacteria del género *Pseudomona*, oxidasa positiva y fluorescente positivo. Debido a este contaminante no se pudo desarrollar el segundo experimento para este fungicida.

Es importante mencionar que debido a los resultados obtenidos con Mancozeb y Captan, no es razonable que en el campo se invierta en aplicar el doble del fungicida. Esto es importante ya que no se obtiene un resultado estadísticamente diferente y se evitan otros problemas como el estímulo de resistencia en el patógeno, más rápido.

Hablando del manejo de una plantación, el control químico juega un papel importante, aunque no hay que dejar a un lado el mantener un ecosistema complejo y mantener un balance en los niveles de nutrientes. Esto se debe a que hay mayor incidencia de enfermedades cuando hay exceso o deficiencia de algunos nutrientes. Al conservar un ecosistema complejo se logra obtener un equilibrio en la naturaleza, permitiendo que haya un buen control natural. También hay que buscar otras opciones que puedan sustituir al químico para que no establezca una resistencia demasiado rápido.

VIII. CONCLUSIONES

En las muestras de las hojas tomadas del vivero en la finca ubicada en Tiquisate, Escuintla, se encontraron seis géneros de hongos *Curvularia* sp., *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp., y *Bipolaris* sp. El más importante para la etapa del vivero fue *Curvularia* sp., debido a que puede conllevar al desarrollo de enfermedades de alta importancia como Pestalotiopsis, fue el más abundante y permite la entrada de hongos oportunistas.

Los fungicidas Mancozeb, Captan y Clorotalonil (fungicidas de contacto), tuvieron algún efecto sobre el crecimiento de *Curvularia*. Carbendazim (fungicida sistémico) no tuvo ningún efecto sobre *Curvularia*. Se encontró que en el caso de *Curvularia* los fungicidas de contacto fueron los únicos efectivos. Mancozeb y Captan fueron los que destacaron más. Ahora bien en el caso de *Fusarium*, se observó que todos los fungicidas tuvieron algún efecto hacia la inhibición del crecimiento del hongo. En donde los más efectivos fueron Carbendazim y una vez más Mancozeb. Es importante mencionar que a pesar que Captan tuvo algún efecto hacia *Fusarium*, a los pocos días se redujo el ancho del halo, por lo que el efecto no es prolongado ni residual.

No se encontró diferencia significativa entre las dosis recomendada y las dosis altas en los ANOVAS que se hicieron con Mancozeb y Captan para *Curvularia*. No se puede concluir si Clorotalonil tiene cierto efecto hacia *Curvularia*, pero si lo tiene es escaso.

El fungicida que presenta mejor efecto sobre ambos hongos es Mancozeb. Las dosis recomendadas son efectivas y se recomienda usarlas ya que dosis mayores no muestran diferencia significativa en su efecto y pueden causar otros problemas.

IX. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un estudio que involucre la aplicación de los mismos fungicidas a las dosis establecidas en plántulas afectadas por *Curvularia* y *Fusarium* a nivel invernadero o directamente en campo con el fin de comparar resultados *in vitro* con el de las plántulas.
2. Se sugieren realizar el mismo experimento con más repeticiones para reducir la diferencia dentro de los grupos.
3. Se recomienda seguir recopilando y creando información de la palma africana en Guatemala, con el fin de crear una base de datos para este país.
4. Se aconseja estudiar la resistencia que se puede desarrollar hacia los fungicidas y sobre todo el tiempo que tarda en desarrollarse.

X. LITERATURA CITADA

1. Chinchilla, Carlos y R. Escobar. 2007. *El anillo rojo y otras enfermedades de la palma aceitera en Centro y Suramérica*. Costa Rica. ASD oil palm papers, N30 1-27. <http://www.asd-cr.com/paginas/espanol/articulos/bol30-1sp.html>
2. Corley, R y P.B Tinker. 2008. *The oil palm book*. 4 ed. Blackwell science. Gran Bretaña. 592 pp
3. Escalante, M. et al.. 2010. *Diagnóstico y evaluación de Pestalotiopsis e insectos inductores en plantaciones de palma aceitera al sur del lago de Maracaibo, Venezuela*. Venezuela. Bioagro 22(3):211-216. <http://www.scielo.org.ve/pdf/ba/v22n3/art06.pdf>
4. Grepalma (Gremial de Palmicultores). 2010. *La palma en Guatemala, Guatemala*. <http://www.grepalma.org/>
5. Hartley, Charlie. 1979. *The oil palm (Elaeis guineensis Jacq.)*. Gran Bretaña. Longmans. 592pp
6. Labarca, M, N. Sanabria y A. Arcia. 2006. *Patogenicidad de Pestalotiopsis palmarum Cooke, sobre plantas de vivero de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq)*. Unviersidad de Zulia, Venezuela. Rev.Fac.Agron. (LUZ) 23:417-424. http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/octubre_diciembre2006/mlabarca.pdf
7. Loor, Jose. 2008. *Estudio de la combinación de fertilizantes químicos en vivero de palma aceitera híbrida(Elaeis oleífera* Elaeis guineensis) para optimizar el desarrollo en palmeras del ecuador-Cantón Shushufindi*. Ecuador. http://www.agrytec.com/agricola/images/stories/auspiciante_secundario/agrociencias/tesis_palma.pdf
8. Martínez, Gerardo, et al. 2010. *Avances en la investigación de Phytophthora palmivora el agente causal de la pudrición el cogollo de la palma de aceite en Colombia*. Revista palmas 31(3):53-63.
9. Mielke I. 2010. *Oil World Annual 2010*. Hamburg, Alemania. www.oilworld.biz

10. MPOC (Malaysian Palm Oil Council)-MPOB (Malaysian Palm oil Board) 2010. *Palm oil development and performance in Malaysia*. Malaysia. <http://www.americanpalmoil.com/pdf/USITCpre-PublicHearing-V2.pdf>
11. Raygada, Ruperto. 2005. *Manual técnico para el cultivo de la palma aceitera*. PRODATU DEVIDA. Perú. 104 pp.
12. Rothschuh, Julio. 1983. *Guía Técnica para el cultivo de Palma Africana (Elaeis guineensis, Jacq.)*. Nicaragua. 28pp
13. Sáenz, Livio. 2006. *Cultivo de la Palma Africana Guía Técnica*. Managua, Nicaragua. IICA. Pp. 3-22.
14. Sánchez, Alberto. 1990. *Enfermedades de la palma africana de aceite en America Latina*. Revista Palmas4(2): 38
15. Weng, C; A. Tarmizi y W. Omar. 2001. *Avances en el manejo de fertilizante en la industria de la palma de aceite*. Cenipalma. PALMAS 22(3):9.