

**Cuantificación de la intensidad y pérdidas
potenciales producidas por la marchitez del
maní, Comasa, Nicaragua**

Carlos Alfredo Deshon Gasteazoro

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2015

ZAMORANO
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN DE AGRONEGOCIOS

Cuantificación de la intensidad y pérdidas potenciales producidas por la marchitez del maní, Comasa, Nicaragua

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Administración de Agronegocios en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Carlos Alfredo Deshon Gasteazoro

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2015

Cuantificación de la intensidad y pérdidas potenciales producidas por la marchitez del maní, Comasa, Nicaragua

Presentado por:

Carlos Alfredo Deshon Gasteazoro

Aprobado:

Wolfgang Pejuán, Ph.D.
Asesor principal

Rommel Reconco, M.A.E, M.F.
Director
Departamento de Administración de
Agronegocios

Claudio Oddino, M.Sc.
Asesor

Raúl H. Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Cuantificación de la intensidad y pérdidas potenciales producidas por la marchitez del maní, Comasa, Nicaragua

Carlos Alfredo Deshon Gasteazoro

Resumen. El cultivo del maní (*Arachis hypogaea* L.) es uno de los cultivos de mayor importancia en Nicaragua por generar ingresos anuales mayores a los \$100,000,000. Actualmente se presenta una enfermedad en el maní de gran preocupación en los productores en Nicaragua. El objetivo del estudio fue evaluar el agente causal y estimar las pérdidas económicas producidas por esta enfermedad durante la campaña 2014. Para la determinación del agente causal se muestreó, en un total de 10,600 ha, 60 plantas con síntomas de marchitez. El laboratorio de Comasa realizó aislamientos para determinar el patógeno causante de la marchitez del maní en Nicaragua, identificándose dos especies del género *Fusarium*, *F. solani* y *F. oxysporum*; aislándose la primera especie con mayor frecuencia que la segunda. El método utilizado para verificar el patógeno son los postulados de Koch. Para la determinación de la intensidad de la enfermedad se evaluaron 34 fincas en total, lo que equivalen a 10,600 ha, siendo esta área el 17% del área sembrada de maní en Nicaragua. En las fincas muestreadas se estimó un 57% de prevalencia, un 21% de incidencia y un grado de severidad de 0.42 en el total de terrazas afectadas. Se estimó las pérdidas potenciales de producción de 519.25 kg/ha que equivalen en pérdidas económicas de \$214.69/ha.

Palabras clave: *Arachis hypogaea*, *fusarium*, patógeno.

Abstract: Peanut (*Arachis hypogaea* L.) is one of the most important crops in Nicaragua generating annual revenues above \$100,000,000. Currently, a new disease in peanuts is of great concern to producers in Nicaragua. The objective of the study was to evaluate the causal agent and estimate the potential economic losses caused by this disease during the 2014 season. For determining the causal agent, 60 plants with wilt symptoms were sampled out of 10,600 ha. Comasa Laboratory conducted isolations to determine the pathogen causing the wilting of peanuts in Nicaragua. Two species of the genus *Fusarium*, *f. solani* and *f. oxysporum* were identified causing the wilt; the first species being more frequently isolated than the second. The method used to verify the pathogen is Koch's postulates. For determining the intensity of the disease, 34 farms were evaluated, which are equivalent to 10,600 ha, this area being 17% of the total sown area of peanuts in Nicaragua. Sampled farms presented 57% of prevalence, 21% of incidence and a degree of severity of 0.42 in the total number of affected terraces. Estimated potential losses are of 519.25 kg/ha equivalent to \$214.69/ha in economic losses.

Key words: *Arachis hypogaea*, *fusarium*, pathogen.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros y Figuras	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES	17
5. RECOMENDACIONES	18
6. LITERATURA CITADA.....	19

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Prevalencia de la marchitez del maní (% de terrazas con enfermedad) en diferentes fincas de la zona manisera del occidente de Nicaragua, 2014.....	10
2. Incidencia y severidad de la marchitez del maní en la región manisera occidente de Nicaragua, 2014.....	11
3. Número y peso de cápsulas de maní por terraza en 23 fincas con sectores con síntomas de marchitez en grado 3 y sin síntomas de marchitez de la región manisera occidental de Nicaragua, 2014.	14
4. Pérdidas potenciales de producción (kg/ha) y pérdidas económicas (\$/ha) de maní en cada finca, producidas por la marchitez en la región manisera occidental de Nicaragua, 2014.	16

Figuras	Página
1. (A) Aislamiento de <i>Fusarium solani</i> proveniente de raíces de maní (variedad Georgia 06G) (B) Macroconidias y microconidias de <i>Fusarium solani</i> en 40 X Nicaragua, 2014.....	8
2. (A) Aislamiento de <i>Fusarium oxysporum</i> proveniente de raíces de maní (Variedad Georgia 06G) (B) Macroconidias y microconidias de <i>Fusarium oxysporum</i> en 40 X. Nicaragua, 2014.	8

1. INTRODUCCIÓN

El maní (*Arachis hypogaea* L.) es originario de Sudamérica, precisamente de la región noroeste de Argentina y Bolivia. Su domesticación se inició hace aproximadamente 3,900 años. Es un importante cultivo en zonas tropicales, subtropicales y templadas de Asia, América y África. Es usado como alimento humano directo (grano) o indirecto (manteca, aceite), e incluso como forraje (Hammons, 1994).

La producción mundial se encuentra en expansión, con aproximadamente 36 millones de toneladas de maní en cápsula y 6 millones de toneladas de aceite (Moretzsohn *et al.*, 2006). Los principales países productores son China, India y EE.UU., y los mayores exportadores EE.UU., Argentina y China. Los principales mercados importadores son la Unión Europea, Indonesia y Japón (Busso *et al.*, 2004).

En Nicaragua la superficie sembrada anualmente con maní supera las 60,000 ha. Es un importante cultivo para el país por los ingresos, exportaciones y la mano de obra que el mismo ocupa (MAGFOR, 2015). Las exportaciones de los últimos años han sido superiores a los \$100,000,000 (USPANIC, 2014).

En Argentina las enfermedades causadas por patógenos del suelo en las áreas de producción causan reducciones importantes de rendimiento de maní (Marinelli *et al.*, 1998). Se puede tener pérdidas entre 14 y 18 millones de dólares a nivel mundial en algunas campañas (March *et al.*, 1995), a las cuales hay que sumarle los granos que quedan en el suelo luego de la cosecha que fueron estimados a nivel mundial alrededor de 740 kg/ha (March *et al.*, 2001).

En Nicaragua desde hace aproximadamente 10 años comenzaron a observarse plantas de maní que se marchitan y llegan a la muerte por afectación de su raíz. No se habían realizado estudios para identificación y control de la enfermedad ya que la afectación al cultivo no había sido de gran importancia para los productores. Inicialmente los síntomas que se observan de esta enfermedad son el marchitamiento de la rama principal. Posteriormente una podredumbre a nivel radical que termina con el marchitamiento de la planta.

La marchitez misteriosa del maní en Nicaragua se ha conocido con este nombre por el desconocimiento general de los productores del agente causal de la misma. Ahora, en los últimos años se conoce por ser una enfermedad fungosa causada por fusarium. En años anteriores se ha debatido si estos síntomas estaban ocasionados por agentes bióticos (con vida) o abióticos (sin vida). Al aislar posibles patógenos de las lesiones, se han obtenido bacterias y con mayor frecuencia hongos. El género fúngico más encontrado es Fusarium, aunque nunca se han realizado las pruebas de patogénesis para la determinación fehaciente del agente causal en Nicaragua (Jerez, 2015; comunicación personal; Oddino, 2015; comunicación personal). Se quiere determinar en Nicaragua cuál es el agente causal

específico de la marchitez ya que es la enfermedad de mayor preocupación para los productores y sin manejo de control de la enfermedad.

En el cultivo de maní, *Fusarium* causa marchitez en los principales países productores del mundo como Estados Unidos (Kokalis-Burelle *et al.*, 1997) y Argentina (Oddino *et al.* 2008).

El muestreo sistemático o muestreo en “W” es uno de los métodos más utilizados para determinar el área afectada causada por patógenos (G.J. March *et al.*, 2004). Este método es realizado trazando una “W” imaginaria en la terraza de cultivo afectada, y en cada línea de la “W” se seleccionan dos estaciones al azar, pudiendo obtener en cada estación una muestra aleatoria de plantas sanas o enfermas.

La cuantificación de pérdidas regionales por enfermedades se realiza muy frecuentemente con la fórmula de Teng (1985), la misma que es válida en enfermedades que causan la muerte de las plantas (Smiley *et al.*, 2005) en las cuales no se obtiene ninguna producción. Aunque esta fórmula de Teng es válida para plantas que mueren y no tienen producción, muchas veces es utilizada cuando la enfermedad no causa la muerte total de la planta pudiéndose obtener producción de plantas enfermas.

La marchitez del maní en Nicaragua ha mostrado en las últimas campañas un incremento en su intensidad, causando preocupación en los productores, los cuales la señalan actualmente como la principal enfermedad del cultivo en muchas de sus fincas. Sin embargo, para la aplicación de herramientas de manejo es necesario conocer en cada región el nivel de la prevalencia, intensidad e índice de severidad de la enfermedad y las pérdidas potenciales que la misma está causando (Campbell y Madden, 1990).

El presente estudio es tipificado como un estudio de caso realizado para un total de 34 fincas ubicadas en el occidente de Nicaragua. Es decir, los resultados son válidos para las fincas seleccionadas.

El presente estudio tiene como objetivo general estimar las pérdidas económicas producidas por la marchitez del maní en Nicaragua. Los objetivos específicos a desarrollar en la investigación son:

- Verificar el agente causal de la marchitez del maní en Nicaragua.
- Evaluar la prevalencia de la marchitez del maní en la región manisera del occidente de Nicaragua.
- Evaluar la incidencia y severidad de la enfermedad.
- Estimar las pérdidas potenciales en rendimiento ocasionadas por la marchitez del maní.
- Evaluar el impacto económico que causa la marchitez del maní en Nicaragua.

2. METODOLOGÍA

Para la cuantificación de la intensidad y pérdidas potenciales del maní debido a la marchitez, primero se verificó el agente causal que produce la marchitez de la planta. Luego de verificar éste agente se evaluó la intensidad de la marchitez mediante los cálculos de prevalencia, incidencia y severidad de esta enfermedad en el cultivo, para luego poder estimar pérdidas económicas que esta ocasiona.

Verificación del agente causal

En el laboratorio de suelos de COMASA se realizó la verificación del agente causal, supervisado por encargados del laboratorio. Para poder completar los postulados de Koch, se recolecta plantas en el campo con síntomas de la enfermedad a través de un muestreo, se extrae material de la raíz de la planta infectada, se reproduce el agente causal en un medio de crecimiento, se inocula en semilla esterilizada de otro cultivo de fácil crecimiento, se siembra con la semilla de maní para que esta última sea infectada y finalmente volver a extraer material de la raíz del maní para reproducir nuevamente el patógeno estudiado y verificar si es el mismo con el que se empezó.

Muestreo de plantas. Para la determinación del agente causal de la marchitez del maní en la campaña 2014, se muestrearon 10,600 ha, lo que representa el 17% del total del área sembrada de Nicaragua. En esta área se muestrearon 20 fincas en la que se recolectaron por finca 3 plantas al azar con síntomas de marchitez para un total de 60 plantas en la región manisera del occidente de Nicaragua.

Las plantas recolectadas presentaban síntomas de marchitez, con epinastia de hojas, podredumbre de raíz y la marchitez parcial de la plantas. Esta última es una sintomatología común que produce *Fusarium solani* en varias especies leguminosas (Roy *et. al.*, 1997), lo que resalta la importancia de estas enfermedades.

Aislamientos de tejido radicular enfermo. Secciones longitudinales de las raíces de las plantas con síntomas fueron desinfectados sumergiéndolas durante un minuto en hipoclorito de sodio al 10% y se colocó en medio de cultivo general de Agar Papa Dextrosa (APD). A los 7 días de la desinfección, se determinó el patógeno aislado de cada uno de los aislamientos realizados por medio del tipo de colonia y la observación de estructuras del mismo en un microscopio óptico (40x).

Las pruebas de origen y evolución de la enfermedad, patogénesis, se realizaron en el campo experimental de COMASA, en Posoltega, Nicaragua a través de los postulados de Koch. Los postulados de Koch son 3 postulados que permiten vincular un agente causal con una enfermedad, y se realizaron para vincular la marchitez del maní con el agente causal. Para la obtención del inóculo a utilizar en las pruebas de patogénesis se utilizó colonias puras del agente causal más frecuente encontrado en las plantas afectadas del cultivo de maní, siempre y cuando sea del mismo género. Esto con el fin de vincular el agente causal con la marchitez del maní en el área de la zona de occidente de Nicaragua.

Incremento del inóculo. Para verificar los postulados de Koch se utilizó un inóculo en semillas de sorgo remojadas con agua estéril y auto clavadas dos veces por un tiempo de 30 minutos. En un Erlenmeyer de un litro fueron colocados 225gr de semillas de sorgo, a las que se agregó un disco de 10 mm de diámetro de cada colonia del patógeno infectando la planta aislado y verificado desarrollada durante dos semanas. El Erlenmeyer con semillas de sorgo fueron incubados a 25°C por 14 días, agitándose regularmente para la mejor colonización de las semillas. La semilla de sorgo, como fuente para incrementar inóculo, ha sido utilizada en pruebas de patogénesis con *F. solani* por Mueller *et al.* (2002).

El laboratorio de suelos de COMASA realizó las pruebas de patogénesis con dos tratamientos, inoculado y no inoculado, utilizando un diseño completamente al azar con 8 repeticiones de cada tratamiento, evaluando la presencia de marchitez misteriosa causada por el patógeno que infectó a las plantas recolectadas en la variedad Georgia 06G (variedad más sembrada de Nicaragua), en maceteros de 40 x 40 x 30 cm.

Pruebas de patogénesis. La inoculación se llevó a cabo colocando en el suelo 2 g de semillas de sorgo infestada 2-3 cm por debajo de las semillas de maní. La evaluación se realizó a los 90 días después de siembra (DDS), evaluándose a través de plantas con síntomas aéreos, con síntomas radicales y aislamientos desde raíces.

Re aislamiento de tejido radicular enfermo. De las plantas con síntomas se realizó un re aislamiento en medio APD para confirmar que los síntomas fueron causados por el patógeno que se inoculó, completando así los Postulados de Koch parten de la premisa que un agente patógeno debe estar presente en los organismos enfermos y ausentes en los sanos.

Evaluación de la intensidad de la enfermedad y estimación de pérdidas

Para determinar la intensidad y pérdidas potenciales causadas por la enfermedad se realizó en la campaña 2014 la cuantificación de la marchitez del maní. Se eligieron 34 fincas distribuidas en el área, lo que corresponde a 10,600 ha de maní en el occidente de Nicaragua. Esta cuantificación se efectuó a los 90 días después de siembra. Para la evaluación de la intensidad de la enfermedad, se evaluó la prevalencia, incidencia y severidad de la enfermedad en cada finca, separando el área de cada finca en lotes que son denominados terrazas, las cuales se determinan debido a los diferentes relieves del suelo presentes en la finca. Cabe recalcar que el tipo de muestreo realizado no es representativo para toda el área manisera de Nicaragua.

La prevalencia. El método de prevalencia puntual método utilizado por Nutter *et al.* (2006), es un valor que nos indica el porcentaje, del total de terrazas, con presencia de marchitez en el cultivo. En este caso en cada finca se contabilizaron el total de terrazas, y se determinó la cantidad de terrazas con presencia de marchitez. El valor de la prevalencia se realizó a través de la Ecuación 1:

$$P_f = \frac{\text{Número de terrazas con enfermedad}}{\text{Número de terrazas totales evaluadas}} * 100 \quad [1]$$

Dónde:

P_f: Prevalencia por finca.

Incidencia. Incidencia de la enfermedad representa el porcentaje de plantas con marchitez del total de plantas por finca. Para el cálculo de incidencia se utilizó el muestreo sistemático trazando una “W” imaginaria ya que es uno de los métodos más utilizados para determinar el área afectada causada por patógenos (March, G.J. *et al.*, 2004). Este muestreo consta del conteo de plantas afectadas en 8 diferentes estaciones en cada terraza evaluada por finca. Este método es realizado trazando una “W” imaginaria en la terraza, y en cada línea de la “W” se realizó dos estaciones al azar, pudiendo obtener en cada estación una muestra aleatoria de plantas sanas o enfermas.

El muestreo sistemático o muestreo en “W” utilizado por March et al. (2011), es aceptado para evaluaciones de enfermedades de suelo que presentan síntomas de marchitamiento en la planta. La incidencia se calculó a través de la siguiente Ecuación 2:

$$I_f = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \frac{\text{Número de plantas enfermas } j}{\text{Número de plantas totales } j} * 100 \right]_i \quad [2]$$

Dónde:

- I_f: Incidencia por finca en la terraza i en el punto j
- T: número de terrazas
- N: número de puntos en “W”

Índice de severidad. Al momento de cosecha del cultivo, la planta puede presentar síntomas, desde una leve marchitez de las ramas secundarias hasta la muerte de la planta. Es por eso que se planteó una escala de severidad cualitativa nominal, que considera 4 grados: grado 0: plantas sanas, grado 1: plantas con síntomas de marchitez en ramas secundarias, grado 2: síntomas de marchitez en el eje central y ramas secundarias, y grado 3: plantas muertas. Con el número de plantas en cada grado se obtuvo el índice de severidad, a través de la siguiente Ecuación 3:

$$IS_f = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{k=0}^3 G_{ijk} * PP_{ijk} \right]_i \quad [3]$$

Dónde:

IS_f: Índice de severidad en finca

G_{ijk}: Grado de severidad k (i.e., 0, 1, 2, 3) en terraza i y punto j

T: Número de terrazas en finca

N: Número de puntos en la “W”

PP_{ijk}: Proporción de plantas en terraza i, punto j y grado k indicado en Ecuación 4:

$$PP_{ijk} = \frac{\text{Número de plantas en cada grado en terraza } i, \text{ punto } j \text{ y grado } k}{\text{Número de plantas totales en terraza } i, \text{ punto } j \text{ y grado } k} \quad [4]$$

Kearney *et al.*, 2002 utilizó este método para la comparación de epidemias en numerosas enfermedades con escalas cualitativas de severidad en diferentes cultivos, como maní, soya y maíz.

Estimación de las pérdidas potenciales. Las estimación de pérdidas potenciales se realizó con un muestreo de 23 fincas que equivalen a 6,660 ha, lo que equivale al 10% del área manisera total sembrada en Nicaragua. Esta disminución del número de fincas y área muestreada fue debido a una falta de recolección de los datos de pérdidas en número y peso de las cápsulas para sector sano y enfermo. La estimación es de pérdidas potenciales y no reales debido a que el conteo de cápsulas para sector sano fue en plantas que no presentaban síntomas de la marchitez y para el sector enfermo fue en plantas donde los síntomas de la marchitez se encontraban con la muerte total de la planta. Para la cuantificación de pérdidas potenciales regionales por enfermedades, la fórmula de Teng (1985) es muy utilizada, la misma es válida en enfermedades que causan la muerte de las plantas (Schoeny *et al.*, 2001) en las cuales no se obtiene ninguna producción. Sin embargo, la marchitez del maní puede terminar sin la muerte total de la planta pudiéndose obtener producción de plantas enfermas.

Por esta razón, la cuantificación de pérdidas potenciales se realizó utilizando la fórmula de Teng modificada por March *et al.* (2011), de la siguiente manera (Ecuación 4):

$$Pérdida\ de\ cosecha_f = \frac{Cosecha\ real_f}{1 - \left\{ Incidencia_f * \left[1 - \left(\frac{\beta e_f}{\beta s_f} \right) \right] \right\}} \quad [4]$$

Dónde:

Cosecha real: Resultado de la cosecha obtenida por el productor (kg/ha).

Incidencia: Es la proporción de plantas enfermas.

Be: Producción correspondiente a plantas enfermas (kg/ha).

Bs: Producción correspondiente a plantas sanas (kg/ha).

Valorar el impacto económico que causa la marchitez del maní en Nicaragua. Para valorar el impacto económico de la enfermedad, se utilizaron los valores de pérdidas de cosecha (kg/ha) y el precio del maní a nivel de finca para así estimar las pérdidas económicas de cada finca evaluada. El precio del kilogramo a nivel de finca se obtuvo restando del precio del maní en el centro de acopio COMASA, los costos incurridos por transporte de llevar el maní de la finca al centro de acopio. Estas pérdidas nos sirven para tomar decisiones sobre las medidas de manejo de la enfermedad.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presenta la verificación del agente causal y cuantificación de la intensidad y pérdidas potenciales generadas por la marchitez en el cultivo de maní.

Verificación del agente causal. El laboratorio de suelos de COMASA realizó la verificación del agente causal. De las 60 plantas recolectadas en la campaña 2014 que mostraron síntomas de marchitez, 55 plantas se pudieron seguir evaluando ya que se presentó contaminación en los aislamientos. Se aisló *Fusarium* spp., observándose en el 95% de las plantas muestreadas la presencia de *Fusarium solani* (Figura 1); mientras que el restante 5% de las plantas muestreadas se obtuvo aislamientos de *Fusarium oxysporum* (Figura 2).

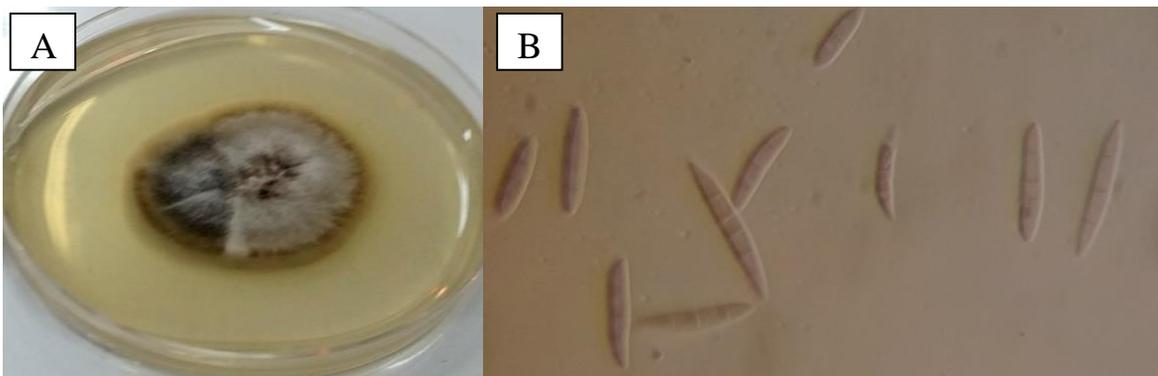


Figura 1. (A) Aislamiento de *Fusarium solani* proveniente de raíces de maní (variedad Georgia 06G) (B) Macroconidias y microconidias de *Fusarium solani* en 40 X Nicaragua, 2014.

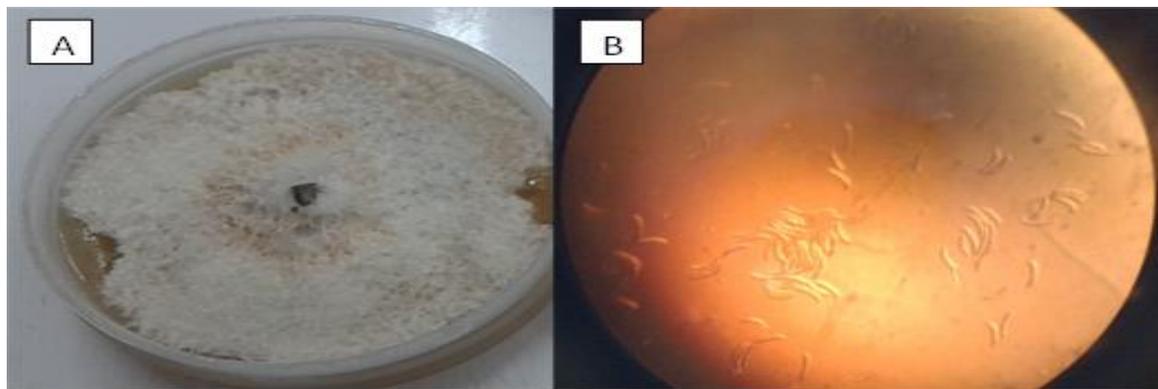


Figura 2. (A) Aislamiento de *Fusarium oxysporum* proveniente de raíces de maní (Variedad Georgia 06G) (B) Macroconidias y microconidias de *Fusarium oxysporum* en 40 X. Nicaragua, 2014.

En diferentes cultivos los síntomas de *Fusarium spp.* se presentan de una manera similar. Los observados en Nicaragua son similares a los señalados en maní en otros países productores como Estados Unidos (Kokallis-Burelle *et al.*, 1997), Argentina (March y Marinelli, 2005). Los síntomas aéreos son similares a los producidos por *F. solani* f. sp. *phaseoli* en frijol, aunque en este caso a nivel radicular se observa una necrosis en la parte externa de la raíz con cambio de coloración que puede subir hasta los primeros nudos quedando toda la zona de color marrón-rojizo (Burke y Miller, 1983). En las muestras de maní se observaron una necrosis en la parte interna y externa de la raíz, y como síntomas aéreos un marchitamiento de la rama principal y ramas secundarias hasta llegar a la muerte total de la planta.

En las Figuras 1 y 2 se puede observar colonias de coloración blanca cremosa, que se tornan de color rosado en *F. oxysporum* (Figura 2A) y más oscura en *F. solani* (Figura 1A). Nelson *et al.* (1983) mencionan que las colonias desarrolladas por estas dos especies de *Fusarium* pueden tener en un medio APD las coloraciones observadas en estos aislamientos.

En la prueba de patogénesis el laboratorio de suelos de COMASA reportó síntomas radicales en más del 70% de las plantas inoculadas. Luego se re aisló *F. solani* en el 53% de las plantas inoculadas, valores levemente inferiores a los encontrados en maní por Oddino (2007).

Los síntomas observados en la planta en maceteros fueron más leves que los observados en campo y principalmente a nivel radical. Este tipo de sintomatología, no característico de la enfermedad en ensayos de maceteros, también fue observada en otros ensayos de maní y soya cuando se realizaron pruebas de patogénesis (Oddino, 2007). Estas pruebas de patogénesis en maceteros se realizaron para verificar que el agente causal de la enfermedad es *Fusarium solani* y *Fusarium oxysporum*.

Evaluación de la intensidad de la enfermedad y estimación de pérdidas potenciales. La intensidad de la marchitez del maní se evaluó mediante la evaluación de la prevalencia, incidencia y severidad de la enfermedad en cada finca y se discute a continuación.

Prevalencia: En el Cuadro 1 se muestra como la enfermedad se presentó en casi todas las fincas analizadas (i.e., 32 de las 34 fincas evaluadas). La prevalencia de la enfermedad presenta un rango entre 7 y 100%, con un promedio total en todas las fincas evaluadas del 57%, lo que corresponde a un área altamente significativa.

Esta elevada prevalencia puede deberse a la presencia del inóculo del patógeno distribuido en toda el área de estudio, la cual puede haber ocurrido por diferentes vías de diseminación como viento, maquinaria y/o semilla. *Fusarium* es citado como un patógeno que puede dispersarse por medio de semilla de maní (Pérez *et al.*, 2007), encontrándose en todas las partes de la semilla como cotiledones y embrión (Zuza, 2003), lo que dificulta la correcta acción de los fungicidas curadores de semilla.

Cuadro 1. Prevalencia de la marchitez del maní (% de terrazas con enfermedad) en diferentes fincas de la zona manisera del occidente de Nicaragua, 2014.

Nombre Finca	Área total (ha)	Terrazas Infectadas	Terrazas Totales	Prevalencia (%)
Salinas Grandes	185	6	20	30.0
Las Mercedes	600	83	101	82.2
Santa Luisa	750	17	20	85
El Tanque	480	1	2	50
Las Mercedes WG	71	13	13	100
La Providencia	80	6	7	85.7
Las Canoas	300	5	35	14.3
San Blass	400	2	30	6.7
La Chibola	250	9	9	100
SERAGRO	550	24	24	100
Guanacastillo	305	3	7	42.9
Zamoria	85	6	20	30
El Pique	900	2	20	10
El Aceituno	125	3	8	37.5
La Libertad	300	6	21	28.6
Las Marías	280	14	14	100
El Chagüe	60	20	20	100
Las Matagalpas	70	2	5	40
Candelaria	128	6	23	26.1
Villa 15 de Julio	67	3	3	100
La India	86	11	12	91.7
San Juan	142	38	40	95
Las Mercedes1	446	83	101	82.2
Miramar	185	11	12	91.7
San Martin 1	600	3	19	15.8
San Martin 2	750	15	22	68.2
Palo Herrado	480	17	19	89.5
Jocote	71	1	7	14.3
Cristina	80	0	19	0
Quesera II	300	1	8	12.5
Quesera I	400	0	8	0
Mango	250	24	46	52.2
La Yuca	550	13	16	81.3
La Pista	305	18	21	85.7
Total	10,631		Promedio	57%

Incidencia y Severidad. En el Cuadro 2 se observa la incidencia de marchitez por finca obteniendo un rango de 0% a 58% de plantas enfermas, con una media de 21%. La severidad promedio que se obtuvo fue de 0.42 La severidad de la enfermedad en las fincas muestreadas aún sigue siendo baja, ya que muchas de las observaciones se encontraron en grados menores donde no se presenta la muerte total de la planta.

Cuadro 2. Incidencia y severidad de la marchitez del maní en la región manisera occidente de Nicaragua, 2014.

Nombre Finca	Promedio de Incidencia	Promedio de Severidad
Salinas Grandes	58.30	1.1
Las Mercedes	22.30	0.40
Santa Luisa	26.50	0.40
El Tanque	7.10	0.10
Las Mercedes WG	35.50	0.70
La Providencia	15.70	0.30
Las Canoas	38.50	0.90
San Blass	30.70	0.80
La Chibola	48.20	0.80
SERAGRO	39.10	0.50
Guanacastillo	18.30	0.30
Zamoria	13.40	0.20
El Pique	22.40	0.50
El Aceituno	28.60	0.60
La Libertad	5.00	0.10
Las Marías	21.30	0.40
El Chagüé	22.00	0.40
Las Matagalpas	16.70	0.30
Candelaria	25.80	0.60
Villa 15 de Julio	47.50	0.80
La India	27.30	0.50
San Juan	41.70	0.80
Las Mercedes1	40.50	0.70
Miramar	4.30	0.10
San Martin 1	4.10	0.10
San Martin 2	22.10	0.60
Palo Herrado	39.80	1.00
Jocote	0.30	0.00
Cristina	0.00	0.00
Quesera II	4.10	0.00
Quesera I	0.00	0.00

Mango	1.30	0.00
La Yuca	3.20	0.10
La Pista	3.80	0.10
Promedio	21.62	0.42

De las fincas evaluadas que presentan un rango de incidencia de la enfermedad entre 45% a 58% pueden manifestar la presencia de inóculo del patógeno desde campañas de producción de los últimos 10 años. El tamaño de área con plantas afectadas va incrementando anualmente por esta enfermedad debido al crecimiento del área del inóculo en el suelo. Mientras que las fincas con baja incidencia generalmente señalan una introducción del patógeno desde hace menor número de campañas pasadas (Campbell y Madden, 1990). *Fusarium solani* en Nicaragua es donde se ha encontrado mayor incidencia, ya que los productores no toman medidas para reducir la intensidad. En países como Argentina y Estados Unidos se encuentra *Fusarium solani* en plantas aisladas y las pérdidas no son mayores a Nicaragua. Esta variabilidad de incidencia entre lotes se debe al incremento del patógeno, al igual que su forma de distribución agregada, señalada frecuentemente en estudios de enfermedades causadas por patógenos de suelo en maní (Oddino *et al.*, 2008).

En todas las áreas de producción del mundo las enfermedades causadas por patógenos del suelo causan pérdidas importantes de rendimiento de maní (Marinelli *et al.*, 1998).

En el Cuadro 3 se observa la producción de cápsulas en número y peso por metros cuadrados en sectores sanos y enfermos de cada finca evaluada. Las pérdidas potenciales se cuantificaron para dos grados de severidad, plantas sanas grado 0 y plantas muertas grado 3. El rango observado fue entre el 14% y el 45% de pérdidas del número de cápsulas, y entre 16% y 55% de pérdidas del peso de las mismas.

Las pérdidas potenciales promedios por finca son de 29.17% en el número de cápsulas y las pérdidas promedio del peso de las cápsulas son de 30.52%. Estos resultados son inferiores a los obtenidos en Argentina por March *et.al.* (2001), donde las pérdidas en el número de cápsulas por carbón del maní son de alrededor de 35% y las pérdidas promedio del peso de las cápsulas son de alrededor de 44%. Estos resultados nos muestran que la marchitez del maní afecta la cantidad de frutos y peso de los mismos. Este efecto, de disminución del número y peso de los frutos, es citado en maní tanto en enfermedades del rizoplano como los filoplano (March y Marinelli, 2005).

Cuadro 3. Número y peso de cápsulas de maní por terraza en 23 fincas con sectores con síntomas de marchitez en grado 3 y sin síntomas de marchitez de la región manisera occidental de Nicaragua, 2014.

Nombre de la finca	Sector sano		Sector enfermo		Pérdidas del número de cápsulas. (%)	Pérdidas del peso de cápsulas. (%)
	Número de cápsulas.	Peso cápsulas. (kg/m ²)	Número de cápsulas.	Peso cápsulas. (kg/m ²)		
Salinas Grandes	120.67	0.38	93.67	0.31	21.81	19.56
Las Mercedes	99.33	0.40	70.00	0.27	26.90	28.36
Santa Luisa	231.00	0.74	175.00	0.62	22.70	16.84
El Tanque	130.00	0.44	107.00	0.35	17.07	20.25
Las Mercedes WG	113.00	0.44	91.67	0.35	18.48	19.60
La Providencia	139.67	0.43	105.00	0.30	24.58	29.11
Las Canoas	132.00	0.46	85.00	0.31	36.62	35.36
San Blass	90.67	0.25	50.00	0.11	45.26	55.75
La Chibola	126.67	0.43	89.67	0.29	29.19	33.20
SERAGRO	168.00	0.55	99.67	0.38	40.56	32.31
Guanacastillo	129.67	0.45	82.33	0.33	36.09	25.44
Zamoria	145.33	0.58	99.00	0.39	31.96	33.29
El Pique	100.00	0.27	58.67	0.15	35.28	38.42
El Aceituno	111.67	0.37	81.67	0.25	28.15	33.81
La Libertad	92.67	0.24	72.67	0.18	19.62	26.04
Las Marías	127.33	0.48	104.67	0.35	14.76	25.51
El Chagüe	119.67	0.34	76.00	0.19	37.10	43.20
La Matagalpa	155.00	0.54	107.33	0.36	31.80	34.67
Candelaria	202.50	0.74	126.67	0.47	37.45	37.49
Villa 15 de Julio	166.75	0.47	112.00	0.36	31.36	23.94
La India	215.55	0.70	178.91	0.57	16.97	18.26
San Juan	162.00	0.61	109.00	0.39	32.85	36.57
Las Mercedes 1	169.20	0.63	110.60	0.40	34.42	35.18
Total				Promedio	29.17%	30.52%

En el Cuadro 4 se observan las pérdidas potenciales de producción (kg/ha), como también las pérdidas económicas calculadas en finca. El valor del costo del transporte del maní por kilómetro recorrido en Nicaragua para la campaña 2014 fue de \$0.00123/kg/km. En la campaña 2014 se obtuvo un rango de precio ajustado de \$0.29 a \$0.47 por kilogramo de maní transportado. Esta diferencia de precio fue debido a las diferentes ubicaciones de cada finca. Se obtuvo que el rango de pérdidas potenciales de producción estuvo dentro de 32kg/ha y 1,064 kg/ha, valores similares a los observados por Hernández (2010), ocasionados por patógenos de suelo en maní en Argentina.

El promedio de pérdidas potenciales por fincas en la zona manisera de occidente de Nicaragua es de 519.25kg/ha, los cuales son inferiores a los registrados en Argentina donde las pérdidas promedio por patógenos de suelo han superado los 700kg/ha (March et al., 2001).

Para ayudar a reducir las pérdidas ocasionadas por la marchitez por ser una enfermedad que afecte la raíz de la planta, es recomendable realizar prácticas culturales como una preparación de tierras en forma adecuada evitando sembrar donde la materia orgánica no está descompuesta, mantenimiento de drenajes para todas las fincas, rotación de cultivos que no perjudiquen a los productores, utilizar semilla de buena calidad y desinfectada para diseminar la marchitez por medio de la semilla y realizar una cosecha temprana si se comienzan a observar síntomas de la marchitez.

En todas las áreas de producción del mundo las enfermedades causadas por patógenos del suelo causan importantes pérdidas de rendimiento de maní (Marinelli et al., 1998). En Argentina, se han señalado pérdidas entre 14 y 18 millones de dólares en algunas campañas (March et al., 1995); mientras que Estados Unidos (Smith et al. 2006) citan que solo por *Sclerotinia minor* en Carolina del Norte, se estiman pérdidas entre 1 y 4 millones de dólares anuales. En esta investigación se determinaron pérdidas económicas por finca de hasta \$486/ha, con un promedio de \$214.69/ha (Cuadro 4).

Estos valores que son importantes a la hora de desarrollar y elegir estrategias de manejo de la enfermedad, sobre todo si las mismas tienen un elevado costo.

Cuadro 4. Pérdidas potenciales de producción (kg/ha) y pérdidas económicas (\$/ha) de maní en cada finca, producidas por la marchitez en la región manisera occidental de Nicaragua, 2014.

Nombre Finca	Pérdidas (kg/ha)	Precio de maní ajustado [‡] a nivel de finca(\$/kg)	Pérdidas(\$/ha)
Salinas Grandes	694.67	0.42	290.51
Las Mercedes	371.47	0.46	169.74
Santa Luisa	551.19	0.41	223.25
El Tanque	69.31	0.40	27.84
Las Mercedes WG	355.61	0.45	160.39
La Providencia	273.65	0.45	122.82
Las Canoas	794.99	0.31	244.65
San Blass	428.11	0.29	124.90
La Chibola	766.70	0.42	320.25
SERAGRO	1,021.95	0.47	475.77
Guanacastillo	333.45	0.43	143.63
Zamoria	258.50	0.47	122.25
El Pique	431.06	0.32	136.37
El Aceituno	349.27	0.30	103.92
La Libertad	32.38	0.46	14.90
Las Marias	242.34	0.44	105.46
El Chague	317.93	0.44	139.80
Las Matagalpas	287.17	0.31	89.08
Candelaria	795.12	0.46	362.83
Villa 15 de Julio	1,064.22	0.46	485.63
La India	402.68	0.46	183.46
San Juan	1,036.51	0.46	473.87
Las Mercedes1	1,064.37	0.46	486.62
Promedio	519.25	0.41	214.69
[‡] Precio base en COMASA de \$0.507/kg			

4. CONCLUSIONES

- Los patógenos causantes de la marchitez del maní en Nicaragua se verificaron por medio de las pruebas de Koch, que son *Fusarium solani* y *Fusarium oxysporum*, registrándose la primera especie con mayor frecuencia.
- La marchitez del maní se encuentra distribuida en todo el área manisera del occidente de Nicaragua, presentando una prevalencia promedio por finca del 57%, aunque hay fincas donde está presente en todas sus terrazas.
- En las fincas afectadas en la zona manisera de occidente de Nicaragua se registró una incidencia promedio por finca del 21%, con una severidad promedio por finca de 0.4.
- En los sectores enfermos se determinó una pérdida promedio por finca de 29.17% en el número de cápsulas y de un 30.52% en el peso de las mismas, ocasionando pérdidas potenciales promedios de 519kg/ha.
- Las pérdidas económicas promedio de producción en las fincas evaluadas en la zona manisera de occidente de Nicaragua causadas por la enfermedad se estimaron en \$215/ha.

5. RECOMENDACIONES

- En la zona manisera de occidente de Nicaragua se observaron dos especies del genero Fusarium por lo que se recomienda realizar más investigaciones de incidencia y severidad en los próximos años para verificar la evolución de la enfermedad.
- Se recomienda realizar el conteo de capsulas y peso de capsulas en cada uno de los puntos donde se hizo muestreo para incidencia y severidad para así poder estimar cuanto afecta el rendimiento por un aumento en el grado de severidad de la enfermedad, o un aumento de 1% en la incidencia.
- Con las pérdidas económicas obtenidas en la campaña 2014 se recomienda buscar una rotación de cultivo en la que la diferencia en los valores anuales equivalentes entre rotar y no rotar no sean mayores a \$218/ha.
- Seguir evaluando otras fincas con presencia de la enfermedad, para tener una muestra más representativa de la intensidad de la enfermedad y como va evolucionando en los próximos años.
- Realizar prácticas culturales como ser mejor preparación de la tierra, tener drenajes de agua efectivos, rotación de cultivos, utilizar semilla de buena calidad y desinfectada, mantener el cultivo limpio de malezas y cosechar temprano para evitar que la intensidad de la marchitez siga incrementando.

6. LITERATURA CITADA

Burke, D.W. and Miller, D.E. 1983. Control of *Fusarium* root rot with resistant beans and cultural management. Plan Dis. 67: 1312-1317.

Busso, G., Civitaresi, M., Geymonat, A y Roig, R. 2004. Situación socioeconómica de la producción de maní y derivados en la región centro-sur de Córdoba.

Campbell, C.L. and Madden, L.V. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. John Wiley and Sons, NY. 532 pp.

Hammons, R.O. 1994. The origin and history of the groundnut. Pags 24-42. In: The Groundnut Crop (Smartt, J. ed.). Chapman & Hall, London.

Hernandez, D. 2010. Relevamiento regional de enfermedades de maní y su relación con las pérdidas de cosecha. Tesis de Posgrado. Escuela de Posgrado Alberto Soriano. FAUBA, Buenos Aires. Director: Claudio Oddino. 56pp.

Kearney, M.; A. Marinelli, C. Oddino and G. J. March 2002. Transmission and dispersal of *Sphaceloma arachidis* by crop debris and seed from infected peanut. Peanut Science. Volumen 29. Pag. 13-17.

Kokalis-Burelle, N., Porter, D.M., Rodriguez-Kabana, R., Smith, D.H., and SUBRAHMANYAM, P. 1997. Compendium of Peanut Disease 2nd Edition.

Magfor. 2015. Estadísticas agrícolas. Consultado el 03/03/2015. Disponible en: <http://www.magfor.gob.ni/estadisticas.html>

March, G.J., Marinelli, A. Y Audisio, R. 1995. La problemática de los hongos patógenos. Comercio y Justicia, 9 de septiembre. Pág. 10.

March, G., Marinelli, A., Oddino, C. Y Kearney, M. 2001. Cuantificación del progreso de enfermedades del maní. Pag. 468, en: Resúmenes, XI Congreso Latinoamericano de Fitopatología y XXXIV Congreso Brasileiro de Fitopatología.

March, G.J., Marinelli, A., Oddino, C., 2004. Evaluación regional causada por hongos del suelo en maní. Universidad Nacional de Rio Cuarto, Cordoba, Argentina.

March, G.J. Y Marinelli, A. (eds.). 2005. Enfermedades del maní en la Argentina 2005. 142pp.

March, G.J., Oddino, C.M. Y Marinelli, A. 2005. Podredumbre parda de la raíz. Pags. 67-71, en: Capítulo 3. Enfermedades del maní en la Argentina, (G.J. March y A. Marinelli, eds.). Biglia impresiones. 142pp.

March, G.; A. Marinelli Y C. Oddino. 2011. Epidemiología aplicada al manejo de enfermedades de los cultivos. Manual del Curso de Especialización en Protección Vegetal. Universidad Católica de Córdoba, Córdoba, Argentina. 96 p.

Marinelli, A., March, G.J., Rago, A. Y Giuggia, J. 1998. Crop loss assessment caused by “blight” (*Sclerotinia sclerotiorum* y *S. minor*) and “wilting” (*Sclerotium rolfsii*). International Journal of Pest Management 44: 251-254.

Moretzsohn, M., Leal-Bertioli, S., Guimaraes, P., Proite, K., Jose, A., Fávero, A. Gimenes, M, Valls, J Y Bertioli, D. 2006. Mapeamento genético em *Arachis*. Págs. 33-38, en: Resúmenes V Encuentro Internacional de Especialistas en *Arachis*. Río Cuarto, Córdoba.

Mueller, D.S., Li, S., Hartman, G.L. and Pedersen, W.L. 2002. Use of aeroponic chambers and grafting to study partial resistance to *Fusarium solani* f. sp. *glycines* in soybean. Plant Dis. 86:1223-1226.

Nelson, P.E., Toussoun, T.A. and Marasas, W.F. 1983. *Fusarium* species: an illustrated guide for identification. The Pennsylvania State University Press, University Park and London. 193pp.

Nutter, F.W., Esker, P.D., and Coelho Neto, R.A. 2006. Disease assessment concepts and the advances made in improving the accuracy and precision on plant disease data. European Journal of Plant Pathology 115: 95-103

Oddino, C. 2007. Aspectos biológicos y epidemiológicos de la podredumbre parda de la raíz del maní. Tesis de Maestría. Fac. de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Director: Guillermo March. 162pp.

Oddino, C.; Marinelli, A.; Zuza, M., and March, G.J. 2008. Influence of crop rotation and tillage on incidence of brown root rot of peanut (*Arachis hypogaea*) caused by *Fusarium solani* in Argentina. Canadian Journal of Plant Pathology. 30: 575-580. ISSN 0706-0661.

Pérez A., Cavallo A.R. y De Souza Maia M. 2007. Nivel de infección fúngica natural en relación a la calidad de semillas de maní. Revista Brasileira de Sementes. 29: 53-59.

Roy, K.W. 1997. *Fusarium solani* on soybean roots: Nomenclature of the causal agent of sudden death syndrome and identity and relevance of *F. solani* form B. Plant Dis. 81: 259-266.

Schoeny, A.; Jeuffroy, M.H., Lucas, P. (2001). Influence of take-all epidemics on winter yield formation and yield loss. Phytopathology 91, 694-701.

Smiley, R.W.; Gourlie, J.A.; Easley, S.A.; Patterson, L.M., and Whittaker, R.G. 2005. Crop damage estimates for crown rot of wheat and barley in the Pacific Northwest. *Plant Dis.* 89, 595-604.

Smith, D. L., Hollowell, J. E., Isleib, T. G., and Shew, B. B. 2006. Analysis of factors that influence the epidemiology of *Sclerotinia minor* on peanut. *Plant Diseases* 90:1425-1432.

Teng, P.S. 1985. Construction of predictive models: II. Forecasting crop losses. Pags. 179-206, en: *Advances in Plant Pathology* (D.S. Ingram, ed). Academic Press, London.

USPANIC, 2014. Agrocifras USPANIC. Pag 33. *Revista de la Unión de Productores Agropecuarios de Nicaragua*.

Zuza M. 2003. Rol de la semilla de maní como fuente de inóculo primario en la podredumbre parda de la raíz. Tesina de grado. Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina, 24 pp.