



“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**Maestría en Sanidad Vegetal**

**Trabajo de Tesis**

**Eficacia de dos fungicidas biológicos y un  
fungicida sintético sobre el progreso  
temporal de enfermedades foliares en maní  
(*Arachis hypogaea* L.), Chinandega 2019**

**Autor**

**Ing. Ajax Manuel Fonseca Méndez**

**Asesor**

**Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz**

**Managua, Nicaragua**  
**Octubre, 2020**





“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**Maestría en Sanidad Vegetal**

**Trabajo de Tesis**

**Eficacia de dos fungicidas biológicos y un  
fungicida sintético sobre el progreso  
temporal de enfermedades foliares en maní  
(*Arachis hypogaea* L.), Chinandega 2019**

**Autor**

**Ing. Ajax Manuel Fonseca Méndez**

**Asesor**

**Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz**

Presentado a la consideración del honorable tribunal  
examinador como requisito final para optar al grado  
de Maestro en Ciencias

**Managua, Nicaragua**  
**Octubre, 2020**



Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Tribunal Examinador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

*Maestro en Ciencias en Sanidad Vegetal*

---

Miembros del Tribunal Examinador

---

Presidente (Grado académico y nombre)

Secretario (Grado académico y nombre)

Vocal (Grado académico y nombre)

Lugar y Fecha: \_\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

Se lo dedico al forjador de mi camino, a mi padre celestial, el que me acompaña y siempre me levanta. A mis padres que me han apoyado en toda mi vida que con su guiar y paciencia han hecho de mi persona lo que hoy soy. A mis hijos que han sido el motor para culminar un peldaño más en mi vida profesional.

Ing. Ajax Manuel Fonseca Méndez

## **AGRADECIMIENTO**

A todo el equipo de docentes **MASAVE** que con sabiduría han sabido trasladar sus conocimientos a mi persona para emplearlos en la vida diaria.

Al **Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz** por su apoyo incondicional, disposición y empeño para la realización de este trabajo

A los hermanitos y amigos para siempre MSc. Luis medina, Ing. Danessa Ramírez, MSc Nelson Degrandes por su cariño y amistad.

Ing. Ajax Manuel Fonseca Méndez

## INDICE DE CONTENIDO

<b>SECCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTO</b>	ii
<b>INDICE DE CUADROS</b>	iii
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	v
<b>INDICE DE ANEXOS</b>	vii
<b>RESUMEN</b>	viii
<b>ABSTRACT</b>	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>	4
3.1. El cultivo de maní	4
3.1.1. Importancia económica y uso	4
3.1.2. Taxonomía y biología	5
3.2. Enfermedades foliares del maní	6
3.2.1. Mancha temprana y mancha tardía	6
3.2.2. Roya del maní	8
3.2.3. Manejo de enfermedades foliares	9
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	13
4.1. Ubicación del estudio	13
4.2. Diseño metodológico	13
4.2.1. Diseño experimental	13
4.2.2. Descripción de los tratamientos	14
4.2.3. Manejo agronómico y fitosanitario	15
4.3. Variables evaluadas	16
4.3.1. Intensidad de las enfermedades foliares	16
4.3.2. Eficacia de los fungicidas	17
4.4. Análisis de datos	18

<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	19
5.1. Progreso temporal de la mancha temprana ( <i>Cercospora arachidicola</i> Hori)	19
5.1.1. Incidencia de mancha temprana	19
5.1.2. Área bajo la curva de progreso de la incidencia de <i>C. arachidicola</i> (ABCPICa)	21
5.1.3. Severidad de mancha temprana	23
5.1.4. Área bajo la curva de progreso de la severidad de <i>C. arachidicola</i> (ABCPSCa)	25
5.1.5. Tasa de incremento de la mancha temprana ( <i>C. arachidicola</i> )	27
5.2. Progreso temporal de la roya del maní ( <i>Puccinia arachidis</i> Spegazzini)	30
5.2.1. Incidencia de roya del maní	30
5.2.2. Área bajo la curva de progreso de incidencia de roya <i>P. arachidis</i> (ABCPIPa)	32
5.2.3. Severidad de roya del maní	33
5.2.4. Área bajo la curva de progreso de severidad de <i>P. arachidis</i> (ABCPSPa)	36
5.2.5. Tasa de incremento de la roya del maní ( <i>P. arachidis</i> )	38
5.3.1. Relación entre la incidencia y severidad de <i>C. arachidicola</i>	40
5.3.2. Relación entre la incidencia y severidad de <i>P. arachidis</i>	40
5.4. Eficacia de fungicidas biológicos y sintético sobre <i>C. arachidicola</i>	43
5.5. Eficacia de fungicidas biológicos y sintético sobre <i>P. arachidis</i>	46
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	50
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	51
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b>	52
<b>IX. ANEXOS</b>	58

---

## INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Descripción de los productos biológicos y sintéticos evaluados en el experimento de campo	15
2. Valores promedios de incidencia de mancha temprana ( <i>C. arachidicola</i> ) a través del tiempo (días después de la siembra – DDS)	19
3. Valores promedios del área bajo la curva de progreso de la incidencia de <i>C. arachidicola</i> (ABCPICa) a través del tiempo (días después de la siembra – DDS)	22
4. Valores promedios de severidad de mancha temprana ( <i>C. arachidicola</i> ) a través del tiempo (días después de la siembra – DDS)	23
5. Valores promedios del área bajo la curva de progreso de la severidad de <i>C. arachidicola</i> (ABCPSCa) a través del tiempo (días después de la siembra – DDS)	26
6. Parámetros seleccionados para determinar el modelo que proporcionó el mejor ajuste a los datos de severidad de mancha temprana ( <i>C. arachidicola</i> )	28
7. Valores promedios de incidencia de roya en maní ( <i>P. arachidis</i> ) a través del tiempo (días después de la siembra – DDS)	30
8. Valores promedios del área bajo la curva de progreso de la incidencia de <i>P. arachidis</i> (ABCPIPa) a través del tiempo (días después de la siembra – DDS)	32
9. Valores promedios de severidad de roya en maní ( <i>P. arachidis</i> ) a través del tiempo (días después de la siembra – DDS)	34
10. Valores promedios del área bajo la curva de progreso de la severidad de <i>P. arachidis</i> (ABCPSPa) a través del tiempo (días después de la siembra – DDS)	37
11. Parámetros seleccionados para determinar el modelo que proporcionó el mejor ajuste a los datos de severidad de roya ( <i>P. arachidis</i> )	38



12.	Eficacia (%) sobre la incidencia de mancha temprana observada en las cinco aplicaciones de fungicidas que se realizaron durante el experimento	44
13.	Eficacia (%) sobre la severidad de mancha temprana observada en las cinco aplicaciones de fungicidas que se realizaron durante el experimento	45
14.	Eficacia (%) sobre la incidencia de roya observada en las cinco aplicaciones de fungicidas que se realizaron durante el experimento	47
15.	Eficacia (%) sobre la severidad de roya ( <i>P. arachidis</i> ) observada en las cinco aplicaciones de fungicidas que se realizaron durante el experimento	48

---

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Comportamiento de la incidencia de mancha temprana ( <i>C. arachidicola</i> ) bajo la influencia de la aplicación de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético	20
2.	Curvas de progreso de la incidencia de mancha temprana a través del tiempo (días después de la siembra – DDS) para los diferentes tratamientos evaluados	21
3.	Valores promedio del área bajo la curva de progreso de la incidencia de <i>C. arachidicola</i> (ABCPICa) en los diferentes tratamientos evaluados	22
4.	Comportamiento de la severidad de mancha temprana ( <i>C. arachidicola</i> ) bajo la influencia de la aplicación de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético.	24
5.	Curvas de progreso de la severidad de mancha temprana a través del tiempo (días después de la siembra – DDS) para los diferentes tratamientos evaluados	25
6.	Valores promedio del área bajo la curva de progreso de la severidad de <i>C. arachidicola</i> (ABCPSCa) en los diferentes tratamientos evaluados	27
7.	Comportamiento de la incidencia de roya ( <i>P. arachidis</i> ) bajo la influencia de la aplicación de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético	31
8.	Curvas de progreso de la incidencia de roya del maní a través del tiempo (días después de la siembra – DDS) para los diferentes tratamientos evaluados	31
9.	Valores promedio del área bajo la curva de progreso de la incidencia de <i>P. arachidis</i> (ABCPIPa) en los diferentes tratamientos evaluados	33
10.	Comportamiento de la severidad de roya ( <i>P. arachidis</i> ) bajo la influencia de la aplicación de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético	35

11.	Curvas de progreso de la severidad de roya del maní a través del tiempo (días después de la siembra – DDS) para los diferentes tratamientos evaluados	36
12.	Valores promedio del área bajo la curva de progreso de la severidad de <i>P. arachidis</i> (ABCPSPa) en los diferentes tratamientos evaluados	37
13.	Representación de la relación entre la incidencia y severidad de <i>C. arachidicola</i> con datos transformados usando el logaritmo natural (LN)	40
14.	Representación de la relación entre la incidencia y severidad de <i>P. arachidis</i> con datos transformados usando el logaritmo natural (LN)	41
15.	Eficacia (%) de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético sobre la incidencia de mancha temprana ( <i>C. arachidicola</i> ) en el cultivo de maní	43
16.	Eficacia (%) de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético sobre la severidad de mancha temprana ( <i>C. arachidicola</i> ) en el cultivo de maní	45
17.	Eficacia (%) de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético sobre la incidencia de roya ( <i>P. arachidis</i> ) en el cultivo de maní	46
18.	Eficacia (%) de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético sobre la severidad de roya ( <i>P. arachidis</i> ) en el cultivo de maní	48

---

## INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Mapa del sitio donde se estableció el experimento para evaluar la eficacia de productos biológicos para el manejo de enfermedades foliares en maní	58
2.	Escala ordinal (1 a 9) modificada y combinada con un diagrama de área estándar para la estimación de la severidad de la roya en maní	59
3.	Escala ordinal (1 a 9) modificada y combinada con un diagrama de área estándar para la estimación de la severidad de mancha temprana en maní	60

## RESUMEN

El maní (*Arachis hypogaea* L.) es uno de los principales cultivos de semillas oleaginosas a nivel mundial sembrado en aproximadamente 26 millones de hectáreas en más de 120 países. El maní es atacado por varias enfermedades causadas por hongos entre las cuales destacan la mancha foliar tardía [*Phaeoisariopsis personata* (Berk. & Curt.) Van Arx], mancha foliar temprana (*Cercospora arachidicola* Hori) y la roya (*Puccinia arachidis* Spegazzini), causantes de pérdidas que oscilan entre 50% y 70%. El manejo de estas enfermedades se ha basado exclusivamente en el uso de fungicidas sintéticos. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue generar información sobre la eficacia que tienen fungicidas biológicos sobre el progreso temporal de mancha temprana y roya en el cultivo de maní en ciclo de invierno en el municipio de El Viejo, Chinandega, 2019. Se estableció un experimento en un diseño de bloques completos al azar, con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Se utilizó una formulación comercial de *Bacillus subtilis* y de *Bacillus pumilus* y un fungicida sintético cada uno de ellos aplicado en dos dosis. Se incluyó un tratamiento con agua como testigo absoluto. Se evaluó la incidencia, severidad, ABCPE, tasa de incremento de las enfermedades y la eficacia de los fungicidas. En los tratamientos donde se aplicó la formulación comercial Sonata 1.38 SC (*Bacillus pumilus* cepa QST 2808) en las dos dosis, se redujo la incidencia, severidad, ABCPE y tasa de incremento de mancha temprana y roya, obteniéndose hasta un 67% de eficacia en el manejo de las dos enfermedades. El uso de fungicidas biológicos puede convertirse potencialmente en parte de una estrategia de manejo integrado de enfermedades en el cultivo de maní y ayudar a retrasar la evolución de resistencia a fungicidas sintéticos y contribuir así a un manejo de enfermedades más sostenible.

**Palabras claves:** Manejo, bacterias benéficas, *Cercospora arachidicola*, *Puccinia arachidis*

## ABSTRACT

Peanut (*Arachis hypogaea* L.) is one of the world's leading oilseed crops, planted on approximately 26 million hectares in more than 120 countries. Peanut crop is attacked by several diseases caused by fungi, among which the late leaf spot [*Phaeoisariopsis personata* (Berk. & Curt.) Van Arx], early leaf spot (*Cercospora arachidicola* Hori) and rust (*Puccinia arachidis* Spegazzini) inflicting losses ranging between 50% and 70%. The management of these diseases has been based exclusively on the use of synthetic fungicides. Therefore, the objective of this research was to generate scientific information on the efficacy of biological fungicides on the temporal progress of early leaf spot and rust in peanut crop during the rainy season in the municipality El Viejo, Chinandega, 2019. An experiment was established in a randomized complete block design, with seven treatments and four repetitions. A commercial formulation of *Bacillus subtilis* and another of *Bacillus pumilus* and a synthetic fungicide were used, each applied in two doses. A water treatment was included as an absolute control. The incidence, severity, AUDPC, disease rate increase and fungicide efficacy were evaluated. In the treatments where the commercial formulation Sonata 1.38 SC (*Bacillus pumilus* strain QST 2808) was applied in the two doses, the incidence, severity, AUDPC and disease rate increase of early leaf spot and rust were reduced, obtaining an efficacy of up to 67% in the management of the two diseases. The use of biological fungicides can potentially become part of an integrated disease management strategy in peanut crop and help delay the evolution of resistance to synthetic fungicides and thus contribute to more sustainable disease management.

**Keywords:** Management, beneficial bacteria, *Cercospora arachidicola*, *Puccinia arachidis*

## I. INTRODUCCIÓN

El maní (*Arachis hypogaea* L.), es una leguminosa anual que se cultiva en áreas agroclimáticas tropicales y subtropicales de Asia, África y América. Se cree que el maní se originó en América del Sur en el área de Bolivia y Argentina donde comenzó su domesticación (Akram *et al.*, 2018; Bertoli *et al.*, 2011). El maní es uno de los principales cultivos de semillas oleaginosas a nivel mundial que se siembra en aproximadamente 26 millones de hectáreas (ha) en más de 120 países. La producción mundial sobrepasa los 45 millones de toneladas de vainas anualmente, con un rendimiento promedio de 1.8 t ha<sup>-1</sup> (Desmae *et al.*, 2019; Patel *et al.*, 2016; Sarkar *et al.*, 2016).

Es uno de los cultivos agrícolas más importantes del mundo, del cual no solamente se extrae aceite vegetal, sino que también se utiliza como una importante fuente de proteínas, calcio, hierro y vitaminas del complejo B (tiamina, riboflavina, niacina) y vitamina A. En países subdesarrollados, el maní ha demostrado un gran potencial para reducir el hambre y la desnutrición, ya que es una buena fuente de proteínas, calorías, vitaminas y minerales (Enserink, 2008; Krishna *et al.*, 2015).

La producción y productividad del maní está limitada por varios factores bióticos y abióticos. Entre los factores bióticos, se encuentran plagas insectiles y enfermedades causadas por hongos, virus y otros; mientras que, entre los factores abióticos están la sequía, la salinidad, la acumulación de agua y los extremos de temperatura. El maní es atacado por varias enfermedades causadas por hongos. Entre las principales enfermedades fúngicas foliares a nivel mundial están la mancha foliar tardía causada por *Phaeoisariopsis personata* (Berk. & Curt.) Van Arx, mancha foliar temprana causada por *Cercospora arachidicola* Hori y la roya causada por *Puccinia arachidis* Spegazzini (Janila *et al.*, 2013; Sarkar *et al.*, 2014).

Algunas investigaciones indican que la mancha temprana y la mancha tardía pueden causar una pérdida en rendimiento de hasta el 70% en todo el mundo, principalmente cuando no se aplican fungicidas para su manejo (Méndez-Natera *et al.*, 2016; Sudini *et al.*, 2015). Otros reportes señalan que en promedio las pérdidas debidas solo a la roya del maní oscilan entre 50% y 70%

(Subrahmanyam *et al.*, 1985). Estas enfermedades colectivamente reducen el área fotosintética de las hojas y estimulan la abscisión de los folíolos que conducen a una defoliación extensa. También afectan la calidad de la semilla y el valor del forraje de las plantas (Sudini *et al.*, 2015).

A menudo, estas enfermedades foliares se manejan mediante el uso de fungicidas químicos (Biswas y Singh 2005). Otras prácticas de manejo en los países en desarrollo incluyen el tratamiento de semillas con productos químicos no convencionales (Maiti *et al.*, 2005), prácticas culturales ajustando los tiempos de siembra (Naidu y Vasanthi 1995), y mediante el uso de agentes de control biológico (Kishore y Pande 2005) y productos botánicos (Hossain y Hossain 2013).

En Nicaragua, según reportes de CETREX (2020), el maní se ha ubicado como el quinto producto de exportación más importante en los últimos tres años solo detrás de rubros como la carne de bovino, el oro en bruto, café oro y caña de azúcar en ese orden. El área sembrada de maní para el ciclo 2019-2020 se estiman en unas 64 500 manzanas, las cuales se distribuyen de la siguiente manera: 30 500 manzanas en Chinandega, 16 000 manzanas en León, 7 000 manzanas en Masaya, 6 000 manzanas en Managua y 5 000 manzanas en Granada (Alejandro Pineda, 2020; *comunicación personal*).

Al igual que en otros países del mundo, en Nicaragua, las enfermedades foliares más agresivas son la mancha temprana (*Cercospora arachidicola*) y la roya del maní (*Puccinia arachidis*). El manejo de estas enfermedades se ha basado exclusivamente en el uso de fungicidas sintéticos. Por lo tanto, con esta investigación se pretende generar información científica sobre la eficacia que tienen dos fungicidas biológicos aplicados en dos dosis diferentes sobre el comportamiento epidemiológico temporal de la mancha temprana y la roya en el cultivo de maní en ciclo de invierno en el municipio de El Viejo, Chinandega, 2019.



## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

- Generar información sobre la eficacia de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético en el progreso temporal de la mancha temprana (*Cercospora arachidicola* Hori) y la roya (*Puccinia arachidis* Spegazzini) en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.) en ciclo de invierno en el municipio de El Viejo, Chinandega, 2019.

### 2.2. Objetivos específicos

- Determinar el progreso temporal de la mancha temprana (*C. arachidicola*) manejada con dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético en el cultivo de maní en ciclo de invierno.
- Determinar el progreso temporal de la roya (*P. arachidis*) manejada con dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético en el cultivo de maní en ciclo de invierno.
- Evaluar la eficacia de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético sobre la mancha temprana (*C. arachidicola*) y roya (*P. arachidis*) en el cultivo de maní en ciclo de invierno.

### III. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1. El cultivo de maní

En esta sección se describen aspectos relacionados con la importancia económica y nutricional, la taxonomía, biología y requerimientos edafoclimáticos del cultivo de maní (*Arachis hypogaea*). También se reseñan tópicos que conciernen a las dos enfermedades foliares más importantes que afectan al cultivo de maní en Nicaragua.

##### 3.1.1. Importancia económica y uso

Las leguminosas son la tercera familia más grande de plantas superiores, en donde el maní (*Arachis hypogaea* L.) es una de las especies más importantes (Krishna, 2015). La primera referencia escrita del maní parece haber sido publicada en 1535 por Gonzalo Hernández de Oviedo y Valdés en sus crónicas de sus viajes por las Américas. Más de 200 años después, Linnaeus le dio el nombre científico al maní, en su libro *Species Plantarum* de 1753. Fue el primero de su género descrito y, por lo tanto, se convirtió en la especie tipo del género (Bertioli *et al.*, 2011).

El cultivo de maní en Asia representa el 64% de la producción mundial; en África, representa el 26% de la producción mundial y tiene un papel clave en el suministro de proteínas, energía y hierro; asimismo, en este continente, su producción supera la de todas las demás leguminosas de grano juntas; en Estados Unidos se cultiva alrededor del 6% de la producción mundial. En Sudamérica actualmente se produce solo el 3% de la producción mundial, pero es de allí donde el género *Arachis* es endémico, y de donde surgió originalmente el maní cultivado (Bertioli *et al.*, 2011).

El maní es una fuente rica de energía que es suministrada por el aceite (48%-50%) y las proteínas (25%-28%) que se encuentran en los granos. Se estima que 100 g de granos proporcionan 564 kcal de energía (Jambunathan, 1991). Además, los granos de maní contienen muchos nutrientes que mejoran la salud (minerales, antioxidantes y vitaminas), son ricos en ácidos grasos monoinsaturados, contienen antioxidantes como el ácido *p*-cumarico, resveratrol, vitamina E y

muchos grupos importantes del complejo B (tiamina, ácido pantoténico, vitamina B6, folatos y niacina). El maní es una fuente de compuestos biológicamente activos como polifenoles, flavonoides e isoflavonas. El maní y los productos a base de maní pueden ser utilizados para preparar alimentos ricos en nutrientes para aliviar la desnutrición en grupos vulnerables, como mujeres embarazadas y lactantes y niños menores de 2 años, particularmente en países en desarrollo (Desmae *et al.*, 2019; Janila *et al.*, 2013).

Más del 60% de la producción mundial de maní se tritura para la extracción de aceite para usos comestibles e industriales, mientras que el 40% se usa para fines alimenticios y como semillas para sembrar en la siguiente temporada. En Europa, América del Norte y América del Sur aproximadamente el 75% de la producción se usa como alimento, mientras que en Asia solo el 35% se usa para el mismo propósito (Birthal *et al.*, 2010). El maní también se cultiva como cultivo de cobertura, forraje, abono verde, cultivos intercalados y para heno (Langat *et al.*, 2006). Al ser un cultivo de leguminosas, el maní mejora la fertilidad del suelo mediante la fijación de nitrógeno atmosférico (Janila *et al.*, 2013; Lal, 2008).

### **3.1.2. Taxonomía y biología**

El maní cultivado, una planta anual perteneciente a la familia Fabaceae (Leguminosae), se clasifica en dos subespecies, subsp. *fastigiata* Waldron y subsp. *hipogaea*. La subsp. *hipogaea* contiene dos variedades, var. *hypogaea* y var. *hirsuta*. Cada uno de estos tipos botánicos tiene diferentes características de la planta, vainas y semillas (Krapovickas y Gregory, 1994). El nombre de la especie *hypogaea* se refiere al carácter de la planta, ya que es *geocarpia*, es decir, sus frutos se desarrollan debajo del suelo. La *geocarpia* es rara entre las plantas con flores, pero es importante tener en cuenta que no es única, puesto que está presente en una amplia gama de especies, desde monocotiledóneas hasta otras leguminosas (Barker, 2005; Meney *et al.*, 1990).

El maní es un alotetraploide ( $2n = 2x = 40$ ) con genomas "AA" y "BB". Es un cultivo autopolinizado con flores cleistogámicas, pero la hibridación natural puede ocurrir en pequeña medida donde la actividad de las abejas es alta. La floración comienza 17-35 días después de la emergencia de las plántulas, dependiendo del cultivar y las condiciones ambientales. Las flores,

simples o compuestas, nacen en las axilas de las hojas y nunca en el mismo nudo que la rama vegetativa (Kochert *et al.*, 1996).

El cultivo de maní crece bien bajo un régimen de precipitaciones bien distribuidas de al menos 500 mm. El crecimiento y el desarrollo dependen en gran medida de la temperatura y la temperatura óptima del aire está en el rango de 25°C y 30°C. El requerimiento nutricional del cultivo es diferente a medida que las vainas se desarrollan en el suelo. El calcio es un nutriente importante requerido para el desarrollo de vainas y granos. Es importante señalar que en el cultivo de maní las vainas absorben directamente la mayor parte del calcio y, por lo tanto, los fertilizantes de calcio se aplican en la zona de la vaina en la etapa de floración máxima para garantizar su disponibilidad para las vainas (Janila *et al.*, 2013).

### **3.2. Enfermedades foliares del maní**

Entre los agentes bióticos, las enfermedades fúngicas siempre han sido devastadoras para el maní cultivado tanto en regiones tropicales como en regiones tropicales semiáridas (Krishna *et al.*, 2015). Entre las enfermedades fúngicas foliares, económicamente importantes se encuentran la mancha temprana, la mancha tardía y la roya. La mancha temprana es causada por *Cercospora arachidicola* Hori (teleomorfo = *Mycosphaerella arachidis* Deighton), la mancha tardía es causada por *Phaeoisariopsis personata* Berke & Curt (teleomorfo = *Mycosphaerella berkeleyi* Jenkins) y el agente causal de la roya es *Puccinia arachidis* Spegazzini (Woodward *et al.*, 2013).

#### **3.2.1. Mancha temprana y mancha tardía**

La mancha foliar temprana (*C. arachidicola*) y la mancha foliar tardía (*P. personata*) son las enfermedades fúngicas foliares más devastadoras y económicamente importantes y el principal factor reductor del rendimiento del maní en todo el mundo con una pérdida anual de rendimiento que oscila entre 15% y 50%. Cualquiera de las dos enfermedades puede estar presente dentro de un área o año determinado. Si bien ambos patógenos son destructivos en las hojas, también son capaces de causar lesiones en los pecíolos, clavijas, tallos principales y ramas laterales (Cantonwine *et al.*, 2008; Ngegba *et al.*, 2017).

### **a) Síntomas de la mancha temprana y tardía**

Los síntomas se observan inicialmente como pequeñas manchas necróticas que aparecen aproximadamente 10 días después de la deposición de las esporas sobre las hojas. Durante varias semanas, las lesiones se agrandan de 1 a 10 mm de diámetro y esporulan. La apariencia física de las dos enfermedades es similar, sin embargo, la mancha foliar temprana puede distinguirse de la mancha foliar tardía en función de las características de la lesión; lo más destacable es el color de la lesión en la superficie adaxial (Woodward *et al.*, 2013).

El patógeno *C. arachidicola* produce lesiones de color marrón claro a marrón oscuro rodeadas por un halo amarillo; mientras que las lesiones de *P. personata* tienen una apariencia más negra. La orientación de la esporulación también puede usarse para diferenciar las dos enfermedades. El hongo *C. arachidicola* esporula en el haz de las hojas; mientras que *P. personata* esporula en el envés de las hojas. Se requiere de un examen microscópico de los conidios para diferenciar aún más los dos patógenos. Los conidióforos de *C. arachidicola* son oscuros en la base, no ramificados y septados; dando lugar a conidias curvadas, subhialinas, septadas (15-45 × 3-6 µm). Los conidios de *P. personata* (20-70 × 4-9 µm) son típicamente rectos, redondeados en el ápice y no restringidos, y se producen en conidióforos lisos y marrones (Clevenger *et al.*, 2018).

### **b) Epidemiología de las manchas foliares**

Las condiciones ambientales óptimas para la infección y reproducción de los dos patógenos son bastante similares; 16°C-24°C y 20°C-26°C para *C. arachidicola* y *P. personata*, respectivamente, y ambos requieren largos períodos de humedad relativa superiores al 90%. El inóculo primario para cualquiera de los patógenos se origina a partir de residuos infectados en el suelo de cultivos de maní anteriores. Tanto *C. arachidicola* como *P. personata* sobreviven como estromas latentes en residuos infectados hasta que las condiciones ambientales sean propicias para la esporulación y la dispersión. El inóculo inicial es responsable de la aparición de epidemias de manchas foliares. La esporulación ocurre de 20 a 30 días después de la infección. La infección primaria produce lesiones secundarias que producen muchas esporas secundarias durante la temporada de cultivo de maní. La reducción de la fotosíntesis debido al crecimiento de hongos y la posterior defoliación disminuye la producción de maní. Las líneas

altamente susceptibles pueden perder todas sus hojas un mes antes de la madurez (Singh *et al.*, 2011; Tshilenge-Lukanda *et al.*, 2012).

### **3.2.2. Roya del maní**

La roya del maní (*Puccinia arachidis* Spegazzini) reduce el rendimiento y la calidad e indirectamente aumenta el costo de producción. El patógeno puede causar hasta un 57% de daño económico al cultivo cuando las epidemias son severas. El patógeno coevolucionó con el hospedante en América del Sur y su presencia se reportó por primera vez en Surinam en 1827. El hongo *P. arachidis* se encuentra geográficamente distribuido a través de todo el mundo donde se cultiva maní. Sin embargo, su incidencia y severidad varía entre localidades y temporadas de cultivo (Mondal y Badigannavar, 2015).

#### **a) Síntomas de la roya**

La roya *P. arachidis* es conocida casi exclusivamente por su etapa uredial. Existen algunos registros de la aparición de la etapa telial en maní silvestre en América del Sur. Esta roya no tiene ningún hospedante alternativo en plantas leguminosas o no leguminosas (Rodrigues *et al.*, 2006). Los síntomas de la roya aparecen 8-10 días después de la infección en forma de manchas blanquecinas en el envés de las hojas. Un día después, aparecen manchas amarillentas en el haz de las hojas y comienzan a formarse pústulas de color rojo anaranjado / marrón (uredosoros) en el envés de las hojas. Los uredosoros (pústulas) son usualmente circulares a elípticos, elevados y tienen un diámetro de 0.3 a 2.0 mm. Las pústulas se rompen después de 2 días de aparición y exponen las uredosporas, las cuales son circulares u ovals, de color naranja oscuro al principio, pero se vuelven de color canela con la madurez (Savary *et al.*, 1989).

Las pústulas se desarrollan ocasionalmente en el haz de la hoja, pero nunca son tan numerosas como en el envés. Una necrosis se desarrolla en el área que rodea las pústulas. Las áreas necróticas pueden unirse y provocar defoliación. Se pueden desarrollar síntomas en los pecíolos y tallos. La roya del maní se desarrolla comúnmente en un patrón radial desde un solo punto dentro de un campo. Estos puntos pueden aumentar rápidamente de tamaño durante los períodos de clima húmedo y cálido (Mondal y Badigannavar, 2015).

## **b) Epidemiología de la roya del maní**

En la roya del maní, las uredosporas son el único inóculo de importancia práctica. El inóculo (uredosporas) está en el aire, también pueden estar presente en la superficie externa de la vaina o semilla, pero no es transmitido internamente por semillas (Subrahmanyam y McDonald, 1982). El desarrollo epidémico se ve favorecido por temperaturas cálidas continuas ( $>22^{\circ}\text{C}$ ) con clima húmedo o alta humedad ( $>78\%$ ). En experimentos llevados a cabo por Rao *et al.*, (1997) encontraron que la temperatura en el rango de  $20\text{-}30^{\circ}\text{C}$  favoreció el desarrollo de la roya en hojas desprendidas bajo condiciones de humedad saturada en cámara de crecimiento. Además, observaron que la enfermedad progresó lentamente por debajo de  $10^{\circ}\text{C}$  y por encima de  $35^{\circ}\text{C}$  debido al incremento del período de incubación.

Un estudio en La India, confirmó que las uredosporas eran viables hasta 20 días en condiciones de campo ( $25\text{-}28^{\circ}\text{C}$ ) y que la temperatura óptima de  $25^{\circ}\text{C}$  era adecuada para la germinación máxima de las esporas. Además, las uredosporas en plantas voluntarias de maní juegan un papel importante en la supervivencia y la viabilidad del patógeno de una temporada a otra, lo que ayuda a perpetuar y dispersar al patógeno (Sunkad y Kulkarni, 2007). Además de la temperatura, la epidemiología de la roya también depende del genotipo del hospedante. Hay reportes que indican una posible interacción genotipo  $\times$  ambiente en la epidemiología de la roya del maní al observarse una frecuencia de infección diferencial en dos cultivares en condiciones de temperatura variable (Rao *et al.*, 2007).

### **3.2.3. Manejo de enfermedades foliares**

#### **a) Manejo químico**

Para controlar eficazmente las manchas foliares, las aplicaciones de fungicidas deben comenzar 30 a 40 días después de la siembra y repetirse cada 10 a 14 días hasta aproximadamente 2 semanas antes de la fecha prevista del arranque. Un total de 6 a 8 aplicaciones de fungicidas generalmente se realizan en un programa calendario de 2 semanas (Hagan *et al.*, 2010). Algunos de los primeros fungicidas líquidos, como el benomil® y el clorotalonil®, se usaron o se usan para controlar *C. arachidicola* y *P. personata*. El fungicida benomil fue muy efectivo para

controlar las manchas foliares; sin embargo, se produjo una resistencia generalizada al benomil en los dos patógenos poco después de comenzar su uso (Smith y Litrell, 1980).

El clorotalonil, un fungicida de amplio espectro, se encuentra entre los fungicidas más efectivos registrados para el control de las manchas foliares y ha sido el fungicida estándar para el manejo de estas enfermedades en el cultivo de maní desde la década de 1970. Posteriormente se han registrado otros fungicidas, principalmente triazoles, estrobilurinas y carboximidazoles, que brindan a los productores de maní numerosas opciones para el manejo de enfermedades. Aunque estos nuevos fungicidas generalmente son bastante efectivos contra las enfermedades foliares, tienen un modo de acción sitio-específico y, por lo tanto, presentan un riesgo significativo para el desarrollo de resistencia (Woodward *et al.*, 2013).

En un estudio llevado por Mushrif *et al.*, (2017) en el cual se evaluaron siete fungicidas del grupo de los triazoles (difenoconazol, propiconazol, tebuconazol y bitertanol), ditiocarbamatos (mancozeb), benzimidazoles (carbendazim) y ftalimidazoles (clorotalonil), encontraron que los fungicidas tebuconazol a 50 ppm y el fungicida carbendazim a 100 ppm suprimieron la germinación de las esporas de *C. arachidicola* y *P. personata* por completo en condiciones *in vitro*. Estos mismos autores también señalan que en experimentos de campo, el tebuconazol (0.1%) fue el mejor fungicida para controlar las manchas foliares y el segundo mejor fungicida fue el carbendazim (0.1%). En otra investigación relacionada se encontró que la aplicación de tebuconazol al 0.15% redujo la intensidad de la enfermedad y aumentó los rendimientos en comparación con las aplicaciones de tebuconazol al 0.1% (Nath *et al.*, 2013).

#### **b) Manejo mediante resistencia de hospedante**

La resistencia de la planta hospedante se considera el método de control más barato y efectivo. En consecuencia, el desarrollo de cultivares de alto rendimiento con resistencia a enfermedades foliares es una importante prioridad de mejoramiento para aumentar la productividad del maní y reducir los impactos de estas enfermedades (Zongo *et al.*, 2019).

El fitomejoramiento del maní para resistencia a enfermedades es un desafío ya que el germoplasma de maní tiene una diversidad genética estrecha (Pandey *et al.*, 2012). Los parientes silvestres diploides del maní albergan una fuerte resistencia a una amplia gama de



enfermedades; sin embargo, la barrera de las diferencias de nivel de ploidía dificulta la introgresión de los alelos resistentes a las enfermedades de los diploides silvestres al maní alotetraploide (Proite *et al.*, 2007). A pesar de esta limitación, hay algunos ejemplos de introgresión exitosa de una fuerte resistencia del hospedante a enfermedades en el maní cultivado de parientes silvestres diploides (Stalker *et al.*, 2013).

En términos de resistencia a la mancha tardía, el germoplasma de maní cultivado PI203396 ha proporcionado alelos de resistencia a esta enfermedad y como resultado de esto se produjo la liberación del cultivar resistente Georganic (Holbrook y Culbreath, 2008). La resistencia a mancha tardía más efectiva y más ampliamente utilizada se obtuvo de *Arachis cardenasii*, una especie que inicialmente fue elegida para obtener genes de resistencia para la mancha temprana de la hoja (Clevenger *et al.*, 2018). De los experimentos con la especie *A. cardenasii* se obtuvo la fuente híbrida interespecífica CS16, la cual se distribuyó a varios países y se seleccionó por su resistencia a mancha tardía, lo que resultó en dos líneas de germoplasma ICGV 86855 (CS16) e ICGV 86687 (CS16-B2-B2) (Stalker, 2017). A partir de líneas introgresadas de *A. cardenasii* se obtuvo también el germoplasma GP-NC WS 16, el cual presenta una excelente resistencia a mancha temprana (Tallury *et al.*, 2014).

### **c) Manejo biológico y botánico**

Teniendo en cuenta el impacto negativo de los fungicidas en el medio ambiente y la salud humana, es necesario el uso de métodos alternativos para el manejo de las manchas foliares en el cultivo de maní. El manejo biológico representa un enfoque natural y ecológico de menor costo, que reduce el efecto nocivo de las enfermedades y por consiguiente conduce a la reducción de fungicidas sintéticos y sus efectos indeseables sobre el medio ambiente. Asimismo, el uso de productos botánicos con actividad antifúngica representan un método alternativo económico, seguro y fácilmente disponible para el manejo de las manchas foliares del maní (Aage *et al.*, 2003; Rahman y Hossain, 1996).

En algunas investigaciones se ha demostrado que los extractos obtenidos de las semillas de la planta *Thevetia peruviana* (adelfa) tienen capacidad de reducir la diseminación de los patógenos que causan la mancha temprana y mancha tardía entre las plantas de maní (Ambang *et al.*, 2011). En otros estudios se ha encontrado que el uso del fungicida biológico *Trichoderma harzianum* y

los extractos de neem (*Azadirachta indica*) redujeron la incidencia de las manchas foliares y la defoliación causada por los patógenos (Hasan *et al.*, 2014; Hossain y Hossain, 2014).

Los agentes de control biológico a base de la bacteria del género *Bacillus* juegan un papel fundamental en el campo de los bioplaguicidas. Muchas especies de *Bacillus* han demostrado ser efectivas contra una amplia gama de patógenos de plantas. Además de ser antagonistas también son promotores del crecimiento de las plantas, inductores de resistencia sistémica, se utilizan para la producción de una amplia gama de compuestos antimicrobianos (lipopéptidos, antibióticos y enzimas) y compiten por espacio y nutrientes con otros microorganismos patógenos a través de la colonización (Khan *et al.*, 2018; Shafi *et al.*, 2017). Por consiguiente, las especies de *Bacillus* formuladas como plaguicidas biológicos son una excelente alternativa para el manejo de las manchas foliares en el cultivo de maní.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Ubicación del estudio

La investigación se llevó a cabo en la comunidad conocida como “El gancho de la mona” municipio de El Viejo, departamento de Chinandega. La posición geográfica del sitio es 12.624229° Latitud Norte y -87.220688 Longitud Oeste (Anexo 1), se encuentra a una altura de 43 metros sobre el nivel del mar (msnm). Las temperaturas promedio varían de 24°C a 38°C y una precipitación promedio anual de 750 a 2000 mm, las cuales son condiciones idóneas para el cultivo de maní. Los suelos son mayormente franco arcilloso y presentan una erosión fuerte. De acuerdo a la clasificación climática de Köppen el departamento es definido como Tropical de Sabana, que se caracteriza por ser subhúmedo con lluvias en el verano y otoño astronómico (INIDE y MAGFOR, 2013).

En el presente estudio se utilizó el enfoque cuantitativo de investigación, ya que se estableció un experimento de campo para determinar el efecto de fungicidas biológicos sobre dos enfermedades foliares importantes que afectan al cultivo de maní en Nicaragua. En este estudio se aplicó la investigación transversal descriptiva para la recolección de datos y descripción de las variables y la investigación transversal correlacional para establecer la relación entre las variables epidemiológicas evaluadas y la aplicación de fungicidas (biológicos y sintéticos).

### 4.2. Diseño metodológico

#### 4.2.1. Diseño experimental

El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar (BCA), con siete tratamientos y cuatro repeticiones para un total de 28 unidades experimentales. El modelo aditivo lineal utilizado fue el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \text{ para } i = 1, \dots, k \text{ y } j = 1, \dots, r$$

Dónde,  $X_{ij}$  = variable aleatoria observable;  $\mu$  = media general;  $\beta_j$  = efecto del j-ésimo bloque;  $\tau_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento;  $\varepsilon_{ij}$  = efecto del error experimental;  $r$  = número de repeticiones;  $k$  = número de tratamientos

La unidad experimental (UE) de cada tratamiento consistió en un área de 29.12 m<sup>2</sup> (4 surcos distanciados a 0.91 m × 8 metros de largo del surco). La siembra se realizó de forma mecanizada obteniéndose 16 plantas por metro lineal para un total de 128 plantas por surco (16 × 8). En cada unidad experimental hubo 512 plantas (128 plantas por surco × 4 surcos). El número de plantas por bloque fue de 3 584 (512 plantas por UE × 7 tratamientos). El número total de plantas en el ensayo fue de 14 336 (3 584 plantas por bloque × 4 bloques). El área efectiva de cada bloque fue de 203.84 m<sup>2</sup> (29.12 m<sup>2</sup> de la UE × 7 UE), dejando un espacio libre de 1 metro entre cada unidad experimental dentro de cada bloque. El espacio entre cada bloque fue de 1.5 metros para evitar el efecto de interferencia entre parcelas o bloques. El área efectiva total del experimento fue de 968.24 m<sup>2</sup> (25.48 m de ancho × 38 m de largo).

El área útil estuvo constituida por los 2 surcos centrales, dejando los dos surcos más externos fuera del área de evaluación para evitar el efecto de borde. En el área útil se tomaron cinco plantas de un surco y cinco del otro, para un total de 10 plantas ubicadas en el centro de los surcos. En estas 10 plantas se hicieron las evaluaciones del progreso temporal de las epidemias de mancha temprana y roya, y de la eficacia de los fungicidas biológicos y el sintético. Por cada tratamiento y sus repeticiones se evaluaron 40 plantas, para un total de 280 plantas en cada evaluación (40 plantas por tratamiento × 7 tratamientos). Durante todo el experimento se realizaron 14 evaluaciones a intervalos de cada siete días (semanal). En total se llevaron a cabo 3 920 registros de las variables que se evaluaron.

#### **4.2.2. Descripción de los tratamientos**

Se utilizaron dos productos biológicos, Serenade 1.34 SC® siendo su ingrediente activo la bacteria *Bacillus subtilis* (cepa QST 713), y Sonata 1.38 SC® cuyo ingrediente activo es la bacteria *Bacillus pumilus* (cepa QST 2808). Se incluyó el fungicida sintético Bravonil 72 SC (clotolonil®) y un testigo absoluto, que consistió en la aplicación solamente de agua a las plantas de maní. Se ensayaron dos dosis por cada uno de los productos biológicos y el sintético (Cuadro 1). Las aplicaciones de los fungicidas (biológicos y sintético) se realizaron a los 29, 42,

60, 72 y 86 días después de la siembra (DDS), es decir, cinco aplicaciones en total. Antes de cada aplicación se registró la incidencia y severidad de las enfermedades foliares (mancha temprana y roya) y 6 días después de la aplicación (DDA) se hizo un nuevo registro de estos dos parámetros epidemiológicos (incidencia y severidad) para determinar la eficacia de las aplicaciones y de los productos en general.

Cuadro 1. Descripción de los productos biológicos y sintéticos evaluados en el experimento de campo.

<b>Tratamientos</b>	<b>Ingrediente activo</b>	<b>Nombre comercial</b>	<b>Dosis ha<sup>-1</sup></b>
Tratamiento 1	<i>Bacillus subtilis</i>	Serenade 1.34 SC	1 L ha <sup>-1</sup>
Tratamiento 2	<i>Bacillus subtilis</i>	Serenade 1.34 SC	1.5 L ha <sup>-1</sup>
Tratamiento 3	<i>Bacillus pumilus</i>	Sonata 1.38 SC	0.75 L ha <sup>-1</sup>
Tratamiento 4	<i>Bacillus pumilus</i>	Sonata 1.38 SC	1 L ha <sup>-1</sup>
Tratamiento 5	Clorotalonil	Bravonil 72 SC	1 L ha <sup>-1</sup>
Tratamiento 6	Clorotalonil	Bravonil 72 SC	1.5 L ha <sup>-1</sup>
Tratamiento 7	H <sub>2</sub> O	Agua	-

#### 4.2.3. Manejo agronómico y fitosanitario

La variedad que se utilizó fue la Georgia 06-G que se siembra en el 80% de las áreas que cultivan maní en Nicaragua. La preparación de suelo fue mecanizada con un pase de arado y dos pases de grada. La siembra se realizó de forma mecanizada con sembradora de precisión Monosem® colocando 22 semillas por metro y de esta manera se obtuvo una población de 16 plantas por metro lineal. Antes de la siembra la semilla fue tratada con Trilex Star 65.4 DS® (captan + trifloxistrobina + metil-tiofanato + metalaxil) para el manejo de patógenos de suelo y Pocket 75 WS® (clotianidina + imidacloprid) para el manejo de insectos de suelo.

Para el control de malezas, al momento de la siembra, se aplicó el herbicida pre-emergente Pendimetalina 50 EC (pendimetalina®) en dosis de 3 L ha<sup>-1</sup> con adición del adyuvante Herbimax en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup>. A los 15-20 días después de la germinación, se aplicó el herbicida post-emergente Supresor 70 WG (imazapic®) en dosis de 100 g ha<sup>-1</sup>. Para el control de plagas del follaje, como *Spodoptera sunia* y *Anticarsia gemmatalis*, se aplicó el insecticida Brujula 5 WG (emamectin benzoato) a los 60 días después de la siembra.

### **4.3. Variables evaluadas**

#### **4.3.1. Intensidad de las enfermedades foliares**

La intensidad de la mancha temprana y la roya del maní fue estimada a través de la incidencia y la severidad. Los registros de severidad se utilizaron a su vez para calcular el área bajo la curva de progreso de las enfermedades (ABCPE) y la tasa de incremento de las enfermedades foliares.

##### **a) Incidencia de las enfermedades**

La incidencia se registró desde los 20 días después de la siembra (DDS) hasta los 108 DDS, con intervalos promedio de 7 días en cada recolección de datos. La incidencia se evaluó en 10 plantas de los surcos centrales tomando cinco plantas de un surco y cinco del otro surco. Estas evaluaciones se realizaron en cada tratamiento y sus repeticiones, por consiguiente, en cada fecha se evaluaron 280 plantas y en total se realizaron 3 920 evaluaciones sobre las mismas plantas. La relación porcentual de la incidencia se obtuvo con la fórmula siguiente (James, 1974):

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{Número de plantas con síntomas}}{\text{Número total de plantas evaluadas}} \times 100$$

##### **b) Severidad de las enfermedades**

La severidad de la mancha temprana y la roya del maní se estimó desde los 20 días después de la siembra (DDS) hasta los 108 DDS, con intervalos promedio de 7 días en cada recolección de datos. Al igual que la incidencia, la severidad se evaluó en las mismas 10 plantas de los surcos centrales tomando cinco plantas de un surco y cinco del otro surco. Estas evaluaciones se realizaron en cada tratamiento y sus repeticiones, por consiguiente, en cada fecha se evaluaron 280 plantas y en total se registraron 3 920 evaluaciones sobre las mismas plantas. La severidad de la mancha temprana y de la roya se evaluó en cada planta utilizando una escala ordinal de 1-9 combinada con diagramas de área estándar propuestos por Subrahmanyam *et al.*, (1995). Los valores (en porcentaje) asignados a cada grado de la escala ordinal son los siguientes: 1 = no

hay infección (0%); 2 = 1% – 5%; 3 = 6% – 10%; 4 = 11% – 20%; 5 = 21% – 30%; 6 = 31% – 40%; 7 = 41% – 60%; 8 = 61% – 80%; 9 = 81% – 100% (Anexos 2 y 3).

**c) Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)**

Los valores de severidad se utilizaron para calcular el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) de acuerdo a la fórmula de Shaner y Finney (1977):

$$ABCPE = \sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Donde, *ABCPE* = área bajo la curva de progreso de la enfermedad; *y* = porcentaje de follaje afectado en cada lectura; *t* = tiempo de cada lectura; *n* = número de lecturas

**d) Tasa de progreso de la enfermedad (parámetro “r”)**

El progreso temporal de las epidemias de mancha temprana y roya del maní fue estimado a través de la tasa de incremento de la enfermedad o parámetro “r”. Para este fin, los porcentajes de severidad fueron ajustados a las formas linealizadas de los modelos monomolecular,  $\ln[I/(I-y)] = \ln[I/(I-y_0)] + r_m t$ ; logístico,  $\ln[y/(I-y)] = \ln[y_0/(I-y_0)] + r_l t$ ; y Gompertz,  $-\ln[-\ln(y)] = -\ln[-\ln(y_0)] + r_g t$  (Campbell y Madden, 1990). Se seleccionó el modelo que describió mejor la tasa de incremento de la mancha temprana y roya del maní con base en el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y el cuadrado medio del error (CME).

**4.3.2. Eficacia de los fungicidas**

Antes de la aplicación de los fungicidas biológicos y el fungicida sintético, se registró la incidencia y severidad de la mancha temprana y la roya del maní en cada uno de los tratamientos y sus repeticiones. Las aplicaciones de los fungicidas se realizaron a los 29, 42, 60, 72 y 86 días después de la siembra (DDS) y 6 días después de la aplicación (DDA), es decir a los 35, 48, 66, 78 y 92 DDA se hizo un nuevo registro de estos dos parámetros epidemiológicos (incidencia y severidad). La eficacia de los fungicidas se calculó con la fórmula de fórmula de Henderson-Tilton (1955):

$$\text{Eficacia (\%)} = \left[ 1 - \left( \frac{Ca}{Ta} \right) \times \left( \frac{Td}{Cd} \right) \right] \times 100$$

Donde,  $Ta$  = infestación en parcelas tratadas antes de aplicar los fungicidas;  $Ca$  = infestación en parcelas testigos antes de aplicar los fungicidas;  $Td$  = infestación en parcelas tratadas después de aplicar los fungicidas;  $Cd$  = infestación en parcelas testigos después de aplicar los fungicidas

#### 4.4. Análisis de datos

Con los datos de incidencia, severidad y ABCPE se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y la separación de medias se realizó con la prueba HSD (diferencia honestamente significativa) de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). El análisis temporal de las epidemias de mancha temprana y roya del maní fue estimado a través de la tasa de incremento de la enfermedad o parámetro “ $r$ ”. Por consiguiente, los porcentajes de severidad se ajustaron a las formas linealizadas de los modelos monomolecular,  $\ln[1/(1-y)] = \ln[1/(1-y_0)] + r_m t$ ; logístico,  $\ln[y/(1-y)] = \ln[y_0/(1-y_0)] + r t$ ; y Gompertz,  $-\ln[-\ln(y)] = -\ln[-\ln(y_0)] + r_g t$  (Campbell y Madden, 1990).

Se seleccionó el modelo que describió mejor la tasa de incremento de las enfermedades con base en el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el cuadrado medio del error (CME), el error estándar de los estimadores de los parámetros  $\hat{S}_{\beta_0}$  y  $\hat{S}_{\beta_1}$  y sus probabilidades, así como en el comportamiento de los residuales.



## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Progreso temporal de la mancha temprana (*Cercospora arachidicola* Hori)

#### 5.1.1. Incidencia de mancha temprana

El análisis de varianza (ANDEVA) indicó que hubo diferencias significativas en la incidencia de mancha temprana entre tratamientos ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ), en el tiempo o días después de la siembra (DDS) ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ), en las repeticiones ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) y en la interacción tratamientos  $\times$  DDS ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ). La incidencia promedio a través del tiempo (DDS) se situó en el rango de 1.1% (20 DDS) y 9.8% (108 DDS) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores promedios de incidencia de mancha temprana (*C. arachidicola*) a través del tiempo (días después de la siembra – DDS).

DDS*	n**	Incidencia	DDS	n	Incidencia
20	28	1.1 a	65	28	6.3 f
29	28	2.9 b	72	28	6.0 ef
34	28	3.5 bc	79	28	6.2 ef
42	28	4.3 cd	86	28	8.3 g
49	28	4.8 d	96	28	8.0 g
53	28	4.8 d	101	28	9.5 h
58	28	5.3 de	108	28	9.8 h
R <sup>2</sup>			0.92		
C.V.			18.8		
p-valor			< 0.0001		

DDS\* = días después de la siembra; n\*\* = número de evaluaciones (7 tratamientos  $\times$  4 repeticiones); R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación; C.V. = coeficiente de variación; p = probabilidad ( $\alpha = 0.05$ ).

La incidencia promedio de mancha temprana en los tratamientos osciló entre 4.6% (tratamiento Sonata 1 L ha<sup>-1</sup>) y 8.2% (tratamiento testigo). El fungicida biológico Sonata 1.38 SC (*B. pumilus* cepa QST 2808) aplicado en una dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> se diferenció estadísticamente del fungicida biológico Serenade 1.34 SC (*B. subtilis* cepa QST 713) aplicado en dos dosis diferentes (1 L ha<sup>-1</sup> y 1.5 L ha<sup>-1</sup>) y del fungicida sintético Bravonil 72 SC (clorotalonil) aplicado en dos diferentes dosis también (1 L ha<sup>-1</sup> y 1.5 L ha<sup>-1</sup>). Las dos dosis (0.75 L ha<sup>-1</sup> y 1 L ha<sup>-1</sup>) del fungicida biológico Sonata 1.38 SC (*B. pumilus* cepa QST 2808) no fueron significativamente diferentes desde el punto de vista estadístico (Figura 1).

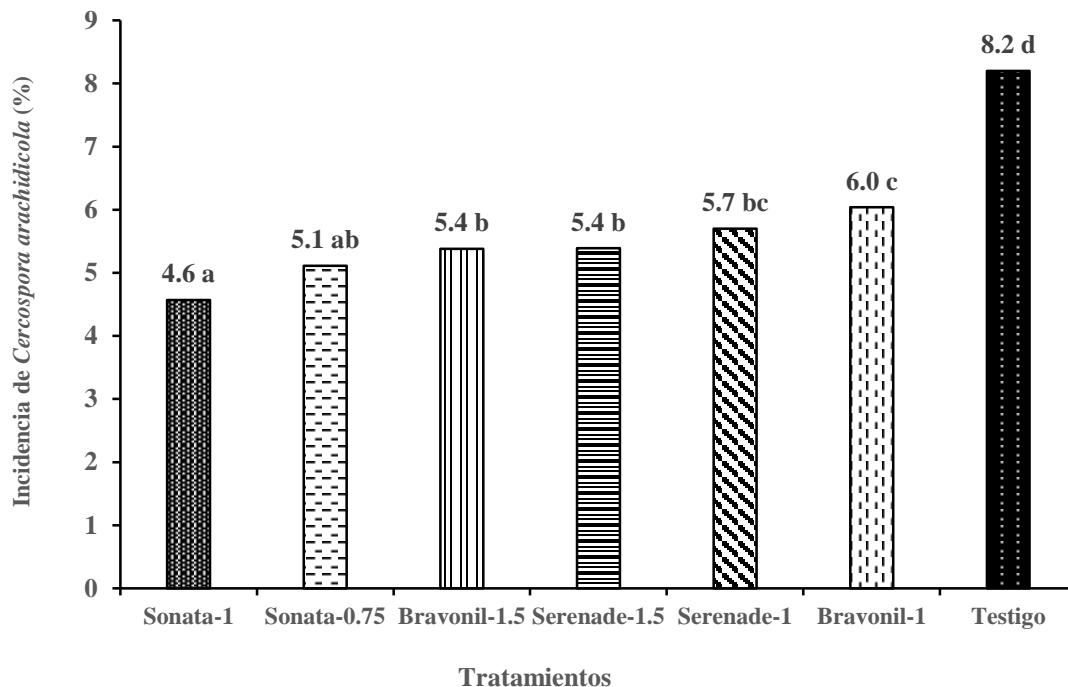


Figura 1. Comportamiento de la incidencia de mancha temprana (*C. arachidicola*) bajo la influencia de la aplicación de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético.

Las curvas de progreso de incidencia de mancha temprana a través del tiempo (días después de la siembra – DDS) mostraron una tendencia al crecimiento en casi todos los tratamientos, con excepción del tratamiento donde se aplicó el fungicida sintético Bravonil 72 SC (clorotalonil) en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup>, ya que se pudo observar una drástica caída de los valores de incidencia del día 86 DDS (8%) al día 96 DDS (0.25%). En el tratamiento testigo la curva mostró un crecimiento exponencial hasta el día 65 DDS, fecha después de la cual la curva se aplanó hasta el día 108 DDS. Casi todos los tratamientos alcanzaron un 10% de incidencia hasta la última fecha de evaluación (108 DDS), a excepción del tratamiento donde se aplicó el fungicida biológico Serenade 1.34 SC (*B. subtilis* cepa QST 713) en dosis de 1.5 L ha<sup>-1</sup>, cuya incidencia final fue de 8.8%. El tratamiento con el fungicida biológico Sonata 1.38 SC (*B. pumilus* cepa QST 2808) aplicado en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> presentó los menores valores de incidencia a través del tiempo, razón por la cual la curva de progreso de la mancha temprana en este tratamiento se mantuvo por debajo de las otras curvas de progreso de la enfermedad (Figura 2).

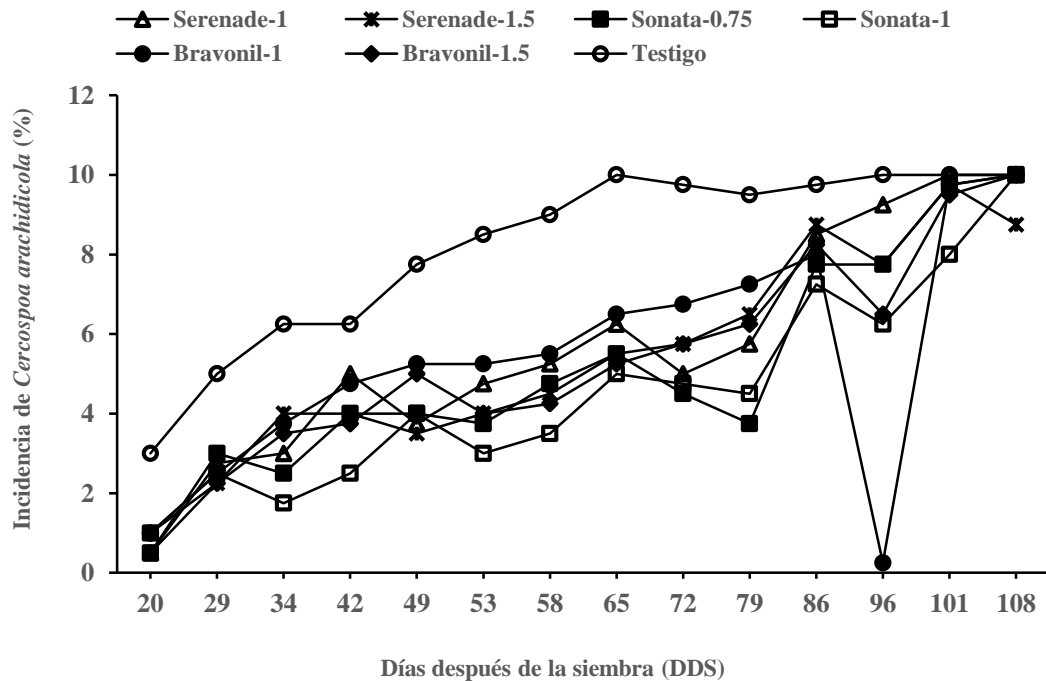


Figura 2. Curvas de progreso de la incidencia de mancha temprana a través del tiempo (días después de la siembra – DDS) para los diferentes tratamientos evaluados.

### 5.1.2. Área bajo la curva de progreso de la incidencia de *C. arachidicola* (ABCPICa)

A través del análisis de varianza se detectó diferencias significativas en el área bajo la curva de progreso de la incidencia de *C. arachidicola* (ABCPICa) entre tratamientos ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ), en el tiempo o días después de la siembra (DDS) ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ), en las repeticiones ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) y en la interacción tratamientos  $\times$  DDS ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ). El ABCPICa promedio en los DDS osciló entre 18 %-días (29 DDS) y 68 %-días (108 DDS) (Cuadro 3).

En los tratamientos, el valor promedio más bajo del ABCPICa (400 %-días) se obtuvo en el tratamiento donde se aplicó el fungicida biológico Sonata 1.38 SC (SC (*B. pumilus* cepa QST 2808) en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> y este tratamiento se diferenció estadísticamente de los tratamientos donde se aplicó el fungicida biológico Serenade 1.34 SC en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup>, el fungicida sintético Bravonil 72 SC en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> y del tratamiento testigo. El valor promedio más alto del ABCPICa (729 %-días) se presentó en el tratamiento testigo y fue significativamente diferente del resto de tratamientos. En el caso del ABCPICa también se pudo observar que dosis

más altas tuvieron un efecto de reducción de la enfermedad tanto para los fungicidas biológicos como para el fungicida sintético (Figura 3).

Cuadro 3. Valores promedios del área bajo la curva de progreso de la incidencia de *C. arachidicola* (ABCPICa) a través del tiempo (días después de la siembra – DDS).

DDS*	n**	ABCPICa	DDS	n	ABCPICa
29	28	18 g	72	28	43 d
34	28	16 g	79	28	43 d
42	28	31 e	86	28	51 c
49	28	32 e	96	28	81 a
53	28	19 g	101	28	44 d
58	28	25 f	108	28	68 b
65	28	40 d	-	-	-
R <sup>2</sup>			0.96		
C.V.			14.7		
p-valor			< 0.0001		

DDS\* = días después de la siembra; n\*\* = número de evaluaciones (7 tratamientos × 4 repeticiones); ABCPICa = área bajo la curva de progreso de la incidencia de *C. arachidicola*; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación; C.V. = coeficiente de variación; p = probabilidad ( $\alpha = 0.05$ ).

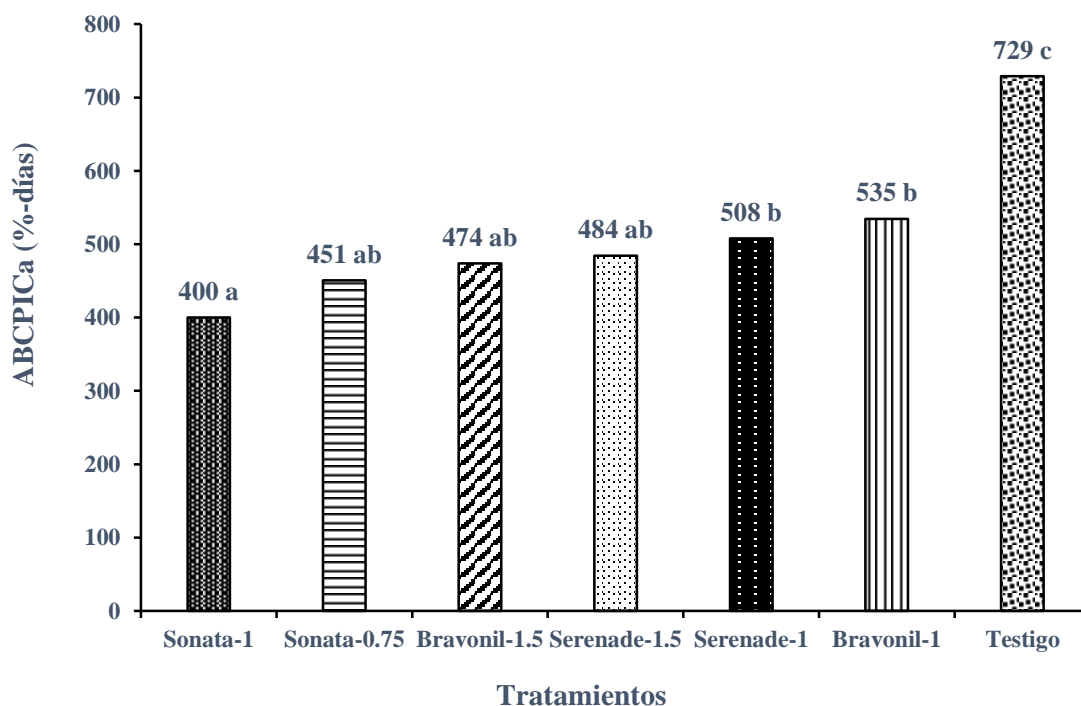


Figura 3. Valores promedio del área bajo la curva de progreso de la incidencia de *C. arachidicola* (ABCPICa) en los diferentes tratamientos evaluados.

### 5.1.3. Severidad de mancha temprana

El análisis de varianza (ANDEVA) detectó diferencias significativas en la severidad de mancha temprana entre tratamientos ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ), en el tiempo o días después de la siembra (DDS) ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ), en las repeticiones ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) y en la interacción tratamientos  $\times$  DDS ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ). La severidad promedio a través del tiempo (DDS) se situó en el rango de 2% (20 DDS) y 52% (108 DDS) (Cuadro 4).

La severidad promedio de mancha temprana en los tratamientos osciló entre 11.8% (tratamiento Sonata 1 L ha<sup>-1</sup>) y 30.6% (tratamiento testigo). Los tratamientos donde se aplicó el fungicida biológico Sonata 1.38 SC (*B. pumilus* cepa QST 2808) en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> y 0.75 L ha<sup>-1</sup> se diferenciaron estadísticamente del resto de tratamientos y obtuvieron los valores más bajos de severidad de mancha temprana (11.8% y 14% respectivamente). Asimismo, hubo diferencias significativas entre las dosis del fungicida biológico Sonata 1.38 SC. Los tratamientos donde se aplicó el fungicida biológico Serenade 1.34 SC (*B. subtilis* cepa QST 713) en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> y 1.5 L ha<sup>-1</sup> no se diferenciaron estadísticamente del tratamiento donde se aplicó el fungicida sintético Bravonil 72 SC (clorotalonil) en dosis de 1.5 L ha<sup>-1</sup>. Entre las dosis del fungicida se detectaron diferencias significativas (Figura 4).

Cuadro 4. Valores promedios de severidad de mancha temprana (*C. arachidicola*) a través del tiempo (días después de la siembra – DDS).

DDS*	n**	Incidencia	DDS	n	Incidencia
20	28	2 a	65	28	14 ef
29	28	6 b	72	28	16 f
34	28	8 bc	79	28	17 f
42	28	10 cd	86	28	23 g
49	28	11 cd	96	28	27 h
53	28	11 cd	101	28	41 i
58	28	12 de	108	28	52 j
R <sup>2</sup>			0.97		
C.V.			19.9		
p-valor			< 0.0001		

DDS\* = días después de la siembra; n\*\* = número de evaluaciones (7 tratamientos  $\times$  4 repeticiones); R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación; C.V. = coeficiente de variación; p = probabilidad ( $\alpha = 0.05$ ).

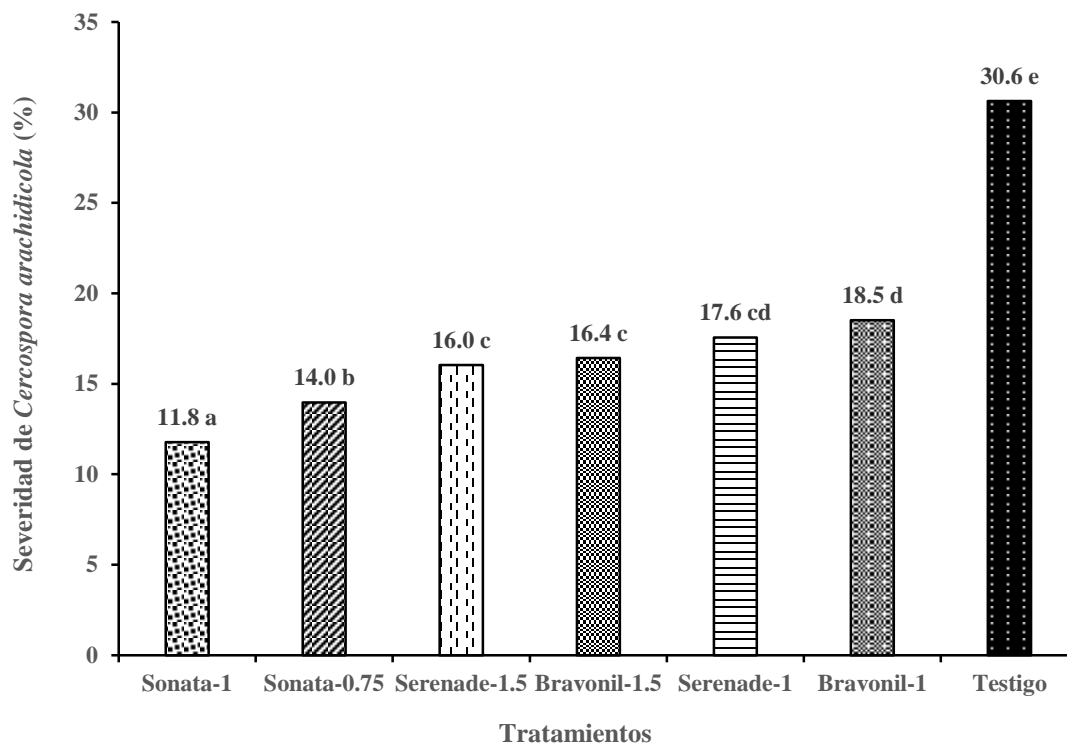


Figura 4. Comportamiento de la severidad de mancha temprana (*C. arachidicola*) bajo la influencia de la aplicación de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético.

Las curvas de progreso de severidad de mancha temprana a través del tiempo (días después de la siembra – DDS) mostraron un crecimiento exponencial en todos los tratamientos. Al final del período de evaluación (108 DDS), la severidad más baja (36.1%) se observó en el tratamiento donde se aplicó el fungicida biológico Sonata 1.38 SC (*B. pumilus* cepa QST 2808) en dosis de  $1 \text{ L ha}^{-1}$ , mientras que en el testigo se presentó el valor más alto (75.6%) de severidad. En los tratamientos con fungicidas biológicos donde se aplicó la dosis más alta (Sonata 1.38 SC –  $1 \text{ L ha}^{-1}$  y Serenade 1.34 SC –  $1.5 \text{ L ha}^{-1}$ ) se observaron valores más bajos de severidad en comparación con esos mismos fungicidas cuando se aplicó la dosis más baja, ya que en este caso los valores de severidad de mancha temprano fueron más altos. La misma tendencia se observó con el fungicida sintético Bravonil 72 SC (clorotalonil) (Figura 5).

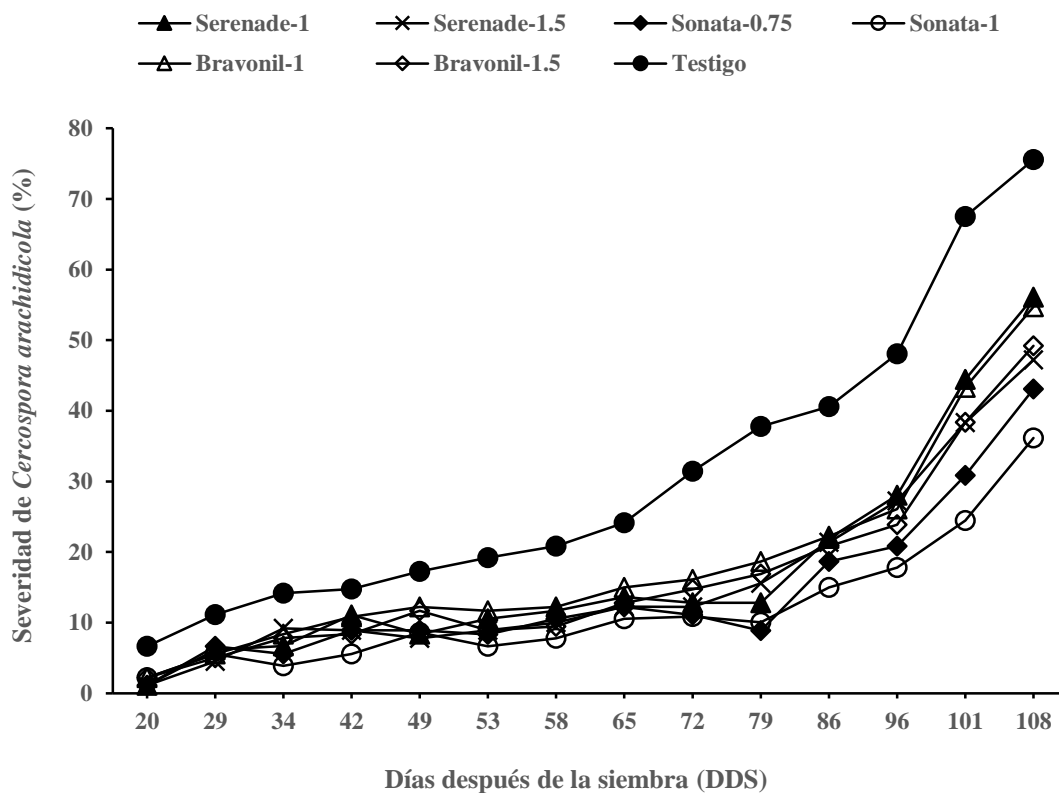


Figura 5. Curvas de progreso de la severidad de mancha temprana a través del tiempo (días después de la siembra – DDS) para los diferentes tratamientos evaluados.

#### 5.1.4. Área bajo la curva de progreso de la severidad de *C. arachidicola* (ABCPSCa)

El análisis de varianza (ANDEVA) detectó diferencias significativas en el área bajo la curva de progreso de severidad de *C. arachidicola* (ABCPSCa) entre tratamientos ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ), en el tiempo o días después de la siembra (DDS) ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ), en las repeticiones ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) y en la interacción tratamientos  $\times$  DDS ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ). El ABCPSCa promedio a través del tiempo (DDS) se situó en el rango de 39 %-días (29 DDS) y 325 %-días (108 DDS) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores promedios del área bajo la curva de progreso de la severidad de *C. arachidicola* (ABCPSCa) a través del tiempo (días después de la siembra – DDS).

DDS*	n**	ABCPSCa	DDS	n	ABCPSCa
29	28	39 hi	72	28	105 fe
34	28	36 i	79	28	115 e
42	28	71 g	86	28	141 d
49	28	72 g	96	28	252 b
53	28	43 hi	101	28	171 c
58	28	56 hg	108	28	325 a
65	28	92 f	-	-	-
R <sup>2</sup>			0.97		
C.V.			17.8		
<i>p</i> -valor			< 0.0001		

DDS\* = días después de la siembra; n\*\* = número de evaluaciones (7 tratamientos × 4 repeticiones); ABCPSCa = área bajo la curva de progreso de la incidencia de *C. arachidicola*; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación; C.V. = coeficiente de variación; *p* = probabilidad ( $\alpha = 0.05$ ).

El valor promedio más bajo del ABCPSCa (993 %-días) se obtuvo en el tratamiento donde se aplicó el fungicida biológico Sonata 1.38 SC (SC (*B. pumilus* cepa QST 2808) en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> y este tratamiento se diferenció estadísticamente de casi todos los otros tratamientos, a excepción del tratamiento donde se aplicó Sonata 1.38 SC en dosis de 0.75 L ha<sup>-1</sup> (Figura 6)

El valor promedio más alto del ABCPSCa (2645 %-días) se presentó en el tratamiento testigo y fue significativamente diferente desde el punto de vista estadístico del resto de tratamientos. En los tratamientos donde se aplicó el fungicida biológico Serenade 1.34 SC (1 L ha<sup>-1</sup> y 1.5 L ha<sup>-1</sup>) y el fungicida sintético Bravonil 72 SC (1 L ha<sup>-1</sup> y 1.5 L ha<sup>-1</sup>) no se observó diferencias significativas entre ellos (Figura 6)

En el caso del ABCPSCa también se pudo observar que dosis más altas tuvieron un efecto de reducción de la severidad tanto para los fungicidas biológicos como para el fungicida sintético (Figura 6).



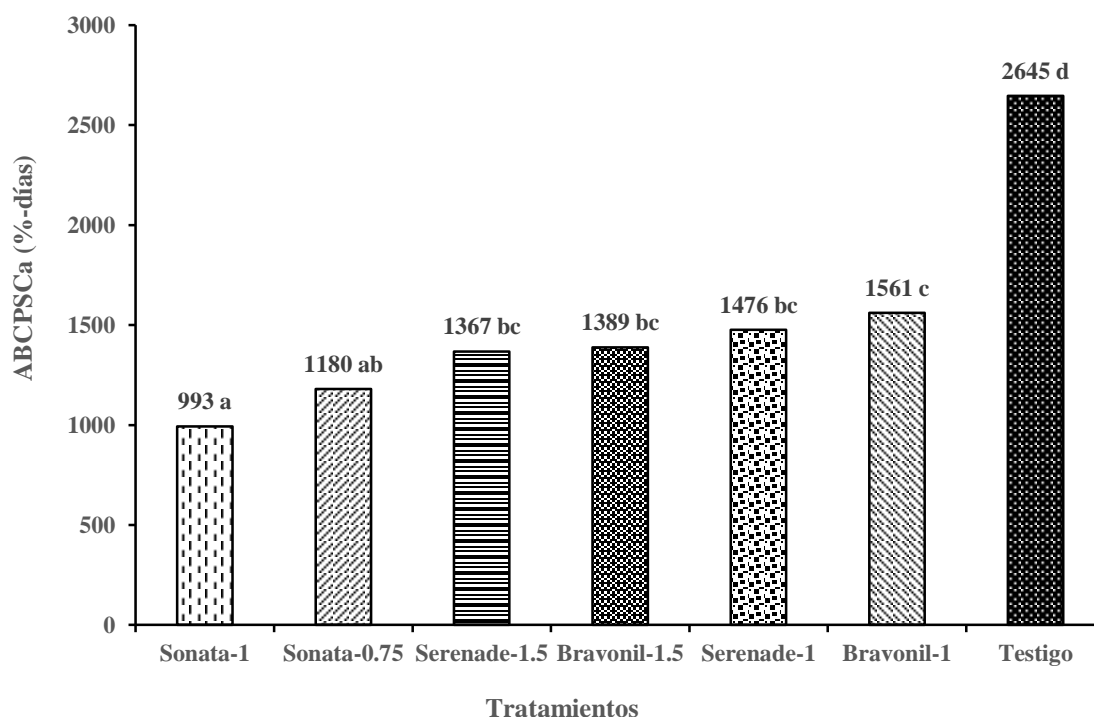


Figura 6. Valores promedio del área bajo la curva de progreso de la severidad de *C. arachidicola* (ABCPSCa) en los diferentes tratamientos evaluados.

### 5.1.5. Tasa de incremento de la mancha temprana (*C. arachidicola*)

El modelo logístico fue el que proporcionó el mejor ajuste a los datos de severidad de la mancha temprana en maní, ya que presentó valores más altos del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y valores más bajos del cuadrado medio del error (CME\*) en comparación con los modelos monomolecular y Gompertz (Cuadro 6).

Las tasas de incremento de la enfermedad más bajas ( $r = 0.03$  o 3% día<sup>-1</sup>) se observaron en los tratamientos donde se aplicó el fungicida biológico Sonata 1.34 SC en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> y el fungicida sintético Bravonil 72 SC en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> y 1.5 L ha<sup>-1</sup>. Por consiguiente, en estos tratamientos la enfermedad avanzó a un ritmo más lento en comparación con los otros tratamientos donde se observó una tasa de incremento de la enfermedad de  $r = 0.04$  (4% día<sup>-1</sup>) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Parámetros seleccionados para determinar el modelo que proporcionó el mejor ajuste a los datos de severidad de mancha temprana (*C. arachidicola*).

Tratamiento	Descripción	Modelos	R <sup>2</sup>	CME*	TIE (r)	EE
1	Serenade 1.34 SC 1 L ha <sup>-1</sup>	Monomolecular	0.67	0.09	0.01	0.0007
		Logístico	0.86	0.05	0.04	0.0039
		Gompertz	0.80	0.06	0.02	0.0013
2	Serenade 1.34 SC 1.5 L ha <sup>-1</sup>	Monomolecular	0.71	0.07	0.01	0.0005
		Logístico	0.87	0.05	0.04	0.0038
		Gompertz	0.83	0.05	0.02	0.0011
3	Sonata 1.38 SC 0.75 L ha <sup>-1</sup>	Monomolecular	0.66	0.06	0.004	0.0004
		Logístico	0.83	0.04	0.04	0.0039
		Gompertz	0.77	0.05	0.01	0.0012
4	Sonata 1.38 SC 1 L ha <sup>-1</sup>	Monomolecular	0.68	0.05	0.004	0.0003
		Logístico	0.82	0.03	0.03	0.0031
		Gompertz	0.78	0.04	0.01	0.0010
5	Bravonil 72 SC 1 L ha <sup>-1</sup>	Monomolecular	0.70	0.08	0.01	0.0006
		Logístico	0.84	0.05	0.03	0.0020
		Gompertz	0.80	0.06	0.02	0.0010
6	Bravonil 72 SC 1.5 L ha <sup>-1</sup>	Monomolecular	0.70	0.07	0.01	0.0005
		Logístico	0.85	0.04	0.03	0.0020
		Gompertz	0.81	0.05	0.02	0.0010
7	Testigo	Monomolecular	0.75	0.12	0.01	0.0010
		Logístico	0.90	0.06	0.04	0.0018
		Gompertz	0.86	0.07	0.02	0.0013

R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación para la concordancia entre la severidad (y) observada y predicha; CME\* = cuadrado medio del error; TIE = tasa de incremento de la enfermedad; EE = error estándar de la tasa de incremento de la enfermedad.

Este estudio demostró que las formulaciones de productos biológicos redujeron significativamente los valores promedios de incidencia, severidad, ABCPICA y ABCPSCa cuando se compararon con el fungicida sintético Bravonil 72 SC (clorotalonil) aplicado en dos dosis (1 L ha<sup>-1</sup> y 1.5 L ha<sup>-1</sup>). Esto se evidenció aún más para el fungicida biológico Sonata 1.38 SC (*B. pumilus* cepa QST 2808) cuando se aplicó en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup>. Esta dosis del fungicida biológico antes mencionado también redujo la tasa de incremento de la mancha temprana a 0.03 o 3% por día. Esta misma reducción en la velocidad de avance de la enfermedad se observó cuando se aplicó el fungicida sintético Bravonil 72 SC en sus dos dosis. No obstante, en programas de manejo integrado de la mancha temprana, la aplicación de Sonata 1.38 SC en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> sería la decisión más acertada a tomar para evitar los efectos adversos que tienen los fungicidas sintéticos.

Aunque durante la revisión de literatura no se encontraron estudios donde se hayan utilizado específicamente *B. subtilis* y/o *B. pumilus* para el manejo de mancha temprana en el cultivo de maní, existen reportes del uso de estos dos agentes biológicos para el manejo de otros patógenos tanto foliares como radiculares en otros cultivos. No obstante, los resultados encontrados en esos estudios son variables y en algunos casos no siempre han conducido a un control exitoso de los patógenos por parte de los agentes de control biológico. En un estudio llevado a cabo por Sha *et al.*, (2020) con el objetivo de detectar la actividad de control biológico de *B. pumilus* contra el añublo del arroz [*Magnaporthe oryzae* (=Pyricularia oryzae)] en condiciones de campo, encontraron que el agente de control biológico redujo el índice de enfermedad hasta un 9.4% y esto fue en la misma proporción que lo hicieron los fungicidas sintéticos. En el presente estudio, la formulación comercial Sonata 1.38 SC (*B. pumilus* cepa QST 2808) redujo la incidencia y severidad de mancha temprana en 4.6% y 11.8% respectivamente, lo cual está en concordancia con el estudio realizado por Sha *et al.*, (2020), en el que se observó reducción de añublo del arroz por efecto de la aplicación de un agente de control biológico.

En otra investigación llevada a cabo por Kumar *et al.*, (2017) con el objetivo de evaluar la actividad de control biológico de *B. subtilis* contra tres enfermedades importantes en el cultivo de arroz – añublo del arroz (*Magnaporthe oryzae*), tizón de la vaina (*Rhizoctonia solani*) y tizón foliar bacteriano (*Xanthomonas oryzae* p.v. *oryzae*) – reportan que *B. subtilis* redujo la severidad del añublo del arroz a 12.3%, la del tizón de la vaina a 8.05% y la del tizón bacteriano a 5.5%. En la presente investigación la formulación comercial Serenade 1.34 SC (*B. subtilis* cepa QST 713) cuando se aplicó en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> redujo la incidencia y severidad de mancha temprana a 5.7% y 17.6% respectivamente y cuando se aplicó en dosis de 1.5 L ha<sup>-1</sup> la incidencia y severidad fue de 5.4% y 16.4%. Los valores más bajos de severidad reportados por Kumar *et al.*, (2017) en comparación con los que se señalan en el presente estudio se deben en parte a que en ese estudio se utilizó una dosis de 2.5 L ha<sup>-1</sup> de la formulación a base de *B. subtilis* y ya se ha evidenciado, en este estudio por ejemplo, que aplicaciones de dosis más altas de las formulaciones de los fungicidas biológicos tienen un impacto significativo en la reducción de la incidencia y severidad de enfermedades como la mancha temprana del maní.

## 5.2. Progreso temporal de la roya del maní (*Puccinia arachidis* Spegazzini)

### 5.2.1. Incidencia de roya del maní

El análisis de varianza (ANDEVA) indicó que hubo diferencias significativas en la incidencia de roya entre tratamientos ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ), en el tiempo o días después de la siembra (DDS) ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ), en las repeticiones ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) y en la interacción tratamientos  $\times$  DDS ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ). La incidencia promedio de roya a través del tiempo (DDS) se situó en el rango de 0% (20 DDS) y 9.1% (108 DDS) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Valores promedios de incidencia de roya en maní (*P. arachidis*) a través del tiempo (días después de la siembra – DDS).

DDS*	n**	Incidencia	DDS	n	Incidencia
20	28	0 a	65	28	3.7 e
29	28	0 a	72	28	4.1 e
34	28	1.3 b	79	28	5.9 f
42	28	1.3 b	86	28	6.5 f
49	28	2.0 bc	96	28	8.1 g
53	28	2.5 cd	101	28	8.5 gh
58	28	2.8 d	108	28	9.1 h
R <sup>2</sup>			0.97		
C.V.			19.1		
p-valor			< 0.0001		

DDS\* = días después de la siembra; n\*\* = número de evaluaciones (7 tratamientos  $\times$  4 repeticiones); R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación; C.V. = coeficiente de variación; p = probabilidad ( $\alpha = 0.05$ ).

La incidencia promedio de roya en los tratamientos osciló entre 2.8% (tratamiento Sonata 1 L ha<sup>-1</sup>) y 5.4% (tratamiento testigo). El fungicida biológico Sonata 1.38 SC (*B. pumilus* cepa QST 2808) aplicado en una dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> se diferenció estadísticamente de los demás tratamientos. Los tratamientos donde se aplicó el fungicida biológico Sonata 1.38 SC en dosis de 0.75 L ha<sup>-1</sup> y el fungicida biológico Serenade 1.34 SC (1 L ha<sup>-1</sup> y 1.5 L ha<sup>-1</sup>) se diferenciaron de los tratamientos donde se aplicó el fungicida sintético Bravonil 72 SC en las dosis, 1 L ha<sup>-1</sup> y 1.5 L ha<sup>-1</sup> (Figura 7). Las curvas de progreso de incidencia de roya a través del tiempo (días después de la siembra – DDS) mostraron un crecimiento sigmoide en todos los tratamientos. La enfermedad comenzó a manifestarse a los 34 DDS y continuó incrementándose a través del tiempo. En el caso del testigo, se pudo observar que la curva comenzó a aplanarse a partir de los 96 DDS hasta los 108 DDS. En los tratamientos donde se aplicó el fungicida biológico Sonata

1.38 SC en dosis de 0.75 L ha<sup>-1</sup> y 1 L ha<sup>-1</sup> se observaron los valores más bajos (7.8% y 7.5% respectivamente) en las curvas de progreso de roya a través del tiempo (Figura 8).

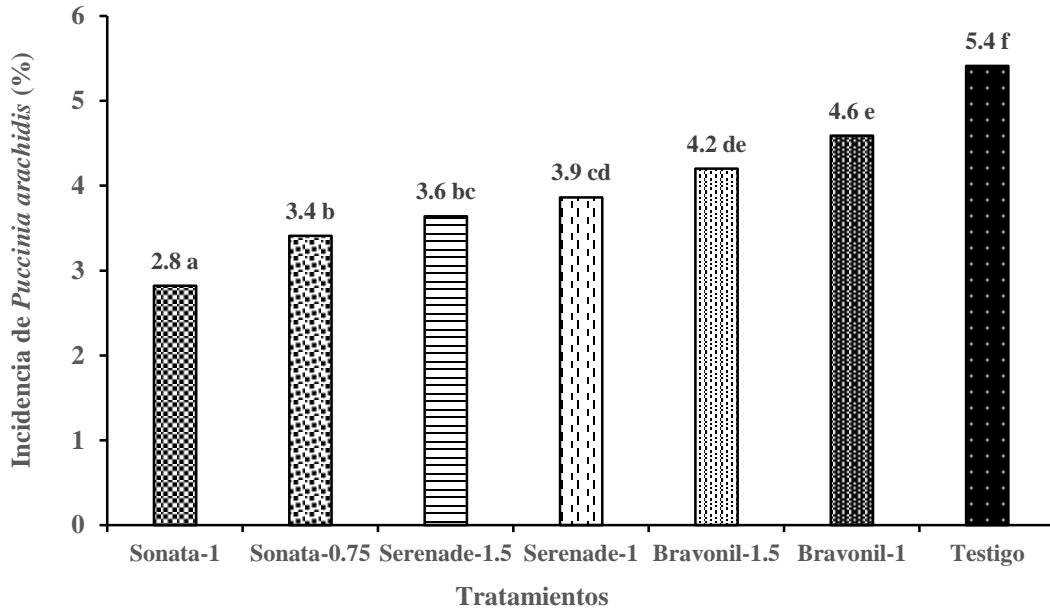


Figura 7. Comportamiento de la incidencia de roya (*P. arachidis*) bajo la influencia de la aplicación de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético.

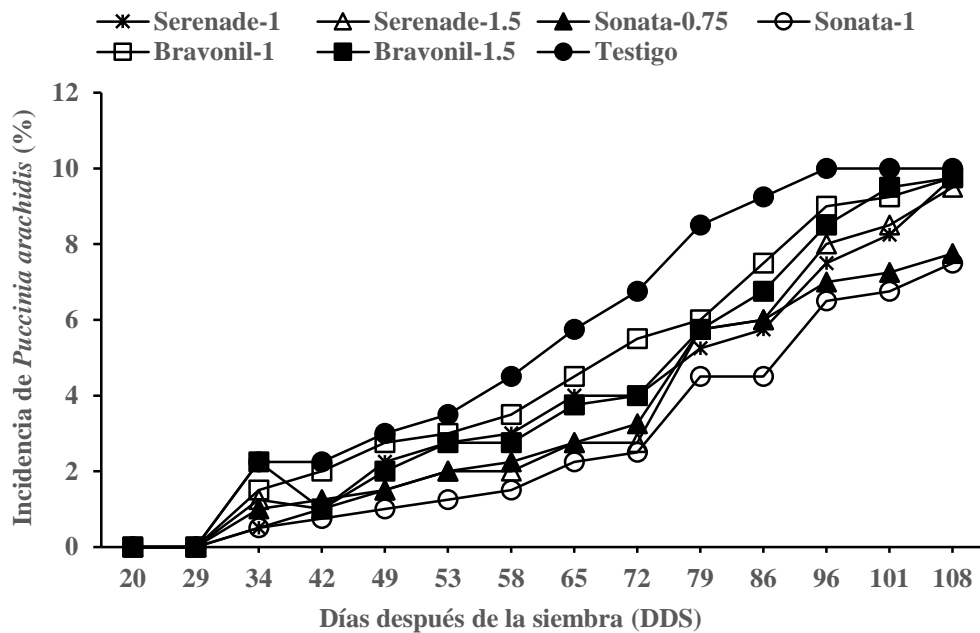


Figura 8. Curvas de progreso de la incidencia de roya del maní a través del tiempo (días después de la siembra – DDS) para los diferentes tratamientos evaluados.

### 5.2.2. Área bajo la curva de progreso de incidencia de roya *P. arachidis* (ABCPIPa)

El análisis de varianza reveló diferencias significativas en el área bajo la curva de progreso de la incidencia de *P. arachidis* (ABCPIPa) entre tratamientos ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ), en el tiempo o días después de la siembra (DDS) ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ), en las repeticiones ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) y en la interacción tratamientos  $\times$  DDS ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ). El ABCPIPa promedio en los DDS osciló entre 0 %-días (29 DDS) y 62 %-días (108 DDS) (Cuadro 8).

En los tratamientos, el valor promedio más bajo del ABCPIPa (248 %-días) se obtuvo en el tratamiento donde se aplicó el fungicida biológico Sonata 1.38 SC (SC (*B. pumilus* cepa QST 2808) en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> y este tratamiento se diferenció estadísticamente de los otros tratamientos, con excepción del tratamiento donde se aplicó el mismo fungicida biológico, pero en dosis de 0.75 L ha<sup>-1</sup> (Figura 9).

Cuadro 8. Valores promedios del área bajo la curva de progreso de la incidencia de *P. arachidis* (ABCPIPa) a través del tiempo (días después de la siembra – DDS).

DDS*	n**	ABCPIPa	DDS	n	ABCPIPa
29	28	0 i	72	28	27 e
34	28	3 i	79	28	35 d
42	28	11 hg	86	28	44 c
49	28	12 hg	96	28	73 a
53	28	9 h	101	28	41 c
58	28	13 g	108	28	62 b
65	28	23 f	-	-	-
R <sup>2</sup>			0.98		
C.V.			16.3		
p-valor			< 0.0001		

DDS\* = días después de la siembra; n\*\* = número de evaluaciones (7 tratamientos  $\times$  4 repeticiones); ABCPIPa = área bajo la curva de progreso de la incidencia de *P. arachidis*; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación; C.V. = coeficiente de variación; p = probabilidad ( $\alpha = 0.05$ ).

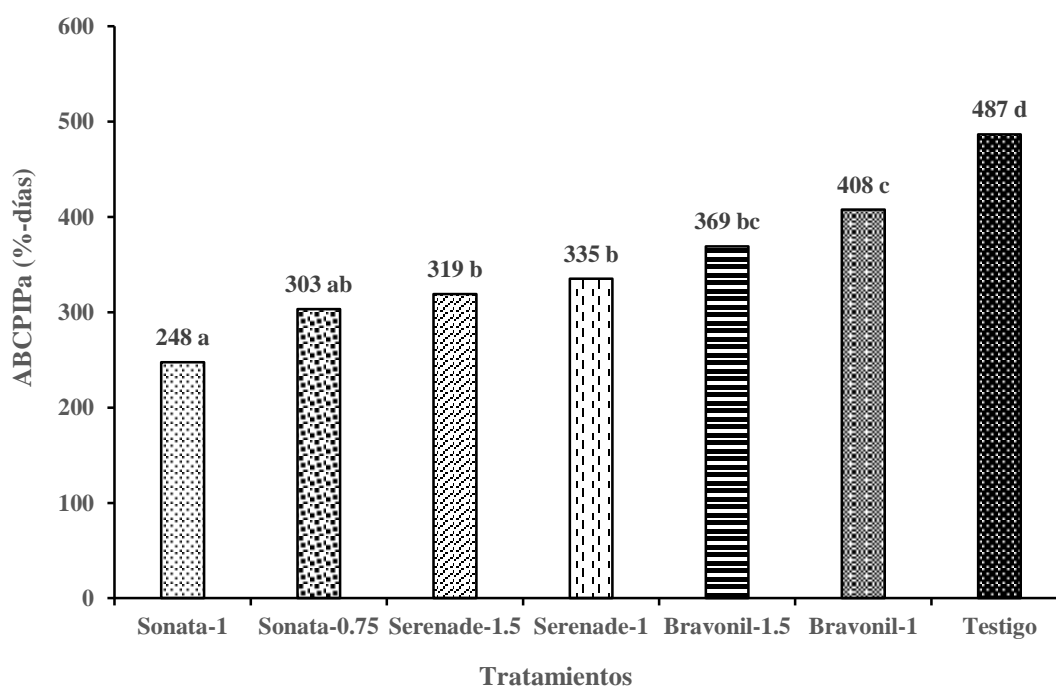


Figura 9. Valores promedio del área bajo la curva de progreso de la incidencia de *P. arachidis* (ABCPIPa) en los diferentes tratamientos evaluados.

El valor promedio más alto del ABCPIPa (487 %-días) se presentó en el tratamiento testigo y fue significativamente diferente del resto de tratamientos. En el caso del ABCPIPa también se pudo observar que dosis más altas tuvieron un efecto de reducción de la enfermedad tanto para los fungicidas biológicos como para el fungicida sintético (Figura 9).

### 5.2.3. Severidad de roya del maní

El análisis de varianza (ANDEVA) detectó diferencias significativas en la severidad de roya entre tratamientos ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ), en el tiempo o días después de la siembra (DDS) ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ), en las repeticiones ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) y en la interacción tratamientos  $\times$  DDS ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ). La severidad promedio a través del tiempo (DDS) osciló en el rango de 0% (20 DDS) y 50.5% (108 DDS) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Valores promedios de severidad de roya en maní (*P. arachidis*) a través del tiempo (días después de la siembra – DDS).

DDS*	n**	Severidad	DDS	n	Severidad
20	28	0 a	65	28	13.4 d
29	28	0 a	72	28	16.5 d
34	28	4.0 b	79	28	23.3 e
42	28	4.1 b	86	28	28.8 f
49	28	6.3 bc	96	28	37.5 g
53	28	7.9 c	101	28	42.1 h
58	28	9.5 c	108	28	50.5 i
R <sup>2</sup>			0.98		
C.V.			21.3		
<i>p</i> -valor			< 0.0001		

DDS\* = días después de la siembra; n\*\* = número de evaluaciones (7 tratamientos × 4 repeticiones); R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación; C.V. = coeficiente de variación; *p* = probabilidad ( $\alpha = 0.05$ ).

La severidad promedio de roya en los tratamientos osciló entre 11% (tratamiento Sonata 1 L ha<sup>-1</sup>) y 29% (tratamiento testigo). El fungicida biológico Sonata 1.38 SC (*B. pumilus* cepa QST 2808) aplicado en una dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> se diferenció estadísticamente de los demás tratamientos. Los tratamientos donde se aplicó el fungicida biológico Sonata 1.38 SC en dosis de 0.75 L ha<sup>-1</sup> y el fungicida biológico Serenade 1.34 SC en dosis de 1.5 L ha<sup>-1</sup> no fueron significativamente diferentes. Esto mismo se observó para los tratamientos Serenade 1.34 SC aplicado en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> y el fungicida sintético Bravonil 72 SC aplicado en dosis de 1.5 L ha<sup>-1</sup> (Figura 10).



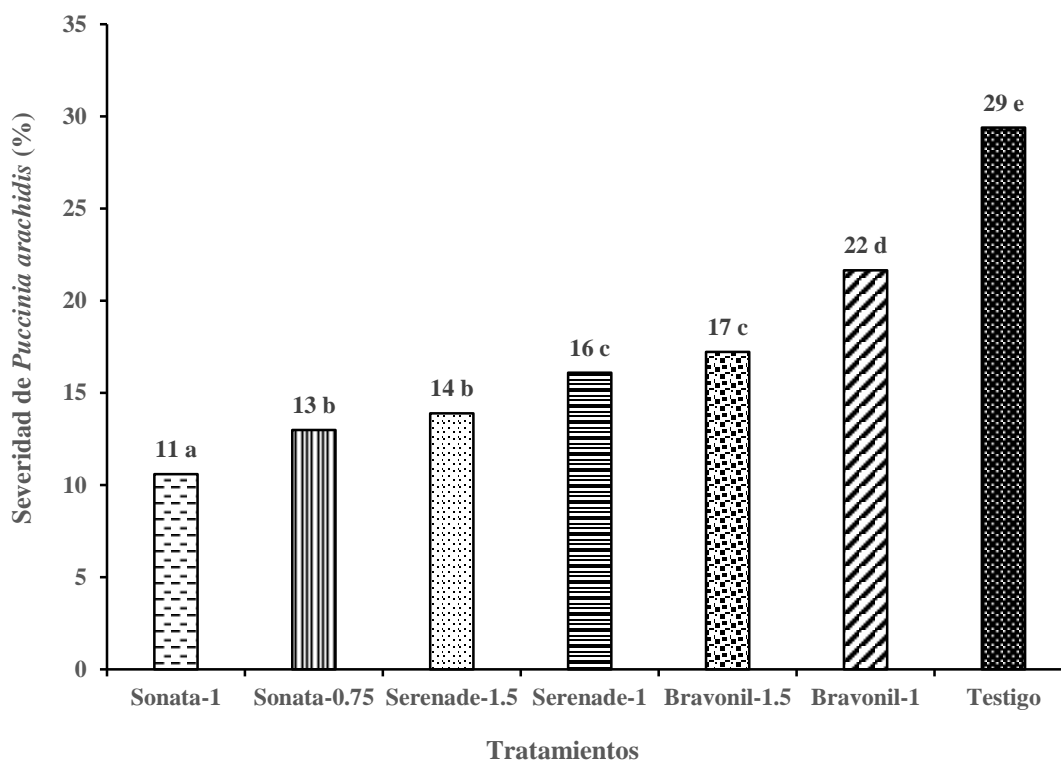


Figura 10. Comportamiento de la severidad de roya (*P. arachidis*) bajo la influencia de la aplicación de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético.

Las curvas de progreso de severidad de roya a través del tiempo (días después de la siembra – DDS) mostraron un crecimiento exponencial en casi todos los tratamientos, con excepción del tratamiento donde se aplicó el fungicida biológico Sonata 1.38 SC en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup>, en el cual se observó una tendencia a mantener una severidad menor al 10% hasta el día 72 DDS. Los síntomas visibles de la enfermedad comenzaron a manifestarse a los 34 DDS y continuó incrementándose a través del tiempo (Figura 11).

Al final del período de evaluación, los valores promedios más bajos de las curvas de progreso de severidad de roya se observaron en los tratamientos donde se aplicó el fungicida biológico Sonata 1.38 SC en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> y 0.75 L ha<sup>-1</sup> con 30.5% y 36.8% respectivamente. Asimismo, los valores promedio más altos de las curvas de progreso de severidad de roya se registraron en los tratamientos donde se aplicó el fungicida sintético Bravonil 72 SC en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> y en el testigo con 64% y 78.8% respectivamente (Figura 11).

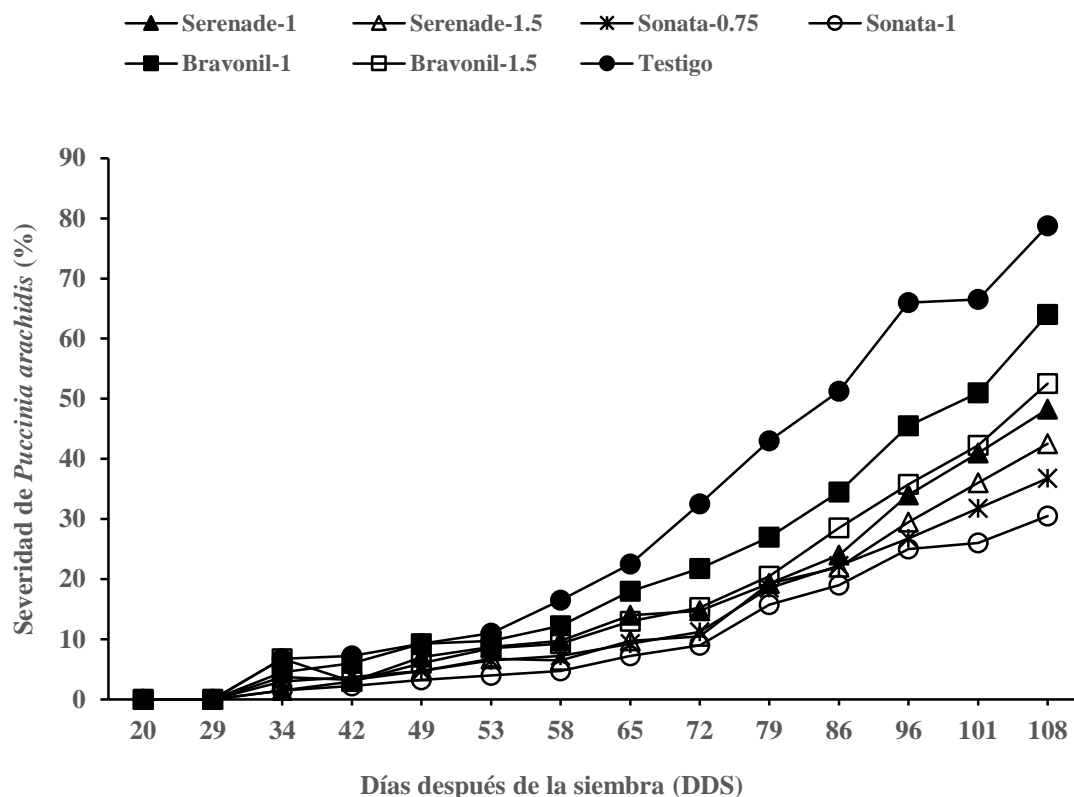


Figura 11. Curvas de progreso de la severidad de roya del maní a través del tiempo (días después de la siembra – DDS) para los diferentes tratamientos evaluados.

#### 5.2.4. Área bajo la curva de progreso de severidad de *P. arachidis* (ABCPSPa)

El análisis de varianza indicó que hubo diferencias significativas en el área bajo la curva de progreso de la severidad de *P. arachidis* (ABCPSPa) entre tratamientos ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ), en el tiempo o días después de la siembra (DDS) ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ), en las repeticiones ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) y en la interacción tratamientos  $\times$  DDS ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ). El ABCPSPa promedio en los DDS osciló entre 0 %-días (29 DDS) y 324 %-días (108 DDS) (Cuadro 10).

En los tratamientos, el valor promedio más bajo del ABCPSPa (927 %-días) se obtuvo en el tratamiento donde se aplicó el fungicida biológico Sonata 1.38 SC (SC (*B. pumilus* cepa QST 2808) en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> y este tratamiento no se diferenció estadísticamente de los tratamientos donde se aplicó el mismo fungicida biológico, pero en dosis de 0.75 L ha<sup>-1</sup> y el fungicida biológico Serenade 1.34 SC en dosis de 1.5 L ha<sup>-1</sup> (Figura 12). El valor promedio más alto del ABCPSPa (2591 %-días) se presentó en el tratamiento testigo y fue significativamente

diferente del resto de tratamientos. En el caso del ABCPSPa también se pudo observar que dosis más altas tuvieron un efecto de reducción de la enfermedad tanto para los fungicidas biológicos como para el fungicida sintético (Figura 12).

Cuadro 10. Valores promedios del área bajo la curva de progreso de la severidad de *P. arachidis* (ABCPSPa) a través del tiempo (días después de la siembra – DDS).

DDS*	n**	ABCPSPa	DDS	n	ABCPSPa
29	28	0 h	72	28	105 d
34	28	10 gh	79	28	139 c
42	28	32 f	86	28	182 b
49	28	36 f	96	28	331 a
53	28	28 fg	101	28	199 b
58	28	43 f	108	28	324 a
65	28	80 e	-	-	-
R <sup>2</sup>			0.98		
C.V.			19.4		
p-valor			< 0.0001		

DDS\* = días después de la siembra; n\*\* = número de evaluaciones (7 tratamientos × 4 repeticiones); ABCPSPa = área bajo la curva de progreso de la severidad de *P. arachidis*; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación; C.V. = coeficiente de variación; p = probabilidad ( $\alpha = 0.05$ ).

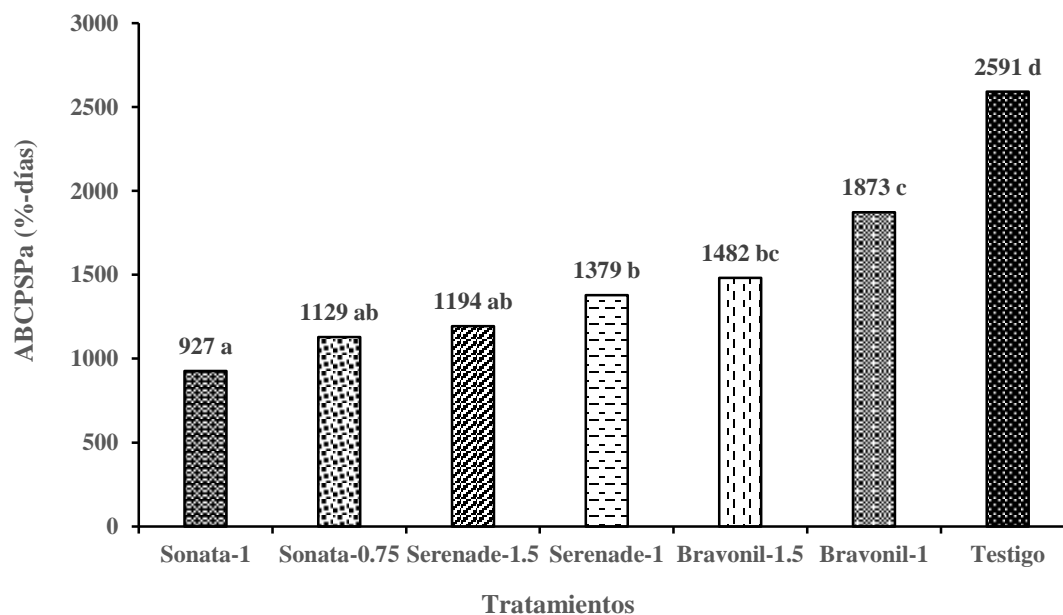


Figura 12. Valores promedio del área bajo la curva de progreso de la severidad de *P. arachidis* (ABCPSPa) en los diferentes tratamientos evaluados.

### 5.2.5. Tasa de incremento de la roya del maní (*P. arachidis*)

El modelo de Gompertz proporcionó el mejor ajuste a los datos de severidad de roya en maní, ya que presentó valores más altos del coeficiente de determinación ( $R^{*2}$ ) y valores más bajos del cuadrado medio del error (CME\*) en comparación con los modelos monomolecular y logístico. Las tasas de incremento de la enfermedad más altas se observaron en el tratamiento donde se aplicó el fungicida sintético Bravonil 72 SC en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> ( $r = 0.03$  o 3% día<sup>-1</sup>) y en el testigo ( $r = 0.04$  o 4% día<sup>-1</sup>). Por consiguiente, en estos tratamientos la enfermedad avanzó más rápido en comparación con los otros tratamientos donde se observó una tasa de incremento de la enfermedad de  $r = 0.02$  (2% día<sup>-1</sup>) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Parámetros seleccionados para determinar el modelo que proporcionó el mejor ajuste a los datos de severidad de roya (*P. arachidis*).

Tratamiento	Descripción	Modelos	R* <sup>2</sup>	CME*	TIE	EE
1	Serenade 1.34 SC 1 L ha <sup>-1</sup>	Monomolecular	0.80	0.07	0.01	0.0005
		Logístico	0.89	0.07	0.07	0.0049
		Gompertz	0.91	0.05	0.02	0.0010
2	Serenade 1.34 SC 1.5 L ha <sup>-1</sup>	Monomolecular	0.75	0.07	0.01	0.0005
		Logístico	0.87	0.06	0.07	0.0045
		Gompertz	0.88	0.05	0.02	0.0010
3	Sonata 1.38 SC 0.75 L ha <sup>-1</sup>	Monomolecular	0.83	0.05	0.005	0.0003
		Logístico	0.88	0.06	0.07	0.0047
		Gompertz	0.92	0.04	0.02	0.0009
4	Sonata 1.38 SC 1 L ha <sup>-1</sup>	Monomolecular	0.75	0.05	0.004	0.0004
		Logístico	0.78	0.07	0.07	0.0053
		Gompertz	0.84	0.04	0.02	0.0012
5	Bravonil 72 SC 1 L ha <sup>-1</sup>	Monomolecular	0.78	0.10	0.01	0.0009
		Logístico	0.90	0.08	0.08	0.0054
		Gompertz	0.91	0.06	0.03	0.0013
6	Bravonil 72 SC 1.5 L ha <sup>-1</sup>	Monomolecular	0.78	0.08	0.01	0.0006
		Logístico	0.91	0.06	0.07	0.0049
		Gompertz	0.91	0.05	0.02	0.0011
7	Testigo	Monomolecular	0.79	0.14	0.02	0.0011
		Logístico	0.94	0.07	0.08	0.0051
		Gompertz	0.96	0.06	0.04	0.0013

En el caso de la roya del maní (*P. arachidis*), en esta investigación se logró evidenciar también que los fungicidas biológicos redujeron los valores promedios de incidencia, severidad, ABCPIPa y ABCPSPa. Los fungicidas biológicos en las dos dosis que se aplicaron redujeron la tasa de incremento de la roya a 0.02, es decir, 2% por día. La velocidad de incremento de la roya se redujo también a 0.02 cuando se aplicó el fungicida sintético Bravonil 72 SC, pero en la dosis más alta que fue 1.5 L ha<sup>-1</sup>. Por consiguiente, en programas de manejo integrado de roya en el cultivo de maní se podrían utilizar los fungicidas biológicos evaluados en este estudio incluso utilizando las dosis más bajas.

A través del presente estudio, esta es la primera vez que se reporta el uso de dos formulaciones comerciales de fungicidas biológicos para el manejo de la roya en el cultivo de maní como una alternativa al uso de fungicidas sintéticos en Nicaragua. El fungicida biológico Sonata 1.38 SC (*B. pumilus* cepa QST 2808) en las dos dosis evaluadas, 0.75 L ha<sup>-1</sup> y 1 L ha<sup>-1</sup>, redujo a valores más bajos la incidencia y la severidad de roya en maní en comparación con el fungicida biológico Serenade 1.34 SC (*B. subtilis* cepa QST 713) aplicado también en dos dosis, 1 L ha<sup>-1</sup> y 1.5 L ha<sup>-1</sup>. En un estudio realizado por Reiss y Jørgensen (2017), en el cual investigaban el potencial de la formulación comercial Serenade ASO (*B. subtilis* QST 713) para controlar la roya amarilla (*Puccinia striiformis*) del trigo, encontraron que el fungicida biológico redujo significativamente la severidad bajo condiciones de presión moderada de la enfermedad. Otro hallazgo importante que reportan estos investigadores es que un aumento en el número de aplicaciones del fungicida biológico de dos a cuatro por temporada tendió a mejorar el control de la enfermedad, aunque las diferencias no siempre fueron significativas.

En otra investigación llevada a cabo por Dorighello *et al.*, (2015), cuyo objetivo era evaluar el potencial de *B. subtilis* (QST-713) y *B. pumilus* (QST-2808) para controlar la roya asiática de la soya, *Phakopsora pachyrhizi*, en condiciones de campo, reportaron que estos dos agentes de control biológicos solos y en combinación disminuyeron la severidad de la roya en el cultivo de soya. No obstante, Brandi *et al.*, (2018), encontraron que los productos comerciales basados en *B. subtilis* QST-713 y *B. pumilus* QST-2808 no controlaron en el campo a *Thielaviopsis paradoxa*, un hongo que causa la enfermedad pudrición amarilla o anaranjada de los esquejes de la caña de azúcar.

### 5.3. Relación entre la incidencia y severidad de enfermedades foliares en maní

#### 5.3.1. Relación entre la incidencia y severidad de *C. arachidicola*

El análisis de regresión reveló una relación altamente significativa ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) entre la incidencia y la severidad de la mancha temprana (*C. arachidicola*) a través del tiempo o días después de la siembra (Figura 13). Las relaciones entre la incidencia y la severidad se han estudiado en varias enfermedades de plantas. En general, la relación incidencia-severidad ha estado influenciada por la susceptibilidad de la planta hospedante (cultivar), la aplicación de fungicidas, momento de evaluación de la enfermedad y la fenología del cultivo (Carise *et al.*, 2013; Paul *et al.*, 2005).

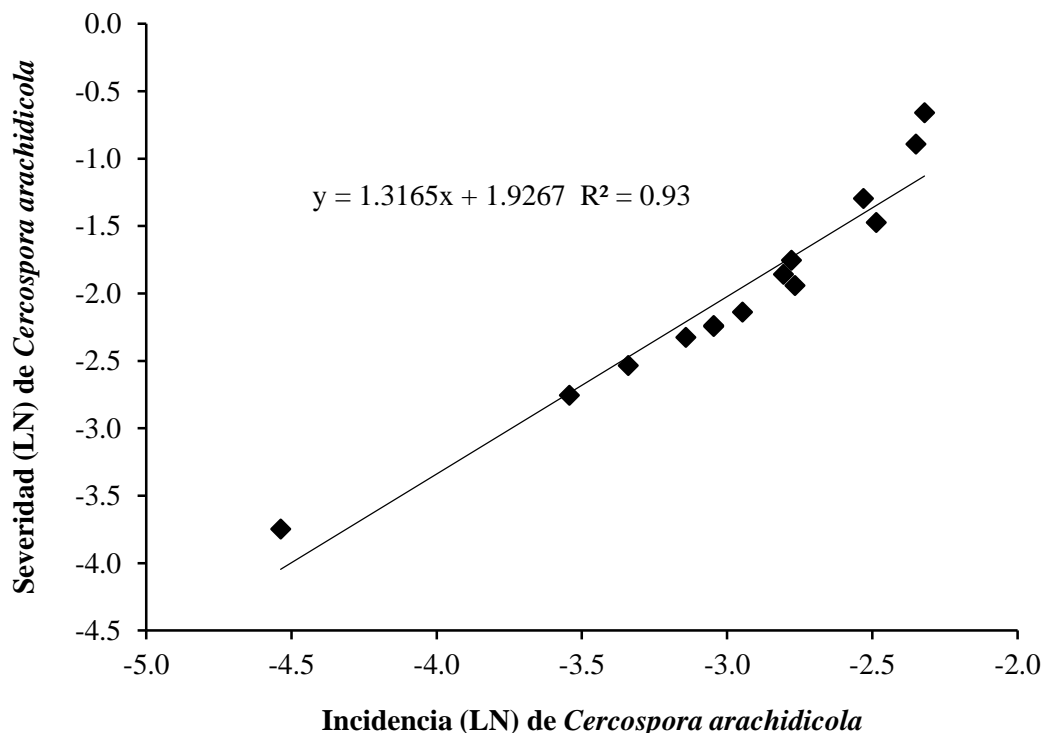


Figura 13. Representación de la relación entre la incidencia y severidad de *C. arachidicola* con datos transformados usando el logaritmo natural (LN).

#### 5.3.2. Relación entre la incidencia y severidad de *P. arachidis*

El análisis de regresión también reveló una relación altamente significativa ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) entre la incidencia y la severidad de roya (*P. arachidis*) a través del tiempo o días después de la siembra. Esta relación fue más acentuada para el caso de la roya, ya que el coeficiente de

determinación fue más alto en comparación con ese mismo coeficiente obtenido en el análisis de regresión de la mancha temprana (Figura 14).

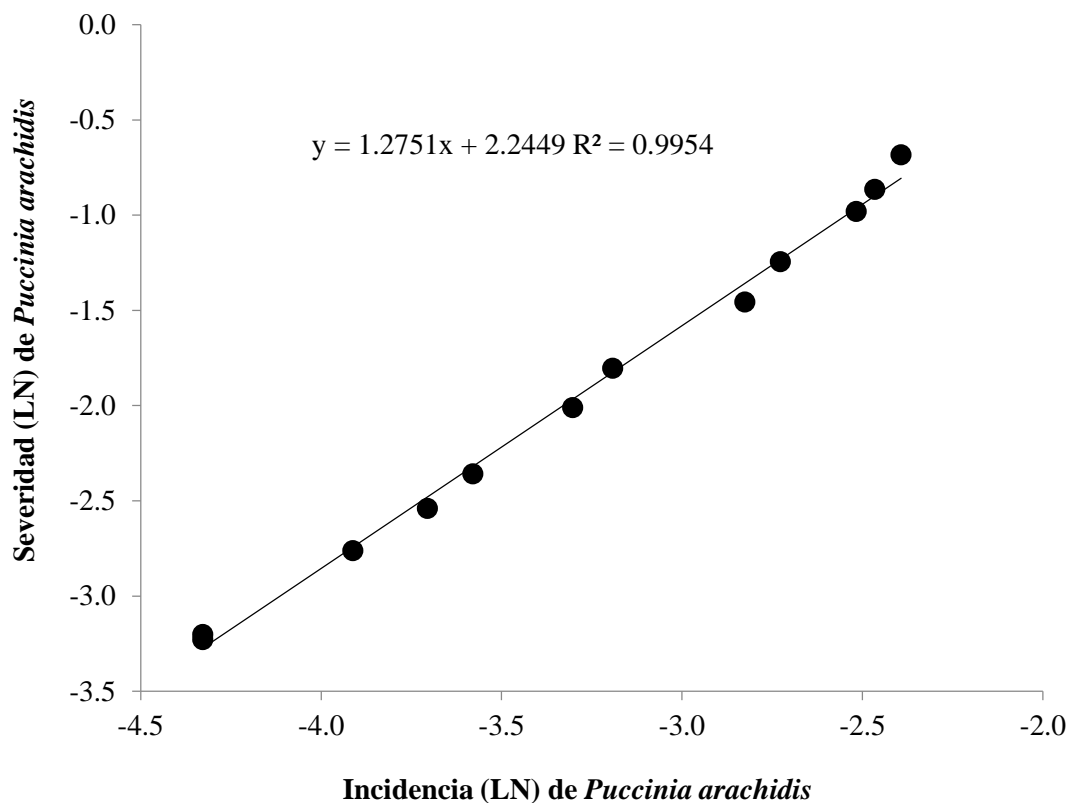


Figura 14. Representación de la relación entre la incidencia y severidad de *P. arachidis* con datos transformados usando el logaritmo natural (LN).

En el presente estudio, la relación incidencia-severidad estuvo influenciada por dos factores, el primero de los cuales fue la aplicación de fungicidas y más precisamente la dosis de fungicida aplicada, independientemente si el fungicida era biológico o sintético, ya que a dosis más altas de los fungicidas las dos variables, incidencia y severidad, disminuyeron simultáneamente. El segundo factor a considerar fue el tiempo, ya que a medida que el cultivo se fue desarrollando, la incidencia y la severidad se incrementaron de forma sincronizada.

La evaluación de la severidad en condiciones de campo es tediosa, requiere mucho tiempo y puede ser propensa a sesgos y errores experimentales. Sin embargo, a pesar de los inconvenientes, la severidad a menudo se considera una medida más importante y útil de la

intensidad de la enfermedad que la incidencia para evaluar las pérdidas de rendimiento y determinar la eficacia de las estrategias de manejo de una enfermedad dada (Arabi y Jawhar, 2010; Campbell y Madden, 1990).

La incidencia generalmente se evalúa de forma más precisa que la severidad y podría utilizarse como un enfoque alternativo de evaluación que puede transformarse en una medición de severidad cuando existe una relación matemática entre estas dos variables epidemiológicas (Copes y Stevenson, 2008).

En esta investigación, la mejor relación lineal entre la incidencia y severidad se obtuvo transformando a logaritmo natural (LN) los valores expresados en porcentajes, lo cual proporcionó un coeficiente de determinación más alto. Por consiguiente, este estudio concuerda con el de Cardoso *et al.*, (2004), en el cual usaron el logaritmo natural para transformar los datos y de esta manera estudiar la relación incidencia-severidad de la gomosis del marañón, causada por *Lasiodiplodia theobromae*, para determinar la viabilidad del uso de la incidencia de la enfermedad para estimar indirectamente la severidad.

Debido que la cuantificación de la incidencia es más fácil y más confiable que la medición de la severidad, y dado que la severidad es más útil que la incidencia para ciertos objetivos, una relación cuantitativa entre la incidencia y la severidad podría facilitar la evaluación de la intensidad de una determinada enfermedad cuando no se dispone de métodos para evaluar de forma precisa la severidad.

Los resultados de este estudio mostraron que la severidad aumentó linealmente a medida que aumentó la incidencia tanto en la mancha temprana (*C. arachidicola*) como en la roya (*P. arachidis*). Por consiguiente, además de las aplicaciones prácticas que se pueden desarrollar a partir de la relación incidencia-severidad, el conocimiento de esta relación funcional es importante, porque contribuye a una mejor comprensión de la epidemiología de estas dos importantes enfermedades en el cultivo de maní.



#### 5.4. Eficacia de fungicidas biológicos y sintético sobre *C. arachidicola*

El análisis de varianza indicó que hubo diferencias significativas en la eficacia entre los tratamientos ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) y en los días después de la aplicación de los fungicidas ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) en relación a la incidencia de mancha temprana (*C. arachidicola*). En el tratamiento donde se aplicó el fungicida sintético Bravonil 72 SC en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> se observó el valor promedio más bajo de eficacia (29%) y se diferenció significativamente del resto de tratamientos. La mayor eficacia (51%) se presentó en el tratamiento donde se aplicó el fungicida biológico Sonata 1.38 SC en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup>. Al contrastarse los valores de incidencia de mancha temprana con los valores de eficacia se evidenció que la curva de progreso de la enfermedad descendió a medida que aumentó la eficacia de los fungicidas (Figura 15).

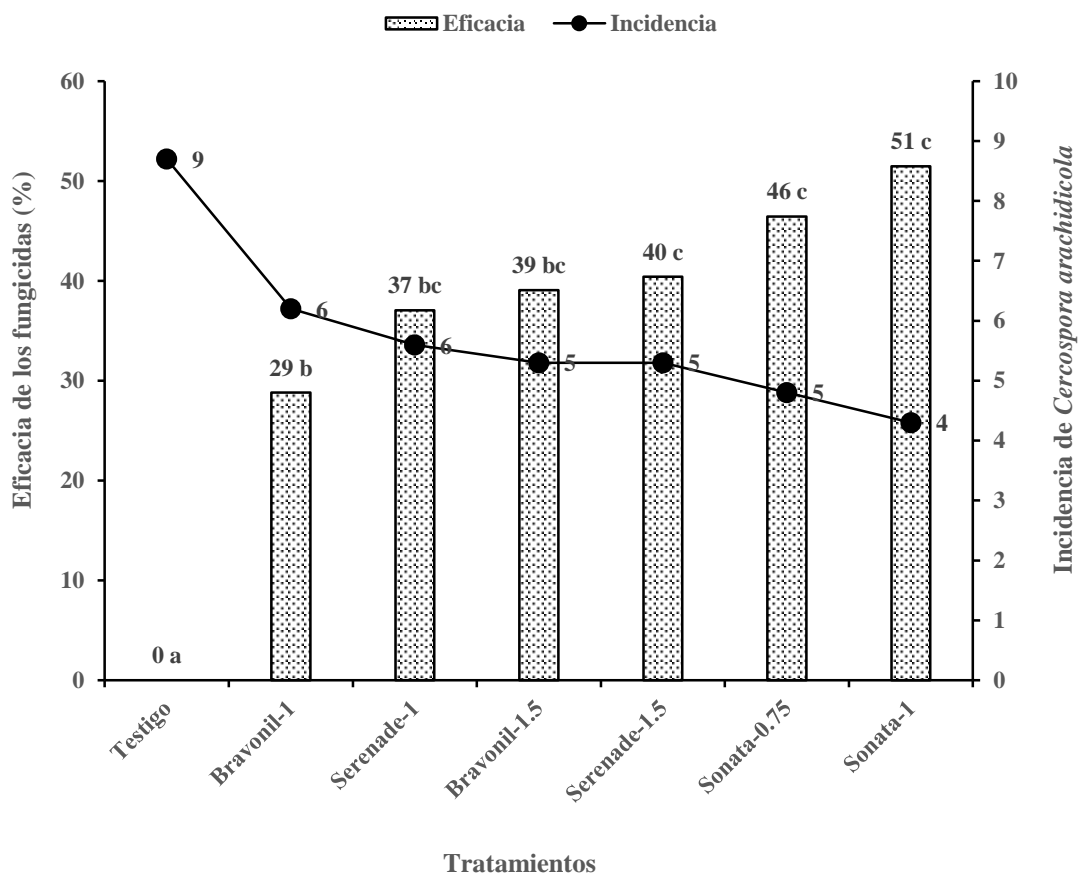


Figura 15. Eficacia (%) de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético sobre la incidencia de mancha temprana (*C. arachidicola*) en el cultivo de maní.

En general, en la primera aplicación (29 DDS) de los fungicidas fue donde se observó el porcentaje más alto (45%) en la reducción de la incidencia de mancha temprana, por consiguiente, se considera que esta aplicación fue la más eficaz. La aplicación donde se observó el menor valor de eficacia (20%) fue la que se realizó a los 86 DDS (Cuadro 12).

Cuadro 12. Eficacia (%) sobre la incidencia de mancha temprana observada en las cinco aplicaciones de fungicidas que se realizaron durante el experimento.

Número de aplicación	Registro de la eficacia		Incidencia	Eficacia
	Aplicación (DDS)	Lectura (DDS)		
1	29	35	3 a	45 b
2	42	48	5 b	37 b
3	60	66	6 c	37 b
4	72	78	6 c	34 b
5	86	92	8 d	20 a

El análisis de varianza indicó que hubo diferencias significativas en la eficacia entre los tratamientos ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) y en los días después de la aplicación de los fungicidas ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) en relación a la severidad de mancha temprana (*C. arachidicola*). En el tratamiento donde se aplicó el fungicida sintético Bravonil 72 SC en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> se observó el valor promedio más bajo de eficacia (39%) y se diferenció significativamente de los tratamientos donde se aplicó el fungicida biológico Sonata 1.38 SC en sus dos dosis. La mayor eficacia (63%) se presentó en el tratamiento donde se aplicó el fungicida biológico Sonata 1.38 SC en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup>. Al contrastarse los valores de severidad de mancha temprana con los valores de eficacia se evidenció que la curva de progreso de la enfermedad descendió a medida que aumentó la eficacia de los fungicidas (Figura 16).

Con respecto a la eficacia en los intervalos de aplicación, se pudo constatar que la mayor eficacia se obtuvo en la cuarta aplicación con un 52%, seguida de la primera aplicación con 46% eficacia. En la segunda aplicación se presentó el menor valor de eficacia (36%) (Cuadro 13). La reducción en la severidad de mancha temprana por efecto de la aplicación de los fungicidas, principalmente los de origen biológico, tiene gran trascendencia, ya que se pudo proteger el tejido foliar que es necesario para que se lleve a cabo el proceso de fotosíntesis, que a su vez es de fundamental importancia para que la planta pueda formar los frutos o vainas.

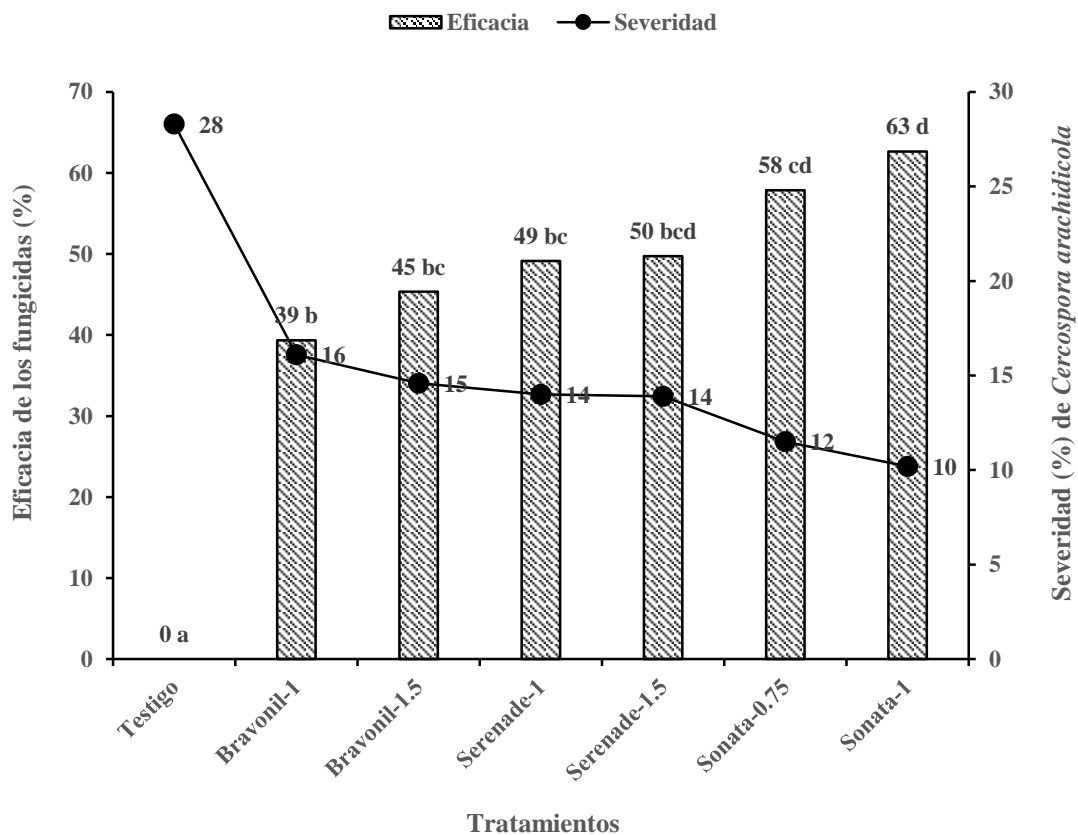


Figura 16. Eficacia (%) de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético sobre la severidad de mancha temprana (*C arachidicola*) en el cultivo de maní.

Cuadro 13. Eficacia (%) sobre la severidad de mancha temprana observada en las cinco aplicaciones de fungicidas que se realizaron durante el experimento.

Número de aplicación	Registro de la eficacia		Severidad	Eficacia
	Aplicación (DDS)	Lectura (DDS)		
1	29	35	8	46
2	42	48	11	36
3	60	66	14	41
4	72	78	17	52
5	86	92	27	43

### 5.5. Eficacia de fungicidas biológicos y sintético sobre *P. arachidis*

El análisis de varianza detectó diferencias significativas en la eficacia entre los tratamientos ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) y en los días después de la aplicación de los fungicidas ( $p = 0.0009$ ;  $\alpha = 0.05$ ) en relación a la incidencia de roya (*P. arachidis*). En el tratamiento donde se aplicó el fungicida sintético Bravonil 72 SC en dosis de  $1 \text{ L ha}^{-1}$  se observó la eficacia más baja (19%) y se diferenció significativamente del resto de tratamientos, con excepción del tratamiento donde se aplicó el mismo fungicida, pero a una dosis de  $1.5 \text{ L ha}^{-1}$ . La mayor eficacia (58%) se presentó en el tratamiento donde se aplicó el fungicida biológico Sonata 1.38 SC en dosis de  $1 \text{ L ha}^{-1}$ . La curva de progreso de la incidencia de roya descendió a medida que aumentó la eficacia de los fungicidas (Figura 17).

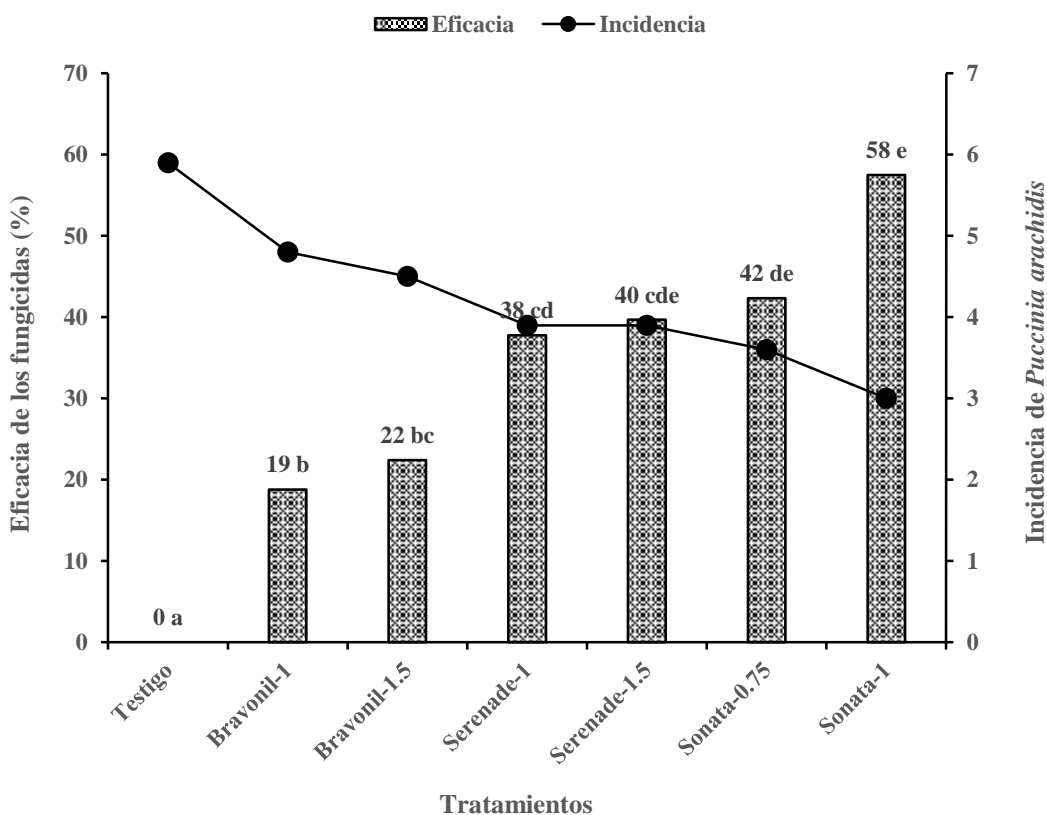


Figura 17. Eficacia (%) de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético sobre la incidencia de roya (*P. arachidis*) en el cultivo de maní.

La mayor eficacia se observó en la primera aplicación, ya que se obtuvo un 40%, mientras que en la tercera aplicación se logró un 36% de eficacia. El valor más bajo (19%) se presentó en la quinta aplicación (Cuadro 14).

Cuadro 14. Eficacia (%) sobre la incidencia de roya observada en las cinco aplicaciones de fungicidas que se realizaron durante el experimento.

Número de aplicación	Registro de la eficacia		Incidencia	Eficacia
	Aplicación (DDS)	Lectura (DDS)		
1	29	35	1	40
2	42	48	2	31
3	60	66	4	36
4	72	78	6	29
5	86	92	8	19

El análisis de varianza indicó que hubo diferencias significativas en la eficacia entre los tratamientos ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) y en los días después de la aplicación de los fungicidas ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) en relación a la severidad de roya (*P. arachidis*). En el tratamiento donde se aplicó el fungicida sintético Bravonil 72 SC en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> se observó el valor promedio más bajo de eficacia (23%) y se diferenció significativamente del resto de tratamientos donde se aplicaron los fungicidas biológicos en sus dos dosis. La mayor eficacia (67%) se presentó en el tratamiento donde se aplicó el fungicida biológico Sonata 1.38 SC en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup>. Al comparar los valores de severidad de roya con los valores de eficacia se evidenció que la curva de progreso de la enfermedad descendió a medida que aumentó la eficacia de los fungicidas (Figura 18).

Con respecto a la eficacia en los intervalos de aplicación, se pudo constatar que la mayor eficacia se obtuvo en la cuarta aplicación con un 46%, seguida de la quinta aplicación con 43% de eficacia. En la segunda aplicación se presentó el menor valor de eficacia (29%) (Cuadro 15). La reducción en la severidad de roya por efecto de la aplicación de los fungicidas, principalmente los de origen biológico, tiene gran importancia, ya que se pudo proteger el tejido foliar que es necesario para que se lleve a cabo el proceso de fotosíntesis, que a su vez garantiza que la planta pueda formar los frutos o vainas.

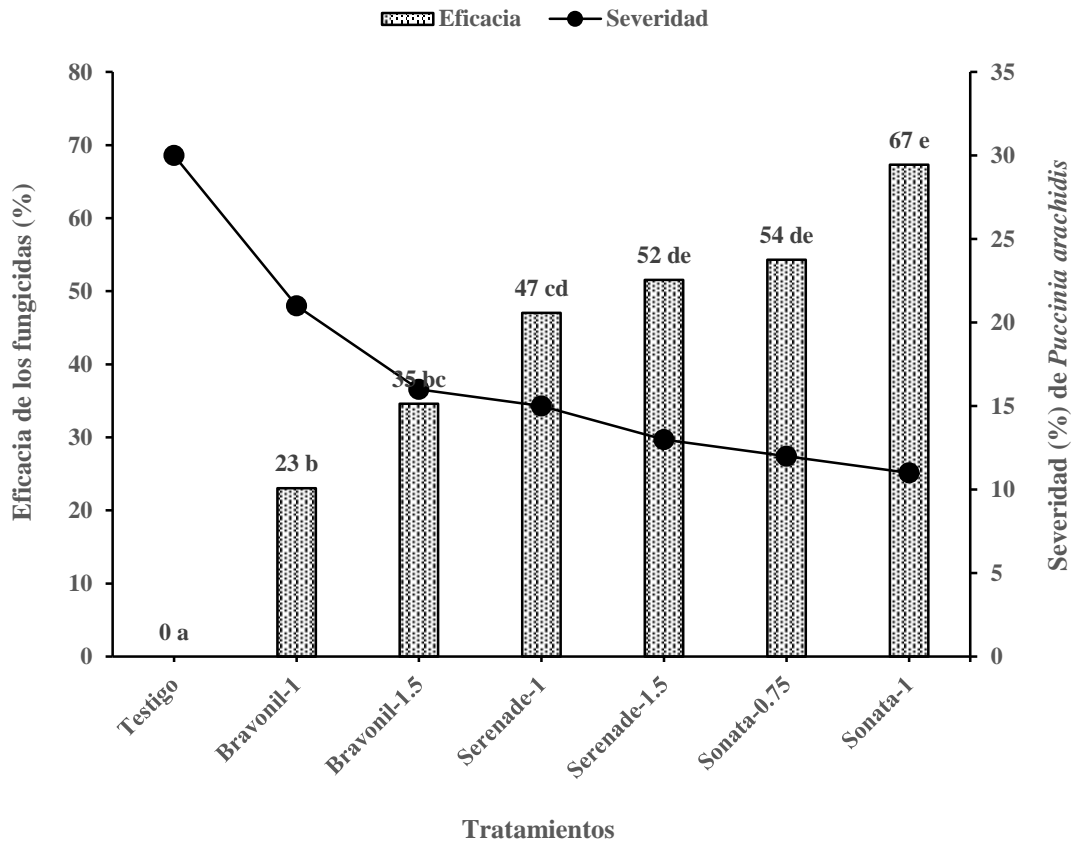


Figura 18. Eficacia (%) de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético sobre la severidad de roya (*P. arachidis*) en el cultivo de maní.

Cuadro 15. Eficacia (%) sobre la severidad de roya (*P. arachidis*) observada en las cinco aplicaciones de fungicidas que se realizaron durante el experimento.

Número de aplicación	Registro de la eficacia		Severidad	Eficacia
	Aplicación (DDS)	Lectura (DDS)		
1	29	35	4	40
2	42	48	6	29
3	60	66	13	41
4	72	78	23	46
5	86	92	37	43

En el presente estudio se observó una mejor eficacia al aumentar la dosis de los fungicidas evaluados, especialmente los fungicidas biológicos. No se observó una clara consistencia en el aumento de la eficacia entre los diferentes intervalos de aplicación de los fungicidas y esto podría estar relacionado con algún factor ambiental no tomado en cuenta, por ejemplo,

temperaturas muy altas, que pudieron haber causado un efecto de disipación o degradación de los fungicidas.

En una investigación en la cual se evaluó *B. pumilus* contra el añublo del arroz (*Magnaporthe oryzae*), Sha *et al.*, (2020), obtuvieron un 76.4% de eficacia en el manejo de la enfermedad. En el presente estudio, los valores promedios de eficacia que se obtuvieron para el manejo de las dos enfermedades evaluadas (mancha temprana y roya) fue de 65%., es decir, aproximadamente un 10% menos de lo que reporta Sha *et al.*, (2020). Estas diferencias pueden estar relacionadas al patosistema evaluado u otros factores inherentes a las técnicas de aplicación de los fungicidas biológicos. Por ejemplo, Reiss y Jørgensen (2017) al evaluar el fungicida biológico Serenade ASO (*B. subtilis* cepa QST 713) contra la roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) del trigo observaron hasta un 60% de eficacia cuando los niveles de enfermedad fueron moderados, pero la eficacia disminuyó por debajo del 30% cuando los niveles de enfermedad aumentaron. Estos mismos autores señalan que el tiempo de aplicación es un factor muy importante para un control óptimo, ya que ellos observaron que las aplicaciones que se realizaron el día de la inoculación del patógeno o un día después de la inoculación proporcionó el mejor control.

Sobre la base de este estudio, el uso de fungicidas biológicos para el manejo de enfermedades foliares (mancha temprana y roya) en el cultivo de maní solo se puede recomendar cuando haya una baja presión de estas enfermedades. Aunque se observó una disminución significativa de los niveles de las dos enfermedades, sería demasiado arriesgado utilizar solamente fungicidas biológicos cuando la presión de estas enfermedades es alta. Aun así, el uso de fungicidas biológicos puede convertirse potencialmente en parte de una estrategia de manejo integrado de enfermedades en el cultivo de maní al reemplazar algunos de los fungicidas sintéticos y ayudar a retrasar la evolución de resistencia a fungicidas sintéticos y contribuir así a un manejo de enfermedades más sostenible.

## VI. CONCLUSIONES

- El fungicida biológico Sonata 1.38 SC (*B. pumilus* cepa QST 2808) en las dos dosis evaluadas redujo el progreso temporal de mancha temprana (*C. arachidicola*) en el cultivo de maní.
- El fungicida biológico Sonata 1.38 SC (*B. pumilus* cepa QST 2808) en las dos dosis evaluadas redujo el progreso temporal de roya (*P. arachidis*) en el cultivo de maní.
- Los valores más altos de eficacia contra la incidencia y severidad de mancha temprana y roya se obtuvieron con el fungicida biológico Sonata 1.38 SC (*B. pumilus* cepa QST 2808) en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup>.



## **VII. RECOMENDACIONES**

- Realizar ensayos con los mismos fungicidas biológicos teniendo como escenarios diferentes niveles de presión de enfermedades foliares en el cultivo de maní.
- En investigaciones futuras determinar con más precisión la aparición de los primeros síntomas de las enfermedades para iniciar las aplicaciones de los fungicidas biológicos de forma más oportuna y de esta manera incrementar su eficacia.
- Utilizar sistemas de información geográfica para determinar el patrón espacial de las enfermedades a fin de hacer prácticas de manejo dirigidas a los focos de infección.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Aage, V.E., Gaikwad, S.J., Behere, G.T., and Tajame, V.S. 2003. Efficacy of extracts of certain indigenous medicinal plant against *Cercospora* leaf spot of groundnut. *Journal Soils and Crops* 13:140-144.
- Akram, N.A., Shafiq, F., and Ashraf, M. 2018. Peanut (*Arachis hypogaea* L.): A prospective legume crop to offer multiple health benefits under changing climate. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 17:1325-1338.
- Ambang, Z., Ndong, B., Essono, G., Ngoh, J.P., Kosma, P., Chewachong, G.M., and Asanga, A. 2011. Control of leaf spot disease caused by *Cercospora* sp on groundnut (*Arachis hypogaea*) using methanolic extracts of yellow oleander (*Thevetia peruviana*) sedes. *Australian Journal of Crop Science* 5:227-232.
- Arabi, M.I.E., and Jawhar, M. 2010. Interrelationship between incidence and severity of leaf stripe on barley. *Journal of Plant Pathology* 92:503-505.
- Barker, N.P. 2005. A review and survey of basicarpy, geocarpy, and amphicarpy in the African and Madagascan flora. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 92:445-462.
- Bertioli, D.J., Seijo, G., Freitas, F.O., Valls, J.F.M., Leal-Bertioli, S.C.M., & Moretzsohn, M.C. 2011. An overview of peanut and its wild relatives: Characterization and utilization. *Plant Genetic Resources* 9:134-149.
- Birthal, P.S., Parthasarathy Rao, P., Nigam, S.N., Bantilan, M.C.S. and Bhagavatula, S. 2010. Groundnut and soybean economies in Asia: Facts, trends and outlook. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 92 p.
- Biswas, S., and Singh, N.P. 2005. Fungicidal management of foliar diseases of peanut in Tripura. *Indian Phytopathol* 58:500-502.
- Brandi, F., Heck, D.W., Ferreira, T.C., and Bettiol, W. 2018. Commercial formulations of *Bacillus* spp. for sugarcane pineapple disease control and growth promotion. *Pesquisa Agropecuária Brasileira Brasília* 53:1311-1319.
- Campbell, C. L., and Madden, L.V. 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. Wiley & Sons. USA. 532 p.
- Cantonwine, E.G., Culbreath, A.K., Holbrook, C.C., and Gorbet, D.W. 2008. Disease progress of early leaf spot and components of resistance to *Cercospora arachidicola* and *Cercosporidium personatum* in Runner-Type peanut cultivars. *Peanut Science* 35:1-10.

- Cardoso, J.E., Santos, A.A., Rossetti, A.G., and Vidal, J.C. 2004. Relationship between incidence and severity of cashew gummosis in semiarid north-eastern Brazil. *Plant Pathology* 53:363-367.
- Carisse, O., Lefebvre, A., Van der Heyden, H., Roberge, L., and Brodeur, L. 2013. Analysis of incidence–severity relationships for strawberry powdery mildew as influenced by cultivar, cultivar type, and production systems. *Plant Disease* 97:354-362.
- Centro de Trámites de las Exportaciones (CETREX). 2020. Principales productos exportación 2019 – 2018. <https://www.cetrex.gob.ni/website/servicios/estadisticas.jsp>
- Clevenger, J., Chu, Y., Chavarro, C., Botton, S., Culbreath, A., Isleib, T.G., Holbrook, C.C., and Ozias-Akins, P. 2018. Mapping late leaf spot resistance in peanut (*Arachis hypogaea*) using QTL-seq reveals markers for Marker-Assisted Selection. *Frontiers in Plant Science* 9:1-10.
- Copes, W. E., and Stevenson, K. L. 2008. A pictorial disease severity key and the relationship between severity and incidence for black root rot of pansy caused by *Thielaviopsis basicola*. *Plant Disease* 92:1394-1399.
- Desmae, H., Janila, P., Okori, P., Pandey, M.K., Motagi, B.N., Monyo, E., Mponda, O., Okello, D., Sako, D., Echeckwu, C., Oteng-Frimpong, R., Miningou, A. Ojiewo, C., and Varshney, R.K. 2019. Genetics, genomics and breeding of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Plant Breeding* 138:425-444.
- Dorighello, D.V., Bettioli, W., Maia, N.B., de Campos Leite, R.M.V.B. 2015. Controlling Asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) with *Bacillus* spp. and coffee oil. *Crop Protection* 67:59-65.
- Enserink, M. 2008. The peanut butter debate. *Science* 322:36-38.
- Hagan, A.K., Campbell, H.L., Bowen, K.L., Wells, L., and Goodman, R. 2010. Managing early leaf spot and stem rot with reduced fungicide inputs on disease-resistant peanut cultivars. *Peanut Science* 37:129-136.
- Hasan, M.M., Islam, M.R., Hossain, I., and Shirin, K. 2014. Biological control of leaf spot of groundnut. *Journal of Bioscience and Agriculture Research* 01:66-78.
- Henderson, C.F., and Tilton, E.W. 1955. Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology* 48:157-161.
- Holbrook, C.C., and Culbreath, A.K. 2008. Registration of ‘Georganic’ peanut. *Journal of Plant Registration* 2:17.
- Hossain, M.H., and Hossain, I. 2013. *In vitro* studies of some selected botanicals and Bau-biofungicide on mycelial growth and conidial germination of *Cercospora arachidicola*

- and *Cercosporidium personatum*. International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology (IJARIT) 3:36-40.
- Hossain, M.H., and Hossain, I. 2014. Evaluation of three botanicals, Bavistin and BAU-biofungicide for controlling leaf spot of groundnut caused by *Cercospora arachidicola* and *Cercosporidium personatum*. The Agriculturists 12:41-49.
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) y Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR). 2013. IV Censo Nacional Agropecuario. Departamento de Chinandega. 96 p.
- Jambunathan, R. 1991. "Groundnut quality characteristics". In Uses of tropical grain legumes: Proceedings of a Consultants Meeting, March 27-30, 1989 (Patancheru: ICRISAT). p. 267-275.
- James, W.C. 1974. Assessment of plant diseases and losses. Annual Review of Phytopathology 12:27-48.
- Janila, P., Nigam, S.N., Pandey, M.K., Nagesh, P., and Varshney, R.K. 2013. Groundnut improvement: use of genetic and genomic tools. Frontiers in Plant Science 4:1-16.
- Khan, N., Martínez-Hidalgo, P., Ice, T.A., Maymon, M., Humm, E.A., Nejat, N., Sanders, E.R., Kaplan, D., and Hirsch, A.M. 2018. Antifungal activity of *Bacillus* species against *Fusarium* and analysis of the potential mechanisms used in biocontrol. Frontiers in Microbiology 9:1-12.
- Kishore, G.K., and Pande, S. 2005. Integrated management of late leaf spot (*C. personata*) and rust diseases of peanut (*Arachis hypogaea*) with *Prosopis juliflora* leaf extract. International Journal of Pest Management 51:325-332.
- Kochert, G., Stalker, H.T., Gimenes, M., Galgaro, L., Lopes, C.R., and Moore, K. 1996. RFLP and cytogenetic evidence on the origin and Evolution of allotetraploid domesticated peanut *Arachis hypogaea* (Leguminosae). American Journal of Botany 83:1282-1291.
- Krapovickas, A., and Gregory, W.C. 1994. Taxonomía del género *Arachis* (Leguminosae). Bonplandia 8:1-186.
- Krishna, G., Singh, B.K., Kim, E.-K., Morya, V.K., and Ramteke, P.W. 2015. Progress in genetic engineering of peanut (*Arachis hypogaea* L.) - A review. Plant Biotechnology Journal 13:147-162.
- Kumar, M.K.P., Amruta, N., Manjula, C.P., Puneeth, M.E., and Teli, K. 2017. Characterisation, screening and selection of *Bacillus subtilis* isolates for its biocontrol efficiency against major rice diseases. Biocontrol Science and Technology 27:581-599.
- Lal, R. 2008. Soils and sustainable agriculture: A review. Agronomy for Sustainable Development, 28:57-64.

- Langat, M. C., Okiror, M. A., Ouma, J. P., and Gesimba, R. M. 2006. The effect of intercropping groundnut (*Arachis hypogaea* L.) with sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) on yield and cash income. *Agricultura Tropica Subtropica* 39:87-90.
- Maiti, M.K., Raj, S.K., and Dey, S. 2005. Management of leaf spot (*Cercospora arachidicola* and *C. personata*) of peanut by seed treatment with non-conventional chemicals. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 75:452-453.
- Méndez-Natera, J.R., Luna-Tineo, J.A., Barrios-Azócar, L.A., and Cedeño, J.R. 2016. Screening of Indian peanut genotypes for resistance to *Cercospora* leaf-spot under savanna conditions. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 28: 833-841.
- Meney, K.A., Pate, J.S. and Dixon, K.W. 1990. Comparative morphology, anatomy, phenology and reproductive-biology of *Alexgeorgea* spp. (Restionaceae) from South-western Australia. *Australian Journal of Botany* 38:523-541.
- Mondal, S., and Badigannavar, A.M. 2015. Peanut rust (*Puccinia arachidis* Speg.) disease: its background and recent accomplishments towards disease resistance breeding. *Protoplasma* 252:1409-1420.
- Mushrif, S.K., Manju, M.J., Shankarappa, T.H., and Nagaraju. 2017. Comparative efficacy of fungicides against tikka disease of groundnut caused by *Cercospora arachidicola* and *Cercosporidium personatum*. *The Ecoscan* 11:67-71.
- Naidu, P.H., and Vasanthi, R.P. 1995. Influence of sowing dates on Tikka leaf spot in rabi and summer peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Legume Research* 25:275-281.
- Nath, B.C., Singh, J.P., Srivastava, S. and Singh, R.B. 2013. Management of late leaf spot groundnut by different fungicides and their impact on yield. *Plant Pathology Journal* 12: 85-91.
- Ngegba, P.M., Enikuomihin, O.A., Afolabi, C.G., Akintokun, A.K., Egbontan, A.O., and Kanneh, S.K. 2017. Efficacy of plants extracts on cercospora leaf spot incidence and severity of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) In-vivo. *International Journal of Current Research* 9: 63007-63013.
- Pandey, M., Monyo, E., Ozias-Akins, P., Liang, X., Guimaraes, P., Nigam, S. N., Upadhyaya, H.D., Janila, P., Zhang, X., Guo, B., Cook, D.R., Bertioli, D.J., Michelmore, R., and Varshney, R.K. 2012. Advances in *Arachis* genomics for peanut improvement. *Biotechnology Advances* 30:639-651.
- Patel, K.G., Mandaliya, V.B., Mishra, G.P., Dobaria, J.R., & Thankappan, R. 2016. Transgenic peanut overexpressing *mtlD* gene confers enhanced salinity stress tolerance via mannitol accumulation and differential antioxidative responses. *Acta Physiologiae Plantarum* 38:1-14.

- Paul, P. A., El-Allaf, S. M., Lipps, P. E., and Madden, L. V. 2005. Relationships between incidence and severity of Fusarium head blight on winter wheat in Ohio. *Phytopathology* 95:1049-1060.
- Proite, K., Leal-Bertioli, S.C., Bertioli, D.J., Moretzsohn, M.C., da Silva, F.R., Martins, N.F., and Guimarães, P.M. 2007. ESTs from a wild *Arachis* species for gene Discovery and marker development. *BMC Plant Biology* 7:1-10.
- Rahman, M. A. and Hossain, I. 1996. Controlling *Cercospora* leaf spot of okra with plant extracts. *Bangladesh Horticulture* 24:147-149.
- Rao, A.S., McDonald, D., and Reddy, K.R. 1997. Effect of temperature on rust and late leaf spot disease development in groundnut. *Journal of Oilseeds Research* 14:249-255.
- Reiss, A., and Jørgensen, L.N. 2017. Biological control of yellow rust of wheat (*Puccinia striiformis*) with Serenade®ASO (*Bacillus subtilis* strain QST713). *Crop Protection* 93:1-8.
- Rodrigues, A.A.C., Silva, G.S., Moraes, F.H.R., and Silva, C.L.P. 2006. *Arachis repens*: Novo hospedeiro de *Puccinia arachidis*. *Fitopatologia Brasileira* 31:410-411.
- Sarkar, T., Thankappan, R., Kumar, A., Mishra, G.P., and Dobarra, J.R. 2014. Heterologous expression of the AtDREB1A gene in transgenic peanut-conferred tolerance to drought and salinity stresses. *PLoS One* 9:1-25.
- Sarkar, T., Thankappan, R., Kumar, A., Mishra, G.P., & Dobarra, J.R. 2016. Stress inducible expression of AtDREB1A transcription factor in transgenic peanut (*Arachis hypogaea* L.) conferred tolerance to soil-moisture deficit stress. *Frontiers in Plant Science* 7:1-15.
- Savary, S., Subba Rao, P.V., and Zadoks, J.C. 1989. A scale of reaction types of groundnut to *Puccinia arachidis* Speg. *Journal of Phytopathology* 124:259-266.
- Sha, Y., Zeng, Q., and Sui, S. 2020. Screening and application of *Bacillus* strains isolated from nonrhizospheric rice soil for the biocontrol of rice blast. *Plant Pathology Journal* 36:231-243.
- Shafi, J., Tian, H., and Ji, M. 2017. *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. *Biotechnology & Biotechnological Equipment* 31:446-459.
- Shaner, G., and Finney, R.E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. *Phytopathology* 67:1051-1056.
- Singh, M.P., Erickson, J.E., Boote, K.J., Tillman, B.J., Jones, J.W., and van Bruggen, A.H.C. 2011. Late leaf spot effects on growth, photosynthesis, and yield in peanut cultivars of differing resistance. *Agronomy Journal* 103:85-91.

- Smith, D. H., and Littrell, R. H. 1980. Management of peanut foliar diseases with fungicides. *Plant Disease* 64:356-361.
- Stalker, H.T., Tallury, S.P., Ozias-Akins, P., Bertioli, D.J., and Bertioli, S.C.L. 2013. The Value of diploid peanut relatives for breeding and genomics. *Peanut Science* 40:70-88.
- Stalker, H.T. 2017. Utilizing wild species for peanut improvement. *Crop Science* 57:1102-1120.
- Subrahmanyam, P., and McDonald, D. 1982. Groundnut rust - its survival and carry over in India. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences* 91:93-100.
- Subrahmanyam, P., Reddy, L.J., Gibbons, R.W., and McDonald, D. 1985. Peanut rust: a major threat to peanut production in the semiarid tropics. *Plant Disease* 69:813-819.
- Subrahmanyam, P., McDonald, D., Waliyar, F., Reddy, L.J., Nigam, S.N., Gibbons, R.W., Rao, V.R., Singh, A.K., Pande, S., and Reddy, P.M. 1995. Screening methods and sources of resistance to rust and late leaf spot of groundnut. Information Bulletin No. 47 ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics): Patancheru, India. 26 p.
- Sudini, H., Upadhyaya, H.D., Reddy, S.V., Mangala, U.N., Rathore, A., and Krishna Kumar, K.V. 2015. Resistance to late leaf spot and rust diseases in ICRISAT's mini core collection of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Australasian Plant Pathology* 44:557-566.
- Sunkad, G., and Kulkarni, S. 2007. Studies on perpetuation and carryover of groundnut rust (*Puccinia arachidis* Speg.) in Northern Karnataka. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 20:297-300.
- Tallury, S., Isleib, T.G., Copeland, S.C., Rosas-Anderson, P., Balota, M., Singh, D., and Stalker, H.T. 2014. Registration of two multiple disease-resistant peanut germplasm lines derived from *Arachis cardenasii* Krapov. & W.C. Gregory, GKP 10017. *Journal of Plant Registration* 8:86-89.
- Tshilenge-Lukanda, L., Nkongolo, K.K.C., Kalonji-Mbuyi, A., and Kizungu, R.V. 2012. Epidemiology of the groundnut (*Arachis hypogaea* L.) leaf spot disease: genetic analysis and developmental cycles. *American Journal of Plant Sciences* 3:582-588.
- Woodward, J.E., Brenneman, T.B., and Kemerait Jr., R.C. 2013. Chapter 3: Chemical control of peanut diseases: targeting leaves, stems, roots, and pods with foliar-applied fungicides. In *Fungicides: Showcases of integrated plant disease management from around the world*. Mizuho Nita (ed.). Published by Intech, Croatia. p. 56-76.
- Zongo, A., Konate, A.K., Koita, K., Sawadogo, M., Sankara, P., Ntare, B.R, and Desmae, H. 2019. Diallel analysis of early leaf spot (*Cercospora arachidicola* Hori) disease resistance in groundnut. *Agronomy* 9:1-12.

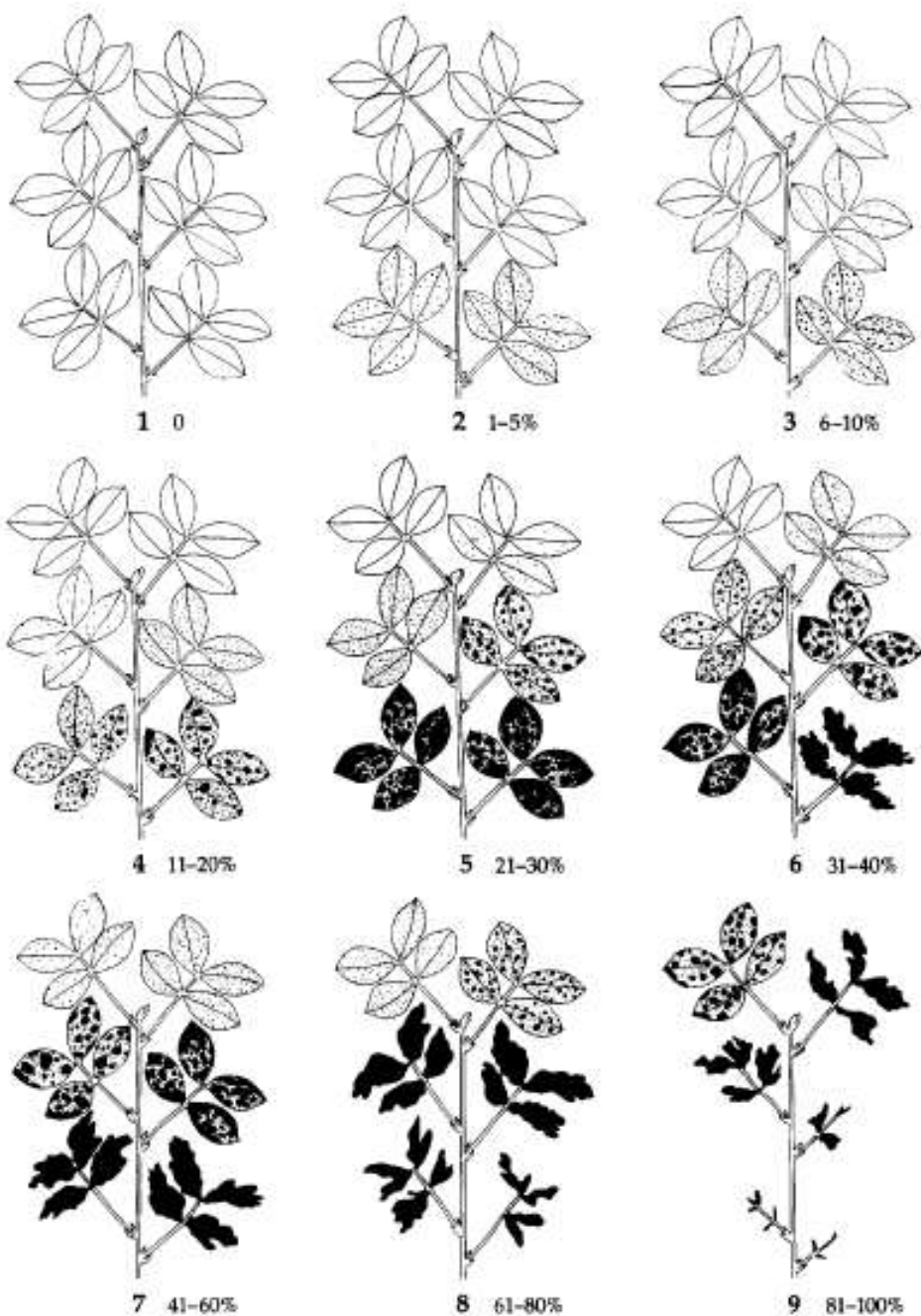
## IX. ANEXOS

Anexo 1. Mapa del sitio donde se estableció el experimento para evaluar la eficacia de productos biológicos para el manejo de enfermedades foliares en maní.





Anexo 2. Escala ordinal (1 a 9) modificada y combinada con un diagrama de área estándar para la estimación de la severidad de la roya en maní (Subrahmanyam *et al.*, 1995).



Anexo 3. Escala ordinal (1 a 9) modificada y combinada con un diagrama de área estándar para la estimación de la severidad de mancha temprana en maní (Subrahmanyam *et al.*, 1995).

