



Por un Desarrollo  
Agrario Integral y  
Sostenible

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL**

**Trabajo de Graduación**

Etiología de la vena amarilla en okra [*Abelmoschus  
esculentus* L. (Moench)] y manejo de su vector en  
la zona de Apacilagua, Choluteca, Honduras

**AUTOR**

Ing. Nelson Aryel Degrandes Rodríguez

**ASESOR**

Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz

Managua, Nicaragua

Octubre, 2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL**

**Trabajo de Graduación**

Etiología de la vena amarilla en okra [*Abelmoschus esculentus* L. (Moench)] y manejo de su vector en la zona de Apacilagua, Choluteca, Honduras

**AUTOR**

Ing. Nelson Aryel Degrandes Rodríguez

**ASESOR**

Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz

Managua, Nicaragua

Octubre, 2018

## 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 para optar al título profesional de:

Maestro en Ciencias en Sanidad Vegetal

---

### Miembros del Tribunal Examinador

---

Presidente

---

Secretario

---

Vocal

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

## INDICE DE CONTENIDO

SECCION	PÁGINA
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTO</b>	ii
<b>INDICE DE CUADROS</b>	iii
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	iv
<b>INDICE DE ANEXOS</b>	vi
<b>RESUMEN</b>	vii
<b>ABSTRACT</b>	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
<b>III. MATERIALES Y METODOS</b>	4
3.1. Ubicación del área de estudio	4
3.2. Identificación del agente causal del virus de la Vena amarilla en Okra	4
3.2.1. Descripción de los síntomas de la enfermedad vena amarilla de la okra	5
3.3. Identificación del insecto vector	5
3.4. Comparación de la secuencia de ADN	5
3.5. Experimento de campo	6
3.5.1. Diseño metodológico	6
3.6. Conteo de mosca blanca	9
3.7. Aplicación de productos	10
3.8. Variables evaluadas	10
3.8.1. Número de mosca blanca por planta	10
3.8.2. Eficacia de los productos químicos, biológicos y botánicos	10
3.8.3. Intensidad de la enfermedad	11
a) Incidencia de la enfermedad	11
b) Severidad de la enfermedad	11
3.8.4. Rendimiento	12
3.9. Análisis de datos	13
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	15

4.1. Descripción de los síntomas de la vena amarilla de la okra	15
4.2. Identificación del agente causal del virus de la vena amarilla en okra y de su insecto vector	16
4.3. Intensidad de la enfermedad virus de la vena amarilla de la okra	21
4.3.1. Incidencia de virosis	21
4.3.2. Severidad de virosis	23
4.3.3. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)	26
4.3.4. Tasa de infección aparente del virus de la vena amarilla en okra	27
4.4. Eficacia de los productos químicos, biológicos y botánicos	28
4.5. Rendimiento en el cultivo de okra	34
<b>V. CONCLUSIONES</b>	39
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	40
<b>VII. LITERATURA CITADA</b>	41
<b>VIII. ANEXOS</b>	49

## **DEDICATORIA**

A mi madre, quien con esmero y paciencia supo guiar mis pasos, para ver realizado este sueño.

Ing. Nelson Aryel Degrandes Rodríguez

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios Padre Todopoderoso, por haberme guiado con sabiduría, fe y dedicación en el transcurso de mis estudios.

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

A mis hermanos de otras madres MSc. Luis Medina, MSc. Danessa Ramírez, MSc. Ajax Fonseca por su amistad y cariño.

Ing. Nelson Aryel Degrandes Rodríguez

## INDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Descripción de los insecticidas orgánico-sintéticos (tratamientos 1 y 2), entomopatógenos (tratamientos 3 y 4) y botánicos (tratamientos 5 y 6) evaluados en el experimento de campo	7
2	Escala de evaluación ordinal utilizada para la estimación de la severidad de la virosis en el cultivo de okra	12
3	Comparación de los porcentajes de similitud del virus identificado en este estudio con otros virus presentes en algunos países del continente americano	18
4	Identificación taxonómica insectos plagas encontrados afectando el cultivo de okra en la zona de Apacilagua, Choluteca, Honduras	20
5	Incidencia promedio de virosis en el cultivo de okra en experimento de campo donde se aplicaron productos químicos sintéticos, botánicos y biológicos	21
6	Parámetros del análisis de regresión seleccionados para determinar el modelo que proporcionó el mejor ajuste a los datos de severidad del SiYVV	27
7	Porcentaje de eficacia con relación al número de aplicaciones para el control de mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> )	30
8	Eficacia (%) de insecticidas sintéticos, botánicos y biológicos a diferentes intervalos de aplicación para el control de mosca blanca en el cultivo de okra	34
9	Comparación de parámetros epidemiológicos, fluctuación poblacional de <i>B. tabaci</i> , pérdidas ocasionadas por el virus de la vena amarilla en el cultivo de okra y eficacia de diferentes tratamientos	38

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Síntomas de la virosis vena amarilla de la okra: moteado difuso (A), aclaramiento de las nervaduras en los márgenes de las hojas (B), red entretejida de vena amarilla en hojas jóvenes (C) y formación de islas verdes y amarillamiento de las hojas (D)	16
2	Síntomas de virosis de frutos de okra: deformación y reducción en el tamaño de los frutos (A), amarillamiento y deformación de frutos (B)	17
3	Árbol filogenético construido a partir de la secuencia parcial de la cubierta proteica del componente A del virus de Apacilagua y alineada con las secuencias de otros virus utilizando el método del vecino más cercano (construct/test Neighbor-Joining Tree) con 1000 réplicas bootstrap. Las distancias horizontales son proporcionales a las distancias de secuencia, las distancias verticales son arbitrarias. La barra horizontal corresponde a 0.02 diferencias de base por sitio	19
4	Curva de progreso de incidencia de virosis en el cultivo de okra descrita a través del tiempo (días después de la siembra)	22
5	Curvas de progreso de la severidad del virus de la vena amarilla en el cultivo de okra a través del tiempo (días después de la siembra)	23
6	Severidad promedio de virosis en plantas de okra tratadas con diferentes insecticidas para el manejo del vector <i>Bemisia tabaci</i> .	24
7	Relación entre incidencia y severidad del virus de la vena amarilla en el cultivo de okra	25
8	Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) del virus de la vena amarilla en el cultivo de okra a través del tiempo	26
9	Porcentaje de eficacia de productos sintéticos, botánicos y biológicos para el manejo de mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) en el cultivo de okra	29
10	Porcentaje de eficacia de insecticidas sintéticos, botánicos y biológicos en la primera y segunda aplicación realizada para el manejo de adultos de mosca blanca	32

11	Porcentaje de eficacia en diferentes momentos de aplicación para el control de mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) en el cultivo de okra ( <i>Abelmoschus esculentus</i> L. (Moench) manejado con diferentes tratamientos	33
12	Rendimientos (kg ha <sup>-1</sup> ) obtenidos en cada uno de los tratamientos evaluados en el cultivo de okra en la zona de Apacilagua, Choluteca, Honduras	35
13	Porcentaje de pérdida relativa en el rendimiento de okra en diferentes tratamientos	37

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Mapa satelital del sitio donde se estableció el ensayo en la localidad de Apacilagua, Choluteca, Honduras	50
2	Resultados de la secuenciación parcial de la cubierta proteica del virus causante de la vena amarilla en okra en la zona de Apacilagua, Choluteca, Honduras	51
3	Resultados de la identificación taxonómica de insectos plagas asociados al cultivo de okra en la zona de Apacilagua, Choluteca, Honduras	52
4	Identificación del biotipo B de mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) de vector del virus causante de la vena amarilla del cultivo de okra en la zona de Apacilagua, Choluteca, Honduras	54
5	Análisis de varianza de severidad promedio de virus de la vena amarilla en el cultivo de okra	55
6	Análisis de varianza por fecha, con respecto a la severidad de virosis en okra ( <i>Abelmoschus esculentus</i> L. (Moench))	55
7	Análisis de varianza para ABCPE, con respecto a la severidad de virosis en Okra ( <i>Abelmoschus esculentus</i> L. (Moench))	56
8	Estadísticas consideradas para el ajuste y selección de modelos aplicados para describir el progreso temporal del virus de la Vena amarilla en Okra.	58
9	Análisis de varianza de eficacia de productos químicos, biológicos y botánicos	59
10	Sintomatología de virus de la vena amarilla en cultivo de okra ( <i>Abelmoschus esculentus</i> L. (Moench)), en la zona de Apacilagua, Choluteca, Honduras	59
11	Análisis de varianza de pérdidas (kg ha <sup>-1</sup> ) en okra	59
12	Análisis de varianza para el número de moscas blancas	60

## RESUMEN

El virus de la vena amarilla en Okra transmitido por la mosca blanca es la enfermedad más grave del cultivo de Okra. En los últimos años los esfuerzos se han enfocado al desarrollo de métodos alternativos para el control del complejo mosca blanca - geminivirus. Por consiguiente, el presente estudio se planteó como objetivo generar información acerca del agente causal de la vena amarilla de la okra, los principales insectos vectores asociados a esta enfermedad y las alternativas de manejo. La identificación y secuenciación del virus se realizó mediante técnicas moleculares. Se identificó el biotipo de mosca blanca que transmite el virus. En el campo se estableció un experimento en bloques completos al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos estuvieron constituidos por dos insecticidas químicos sintéticos, dos hongos entomopatógenos, dos insecticidas botánicos y dos testigos. Se evaluó la eficacia de los productos incluidos en los tratamientos y el progreso temporal de la enfermedad viral a través de descriptores epidemiológicos. El análisis de secuenciación indicó que el virus identificado en este estudio es similar en un 97% al Sida Yellow Vein Virus, ya reportado en Honduras. Se encontró que el biotipo “B” de mosca blanca es el que transmite este begomovirus. En base a los descriptores epidemiológicos se determinó que *Beauveria bassiana* fue el tratamiento que tuvo mejor efecto indirecto sobre la virosis. La tasa de infección aparente de la virosis se determinó a través del modelo de Gompertz. Las pruebas de eficacia indicaron que el mejor tratamiento fue el del hongo entomopatógeno *Isaria fumosorosea*. Basado en los resultados del presente estudio se puede sugerir que el uso de hongos entomopatógenos e insecticidas botánicos son elementos muy importantes dentro de un programa de manejo integrado del complejo mosca blanca – geminivirus.

*Palabras claves:* Okra, virosis, epidemiología, *Bemisia tabaci*, biorracionales, eficacia

## ABSTRACT

The yellow vein virus in Okra transmitted by the whitefly is the most serious disease of the okra crop. In recent years, efforts have focused on the development of alternative methods for the control of the complex whitefly - geminivirus. Therefore, the objective the present study was to generate information about the causal agent of yellow vein virus in Okra, the main insect vectors associated with this disease and management alternatives. Identification and sequencing of the virus was performed using molecular techniques. The biotype of the whitefly that transmits the virus was identified. In the field, a randomized complete block experiment with eight treatments and four replicates was established. The treatments consisted of two synthetic chemical insecticides, two entomopathogenic fungi, two botanical insecticides and two controls. The efficacy of the products included in the treatments and the temporal progress of the viral disease were evaluated through epidemiological descriptors. The sequencing analysis indicated that the virus identified in this study is similar in 97% to Sida Yellow Vein Virus, already reported in Honduras. It was found that the whitefly biotype "B" is the one that transmits this begomovirus. Based on the epidemiological descriptors, it was determined that *Beauveria bassiana* was the treatment that had the best indirect effect on the viral disease. The apparent infection rate of the viral disease was determined using the Gompertz model. The efficacy tests indicated that the best treatment was that of the entomopathogenic fungus *Isaria fumosorosea*. Based on the results of the present study it can be suggested that the use of entomopathogenic fungi and botanical insecticides are very important elements within an integrated management program of the complex whitefly - geminivirus.

*Key words:* Okra, virus, epidemiology, *Bemisia tabaci*, biorationals, efficacy

## I. INTRODUCCIÓN

La planta de okra de la Familia Malvaceae fue previamente incluida en el género *Hibiscus*, sin embargo, la sección *Abelmoschus* es ahora aceptada como un nuevo género en base a la naturaleza caduca del calix (Aladele *et al.*, 2008; Dhankar *et al.*, 2005). La okra se originó en algún lugar de Etiopía, y fue cultivada por los antiguos egipcios por el siglo 12 AC. Su cultivo se extendió a través de Oriente Medio y África del Norte. Actualmente, la okra se cultiva en muchas partes del mundo, especialmente en los países tropicales y subtropicales (Arapitsas, 2008; Saifullah y Rabbani, 2009).

En África, Asia, América Tropical y en EEUU tiene una gran demanda comercial debido a su valor nutricional, se consume como hortaliza, pero tiene posibilidades industriales, ya que contiene 15%-30% de aceite en grano (Hermann *et al.*, 1990). La okra contiene proteínas, carbohidratos y vitamina C y desempeña un papel vital en la dieta humana (Arapitsas, 2008; Dilruba *et al.*, 2009; Saifullah y Rabbani, 2009). La fruta joven se consume fresca, cocida o frita y los frutos viejos se utilizan en productos elaborados (Akintoye *et al.*, 2011). El mucilago de okra es adecuado para uso medicinal e industrial (Akinyele y Temikotan, 2007) y ha sido utilizado como un medicamento para reemplazar el plasma y para expandir el volumen sanguíneo (Lengsfeld *et al.*, 2004; Kumar *et al.*, 2010).

El cultivo de okra es atacado por varios patógenos, tales como virus, bacterias, hongos, fitoplasmas, nematodos y también por insectos (Ali *et al.*, 2000; Prakasha *et al.*, 2010). Las plagas insectiles pueden afectar el cultivo aún en la cosecha de okra (Rahman *et al.*, 2013), por lo que se estima que es susceptible tanto en fase vegetativa como en fase reproductiva. Los insectos ocasionan daños considerables en el rendimiento.

El virus de la vena amarilla de la okra (OYVMV) transmitida por la mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gen.) es la enfermedad más grave del cultivo de okra (Ali *et al.*, 2000; Ghanem, 2003; Fajinmi y Fajinmi, 2010). La pérdida de rendimiento debido al OYVMV es de un 80-90% en caso de una infestación grave (Ali *et al.*, 2005).

En 1990 apareció en el Valle Imperial, California EE. UU el biotipo B de *B. tabaci*, causando pérdidas de aproximadamente 111 millones de dólares (González *et al.*, 1992). El biotipo B a diferencia del biotipo A, posee mayor rango de hospedantes, mayor fecundidad y produce mayor cantidad de mielecilla (Perring *et al.*, 1991). La amenaza que representa el complejo mosca blanca y geminivirus, ha alcanzado una gran magnitud mundial en los últimos años por lo que los esfuerzos en investigación básica y aplicada se han enfocado al desarrollo de métodos alternativos para su control (Quintero *et al.*, 2001).

Los productos biológicos a base de hongos entomopatógenos, constituyen una de las alternativas de control de mosca blanca. Más de 20 especies de hongos infectan a *B. tabaci*, entre las que se destacan las que pertenecen a los géneros *Isaria fumosorosea*, *Verticillium*, *Aschersonia*, *Beauveria* y *Metarhizium* (Pozo y Rodríguez, 2003). El nivel de control con estos hongos es variable, alcanzando en muchos casos niveles superiores al 80% (Wraight *et al.*, 2000).

Los extractos del neem, *Azadirachta indica*, poseen varios mecanismos de acción como regulador del crecimiento, antialimentario, repelente, antiovipositor, reductor de la fecundidad e interruptor de la comunicación sexual. Además, estudios recientes realizados a nivel molecular sugieren que el neem afecta la expresión de genes relacionados con protección contra el estrés oxidativo en *B. tabaci* (Asaduzzaman *et al.*, 2015; Navarrete *et al.*, 2017). Los extractos de *Quasia amara* también se reportan como sustancias antialimentarias cuando han sido aplicados contra *B. tabaci* (Flores *et al.*, 2008).

Teniendo en consideración que la enfermedad denominada virus de la vena amarilla de la okra es una de las enfermedades de mayor importancia en el cultivo de okra, y que es posible y justificado el uso métodos alternativos de manejo para el vector o los vectores involucrados en su transmisión, es que se planteó la idea de llevar a cabo el presente estudio a fin de generar mayor información sobre la etiología de la enfermedad y comportamiento de la epidemia, y a su vez determinar un manejo efectivo que esté acorde con el principio de ser amigable con el ambiente.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Generar información acerca del agente causal del virus de la vena amarilla de la okra, los principales insectos vectores asociados a esta enfermedad y las alternativas de manejo de estos organismos en la Zona de Apacilagua, Choluteca, Choluteca, Honduras.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Describir los síntomas causados en la planta de okra por el agente causal del virus de la vena amarilla.
- Identificar al agente causal involucrado en el virus de la vena amarilla del cultivo okra y al insecto vector que transmite la enfermedad.
- Determinar la intensidad de la enfermedad causada por el agente causal del virus de la vena amarilla en okra.
- Determinar la eficacia de los productos químicos sintéticos, biológicos y botánicos utilizados para el manejo de insectos vectores que transmiten al agente causal del virus de la vena amarilla en el cultivo de okra.
- Estimar el rendimiento en el cultivo de okra y el porcentaje de pérdida relativa en el rendimiento debido a la enfermedad.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Ubicación del área de estudio**

La investigación se dividió en dos etapas, de laboratorio y de campo. La etapa de laboratorio se llevó a cabo en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria en Nicaragua con coordenadas geográficas 12°08'51.24" latitud norte y 86°09'50.66" longitud oeste, a una altitud de 59 msnm. La etapa de campo se realizó en el departamento de Choluteca, Municipio de Apacilagua, Honduras. La finca está ubicada a 28 kilómetros de la Ciudad de Choluteca, Apacilagua, en la empresa CUASA "Cultivos Agrícolas las Sábilas". La finca estaba cultivada con 190 manzanas del cultivo de okra de la variedad 'Clemson Spineless'.

La altura del sitio donde se llevó a cabo la etapa de campo oscila entre los 170-190 metros sobre el nivel del mar (msnm), con temperaturas entre 27-38°C, las cuales son adecuadas para la producción de este cultivo, con coordenadas geográficas 13°25'60" Latitud norte y 87°4'0" Longitud oeste (Anexo 1).

En el estudio que se presenta a continuación se utilizó el enfoque cuantitativo de investigación, ya que se estableció un experimento de campo para determinar la etiología de una enfermedad que afecta al cultivo de okra y su relación con insectos vectores tales como mosca blanca, áfidos y trips. Además, se investigó la eficacia de productos químicos sintéticos, botánicos y biológicos para el manejo de los insectos vectores.

En este estudio, además, la naturaleza del diseño de investigación es transversal descriptivo y correlacional. Se aplicó la investigación transversal descriptiva para la recolección de datos y descripción de las variables y la investigación transversal correlacional se utilizó para establecer una relación entre las variables evaluadas.

#### **3.2. Identificación del agente causal del virus de la Vena amarilla en Okra**

Para la detección de los síntomas de la enfermedad se realizó un monitoreo continuo desde el momento de la emergencia de las plántulas. Para la identificación a través de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) se recolectaron brotes tiernos de plantas de okra que presentaban síntomas del moteado amarillo, así como también de insectos (mosca blanca, áfidos, trips)

considerados posibles vectores de la enfermedad que se encontraban presentes en lotes donde se estableció el experimento con el cultivo de okra.

### **3.2.1. Descripción de los síntomas de la enfermedad vena amarilla de la okra**

Para la descripción de los síntomas que causa el virus de la vena amarilla en el cultivo de okra, se tomaron fotografías de las plántulas, hojas y frutos que presentaron síntomas de virosis.

### **3.2.2. Identificación a través de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)**

Para la extracción del ADN se tomaron brotes tiernos de plantas que presentaban síntomas típicos de la enfermedad como son rayado amarillo y distorsión severa del fruto, moteado y mosaico amarillo brillante, distorsión y reducción del tamaño de hojas. La prueba de PCR y la secuenciación del fragmento de ADN viral se realizó en el Laboratorio de Virología que está bajo la dirección de la Dra. Judith Brown en la Universidad de Arizona en Tucson, Estados Unidos. A la Universidad de Arizona en Tucson, se enviaron brotes tiernos de plantas con síntomas típicos de virosis procedentes de seis lotes de la finca.

### **3.3. Identificación del insecto vector**

A fin de determinar si el insecto vector del moteado amarillo de la okra era la mosca blanca, *Bemisia tabaci*, se tomaron 30 moscas blancas, los cuales se colocaron en viales con alcohol etílico al 95% y se preservaron hasta que fueron enviados al Laboratorio de Virología de la Universidad de Arizona en Tucson, Estados Unidos. Los insectos (Moscas blancas) fueron enviados en viales con glicerol.

Los áfidos y trips que se recolectaron en las parcelas experimentales fueron identificados en el Laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional Agraria, en Nicaragua.

### **3.4. Comparación de la secuencia de ADN**

La similitud de las secuencias genómicas del ADN viral se analizó primeramente mediante el uso del programa BLAST disponible en el Centro Nacional de Información Biotecnológica (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/>). Las secuencias que mostraron valores de similitud más alto con la secuencia del virus de este estudio se obtuvieron de la base de datos y se alinearon utilizando el programa CLUSTAL-W (Thompson *et al.*, 1994). El árbol filogenético fue

generado con el software MEGA 7.0 (Kumar *et al.*, 2016) utilizando el método del vecino más cercano (construct/test Neighbor-Joining Tree) con 1000 réplicas bootstrap.

### 3.5. Experimento de campo

Cómo se indicó anteriormente, el ensayo de campo se realizó en una finca de la Empresa CUASA, la cual está ubicada en el Departamento de Choluteca, municipio de Apacilagua, Honduras. La finca estaba cultivada con 190 manzanas del cultivo de okra de la variedad ‘Clemson Spineless’.

#### 3.5.1. Diseño metodológico

El experimento se estableció en el mes de octubre del año 2016 y concluyó en el mes de enero del 2017. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA), se evaluaron 8 tratamientos con cuatro repeticiones (Cuadro 1). 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 de cada tratamiento consistió en un área de 48 m<sup>2</sup> (4 surcos distanciados a 1.5 m × 8 metros de largo del surco). La distancia entre posturas fue de 0.20 m, lo cual resultó en un total de 160 posturas por unidad experimental (48 m<sup>2</sup>). El área efectiva de cada bloque fue de 384 m<sup>2</sup>, dejando un espacio libre de 2 metros entre cada unidad experimental dentro de cada bloque. Entre cada bloque (repetición) se dejó un espacio de dos metros para evitar el

efecto de interferencia entre parcelas o bloques. El área efectiva total del experimento fue de 1536 m<sup>2</sup>.

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. El número plantas por bloque fue de 1280 (160 plantas por tratamiento × 8 tratamientos) y el número total de plantas por experimento fue de 5120 (1280 plantas por bloque × 4 bloques).

Cuadro 1. Descripción de los insecticidas orgánico-sintéticos (tratamientos 1 y 2), entomopatógenos (tratamientos 3 y 4) y botánicos (tratamientos 5 y 6) evaluados en el experimento de campo.

Tratamientos	Ingrediente activo	Producto comercial	Dosis
T1	Deltametrina + Imidacloprid	Muralla Delta 19 OD	0.4-0.8 L/mz
T2	Spirotetramat	Movento 15 OD	0.4-0.6 L/mz
T3	<i>Beauveria bassiana</i>	Ecobiol 5 PM	200 g/mz
T4	<i>Isaria fumosorosea</i>	Paecilomyces 5 PM	200 g/mz
T5	Quasina ( <i>Quassia amara</i> )	Quasina 50 EC	300 ml/ mz
T6	Azadiractina	Neem 50 EC	300 ml/mz
T7	Testigo absoluto	Aplicación de agua	-
T8	Testigo relativo	Manejo de finca	Productos combinados

Para la estimación de las dosis de cada uno de los productos químicos se comenzó ensayando con las dosis comerciales y fichas técnicas de cada producto, ya que han funcionado de manera eficiente en la finca donde se estableció el ensayo. Las dosis para los productos biológicos se estimaron en base a la concentración de conidios como lo recomienda la etiqueta del producto. Los hongos que se utilizaron en el experimento son producidos en el Laboratorio de Hongos Entomopatógenos de la Universidad Nacional Agraria en Nicaragua. En el caso de los productos biológicos no se usaron las dosis comerciales ya que en la finca ha causado manchado de frutos, sino que se usó una dosis más baja, la cual ha sido eficiente en el control de insectos.

Con respecto al manejo de la finca se utilizaron los productos intercalados cómo se maneja actualmente en la empresa CUASA (Cultivos Agrícolas las Sábilas), teniendo como criterio la no aplicación de producto químicos sintéticos después de los 45-65 días después de la siembra (DDS), alternando con productos biológicos y botánicos para el manejo de la plantación hasta final del ciclo de producción. Importante mencionar que el plan fitosanitario aplicado en finca es solo de conocimiento de encargados de la empresa, por lo que no se conocen los productos utilizados como tratamiento testigo relativo.

**Insecticida Muralla Delta 19 OD:** es la marca comercial de un insecticida (1-(6-cloro-3-piridilmetil)-N-nitroimidazolidin-2-ylidene amine), (S)-alfa-ciano-3-fenoxibencil (1R, 3R)-3-(2,2 dibromovinil)-2,2- dimetilciclopropano carboxilato, del grupo químico de los neonicotinoides y piretroides sintéticos. Es un insecticida que tiene un modo de acción sistémica, de contacto e ingestión, especialmente indicado para el control de áfidos, trips y lepidópteros en cultivos de chacarería, cultivos industriales, hortalizas, berries y cereales. (<http://www.bayercropscience.es>).

**Insecticida Movento 15 OD:** es la marca comercial de un insecticida con principio activo spirotetramate, que pertenece a la nueva familia química de los derivados del ácido tetrónico. El producto actúa como un inhibidor de la biosíntesis de lípidos y afecta las etapas juveniles con efectos adicionales sobre la fecundidad del adulto. Después de la aplicación foliar, el spirotetramat penetra a través de la cutícula de la hoja y se transloca como spirotetramat-enol a través del xilema y el floema, hasta los brotes en crecimiento y hasta las raíces. Esta ambimovilidad total o sistémica bidireccional (transporte de floema y xilema) garantiza el control de plagas succionadoras ocultas y que viven en el suelo después de la aplicación foliar y protege los nuevos brotes. Tiene actividad limitada de contacto (Brück *et al.*, 2009; Nauen *et al.*, 2008a).

**Insecticida Ecobiol 5 PM:** El hongo *Beauveria bassiana* es un parásito facultativo, el cual en presencia del insecto huésped cambia al ciclo de vida patogénico. Las conidias germinan en la superficie de la cutícula del insecto y los tubos germinativos penetran directamente en el tegumento del insecto. El hongo alcanza el hemocele a través de la cutícula o posiblemente a través de las piezas bucales. Las esporas fúngicas ingeridas no germinan en el intestino y se eliminan en las heces. La muerte del insecto se debe a una combinación de factores: daño mecánico resultante de la invasión tisular, agotamiento de los recursos de nutrientes y toxicosis. Este hongo produce una variedad de metabolitos secundarios químicamente diversos tales como beauvericina, bassianolide, bassianina, tenellina y ciclosporina A. Tras la muerte del huésped, el crecimiento del hongo vuelve a la forma hifal típica (la etapa saprotrófica). La capacidad de convertirse a la fase similar a la levadura puede ser un requisito previo para la patogenicidad (Keswani *et al.*, 2013; Pinnamaneni y Potineni, 2010).

**Insecticida Paecilomyces 5 PM:** El ingrediente activo es *Isaria fumosorosea*, penetra en el insecto huésped a través de la cavidad oral, por los espiráculos o a través de la cutícula, se adhiere para invadir el cuerpo del insecto produciéndole la muerte. *Isaria fumosorosea* libera enzimas tales como quitinasas, quitosanasas y lipasas, para penetrar físicamente en el huésped y suprimir su sistema regulador, y un compuesto llamado beauvericina para paralizar al huésped (Ali *et al.*, 2010).

**Insecticida Quasina 50 EC:** el ingrediente activo es *Quassia amara*, la familia Simaroubaceae contienen principios amargos conocidos como quasinoídes, los extractos metanólicos de corteza y madera son los que muestran actividad insecticida (Mancebo *et. al.*, 2000). Es inhibidor de insectos que actúa por repelencia, contacto e ingestión. Su acción no es de choque pero detiene el desarrollo de las plagas y provoca rechazo debido al amargor que confiere a las plantas tratadas de las que tratan de alimentarse.

**Insecticida Neem 50 EC:** el ingrediente activo azadirachtina, actúa como un potente regulador de crecimiento de insectos, larvas, ninfas o pupas las mismas que no pasan a sus estados adultos y mueren. La azadirachtina, un complejo tetranortriterpenoide limonoide de las semillas de neem, es el principal componente responsable de los efectos antialimentarios y tóxicos en los insectos. Otros compuestos que contienen limonoídes y azufre con propiedades repelentes, antisépticas, anticonceptivas, antipiréticas y antiparasitarias se encuentran en otras partes del árbol, como por ejemplo, hojas, flores, corteza, raíces (Mordue y Nisbet, 2000).

### **3.6. Conteo de mosca blanca**

Para determinar el momento de aplicación de los tratamientos se realizaron muestreos semanales por la mañana, para ello se seleccionaron los dos surcos centrales de cada parcela y se revisaron 10 plantas al azar. Cada planta se dividió imaginariamente en tres estratos: inferior, medio y superior. En cada estrato se tomó una hoja expandida de okra y se registró la población de los insectos adultos de mosca blanca. Cuando no se pudo contar las ninfas en el campo, entonces las hojas de okra se llevaron al laboratorio en bolsas de plástico para realizar el conteo de las ninfas de mosca blanca (Leite *et al.*, 2005).

En cada parcela experimental se tomaron en total 30 hojas, por bloque se tomaron 240 hojas y en todo el experimento el número de hojas a revisar fue de 960 hojas. Este conteo se realizó semanalmente, es decir, cada semana se revisaron 960 hojas para determinar la población de mosca blanca en el ensayo.

### **3.7. Aplicación de productos**

Las aplicaciones de los productos se realizaron en base a los datos obtenidos en el muestreo. Las aplicaciones se efectuaron por aspersión directa al follaje haciendo uso de moto bomba con capacidad de 12 litros de agua y se efectuaron por la mañana o por la tarde para evitar deriva del producto. El umbral económico a considerar para mosca blanca fue de 4-5 ninfas o adultos por hoja (Ahmed *et al.*, 2002; Iqbal *et al.*, 2015).

### **3.8. Variables evaluadas**

#### **3.8.1. Número de mosca blanca por planta**

Esta variable se registró desde los 7 días después de la siembra (DDS), realizando muestreos semanales hasta los 91 días. Se revisaron 10 plantas de okra y cada planta se dividió en tres estratos (inferior, medio y superior) y se registró la densidad poblacional de mosca blanca específicamente en el envés de la hoja, que es el lugar donde se encuentran más frecuentemente.

#### **3.8.2. Eficacia de los productos químicos, biológicos y botánicos**

Para evaluar la eficacia de los productos químicos, biológicos y botánicos inicialmente se registró la densidad poblacional de mosca blanca antes de la aplicación de los productos en las parcelas con tratamientos y en las parcelas testigos. Una vez que se realizaron las aplicaciones se hizo un nuevo recuento de mosca blanca a los 3, 7 y 11 días después de la aplicación de los productos tanto en las parcelas tratadas como en las parcelas testigos (Ghosh, 2014). La eficacia de los productos se calculó con la fórmula de Abbott (1925):

$$Eficacia (\%) = \left( \frac{Cd - Td}{Cd} \right) \times 100$$

Donde,

Cd = Infestación en parcelas testigos después de aplicar los productos

Td = Infestación en parcelas tratadas después de aplicar los productos

### **3.8.3. Intensidad de la enfermedad**

La intensidad de la enfermedad causada por el agente causal del virus de la vena amarilla en okra fue estimada a través de la incidencia y la severidad.

#### **a) Incidencia de la enfermedad**

La incidencia es la frecuencia en que las plantas presentan síntomas de virosis, es decir el porcentaje de plantas con síntomas con relación al total de plantas muestreadas. Para diferenciar entre una planta sana y una enferma, se realizó observación de los síntomas característicos que presenta la virosis en las hojas y frutos de las plantas, como es la deformación, clorosis y enanismo.

Para determinar la incidencia de virosis se recolectaron datos a partir de los 7 días después de la siembra (DDS), con intervalos de 7 días cada muestreo hasta los 91 DDS. La incidencia se registró en 10 plantas de los surcos centrales. Para obtener la relación porcentual se usó la fórmula siguiente (James, 1974):

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

#### **b) Severidad de la enfermedad**

La severidad es el porcentaje de tejido visualmente dañado o afectado de una planta con relación al total de biomasa por planta evaluada. Para determinar la severidad de virosis se recolectaron datos a partir de los 7 días después de la siembra (DDS), con intervalos de 7 días cada muestreo hasta los 91 DDS. La severidad fue registrada en 10 plantas de los surcos centrales.

La estimación de severidad se realizó a través de la observación de los síntomas característicos que presentan las hojas de las plantas atacadas por virosis: enanismo de la planta, mosaico en

hojas nuevas o viejas y enrollado de hojas. Para determinar la severidad del daño de virosis se usó la escala que se presenta en el Cuadro 2 (Kareem *et al.*, 2012; Ndunguru y Rajabu, 2004).

Cuadro 2. Escala de evaluación ordinal utilizada para la estimación de la severidad de la virosis en el cultivo de okra.

Clase de la escala	Síntoma
0	Ningún síntoma (planta sana)
1	Moteado leve sin distorsión foliar
2	Distorsión foliar leve con menos del 40% del área foliar con clorosis o amarillamiento.
3	Amarillamiento y distorsión foliar severa con clorosis o amarillamiento afectando cerca del 80% del área foliar
4	Hojas severamente distorsionadas y atrofiadas, con un 80-100% del área con clorosis o amarillamiento

Con el fin de determinar con mayor exactitud la severidad de la virosis, los valores de clases de la escala fueron transformados a porcentajes a través de la fórmula de Townsend-Heuberger (1943):

$$I = \left( \frac{\sum n \times v}{iN} \right) \times 100$$

Donde,  $I$  = % de intensidad de ataque del patógeno;  $(n \times v)$  = total de plantas con un grado por su respectivo grado de la escala;  $N$  = total de plantas evaluadas;  $i$  = grado máximo de la escala ( $i=4$ ).

### 3.8.4. Rendimiento

Se determinaron los días aproximados del período de la siembra al primer corte de fruto (cosecha) cuyo criterio fue que al menos tres de las cuatro repeticiones estuvieran en producción. El rendimiento de fruto se obtuvo de los dos surcos centrales (80 plantas en total, 40 plantas por surco). La cosecha fue manual y se realizó diariamente durante 3 semanas. Se consideró el fruto no mayor de 12.7 cm de longitud, basados en los criterios generalizados para la producción comercial (Aguiar y Mayberry, 1998; Díaz *et al.*, 1999). El fruto mayor o “cuerno” y los frutos bubosos (daño por incidencia de virosis) fueron eliminados, por lo tanto, fueron cuantificados como pérdidas. El rendimiento se expresó en  $\text{kg ha}^{-1}$  y se calculó el porcentaje de pérdida relativa (PR) en el rendimiento de okra de 15 cosechas a través de la fórmula:

$$PR (\%) = \frac{(Y_a - Y_b)}{Y_a} \times 100$$

Donde, PR (%) = porcentaje de pérdida relativa;  $Y_a$  = rendimiento promedio en el Testigo relativo (manejo de finca);  $Y_b$  = rendimiento promedio en cada uno de los otros tratamientos incluidos en el estudio. Para obtener el porcentaje de pérdida relativa se tomó como referencia el rendimiento del tratamiento Testigo relativo (manejo de la finca).

### 3.9. Análisis de datos

La severidad fue expresada en porcentaje y con los datos resultantes se construyeron las curvas de progreso de las epidemias de virosis que se presentaron en las parcelas. 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

Con los datos de 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 progreso temporal de las epidemias de virosis fue estimado a través de la tasa de incremento de la enfermedad o tasa de infección aparente (parámetro “ $r$ ”). Por lo tanto, los porcentajes de severidad fueron ajustados a las formas linealizadas de los modelos exponencial,  $\ln(y) = \ln(y_0) + r_{et}$ ; monomolecular,  $\ln[1/(1-y)] = \ln[1/(1-y_0)] + r_{mt}$ ; logístico,  $\ln[y/(1-y)] = \ln[y_0/(1-y_0)] + r_{it}$ ;

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 virosis con base en el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el cuadrado medio del error (CME). Los datos de rendimiento fueron sometidos a análisis de varianza y para la separación de medias se utilizó la prueba HSD de Tukey. Para el análisis de los datos se hizo uso del programa Excel (para la construcción de las bases de datos), y de los programas estadísticos Infostat (2008) y SAS versión 9.1.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Descripción de los síntomas de la vena amarilla de la okra

Los síntomas iniciales en las hojas jóvenes fue un moteado difuso en apariencia. El aclaramiento de las venas pequeñas comenzó cerca de los márgenes de las hojas, pero en varios puntos, fueron más pronunciadas hacia el extremo del pecíolo en comparación con los márgenes expandidos de la hoja (Figura 1 A y B). El aclaramiento de las nervaduras se desarrolló en una clorosis que cubrió casi todas las nervaduras primarias y secundarias. Las hojas recién desarrolladas exhibieron una red entretejida de veta amarilla, que encerró las manchas verdes de la hoja. El tejido verde de la hoja apareció como una isla (Figura 1C).

Poco a poco, el amarillamiento aumentó y cubrió el área intervenal y toda la hoja se tornó amarilla (Figura 1D). Los frutos que se desarrollaron en plantas infectadas presentaban áreas amarillas irregulares, malformación y tamaño reducido. En casos severos, los frutos se volvieron completamente amarillos y pequeños (Figura 2).

Los síntomas de virosis observados en el presente estudio son muy similares a los encontrados por Solankey *et al.*, (2014) y Ghevariya y Mahatma (2017) en el cultivo de okra afectado por el virus del mosaico de la vena amarilla. Estos mismos autores señalan, además, que es un geminivirus perteneciente al género Begomovirus el causante del virus de la vena amarilla en okra, el cual es transmitido por el vector *Bemisia tabaci* biotipo B.

En general, los síntomas típicos causado por begomovirus en diferentes tipos de plantas incluyen enrollamiento foliar, mosaico, amarillamiento de las nervaduras o amarillamiento generalizado del área foliar (Leke *et al.*, 2015). La identificación de las enfermedades virales basada en sintomatología no es muy confiable, ya que diferentes tipos de virus pueden causar síntomas similares en apariencia. Por lo tanto, en el presente estudio, para establecer de forma más precisa y confiable la etiología de la enfermedad, se realizó una identificación molecular del patógeno involucrado y del insecto vector que lo transmite.

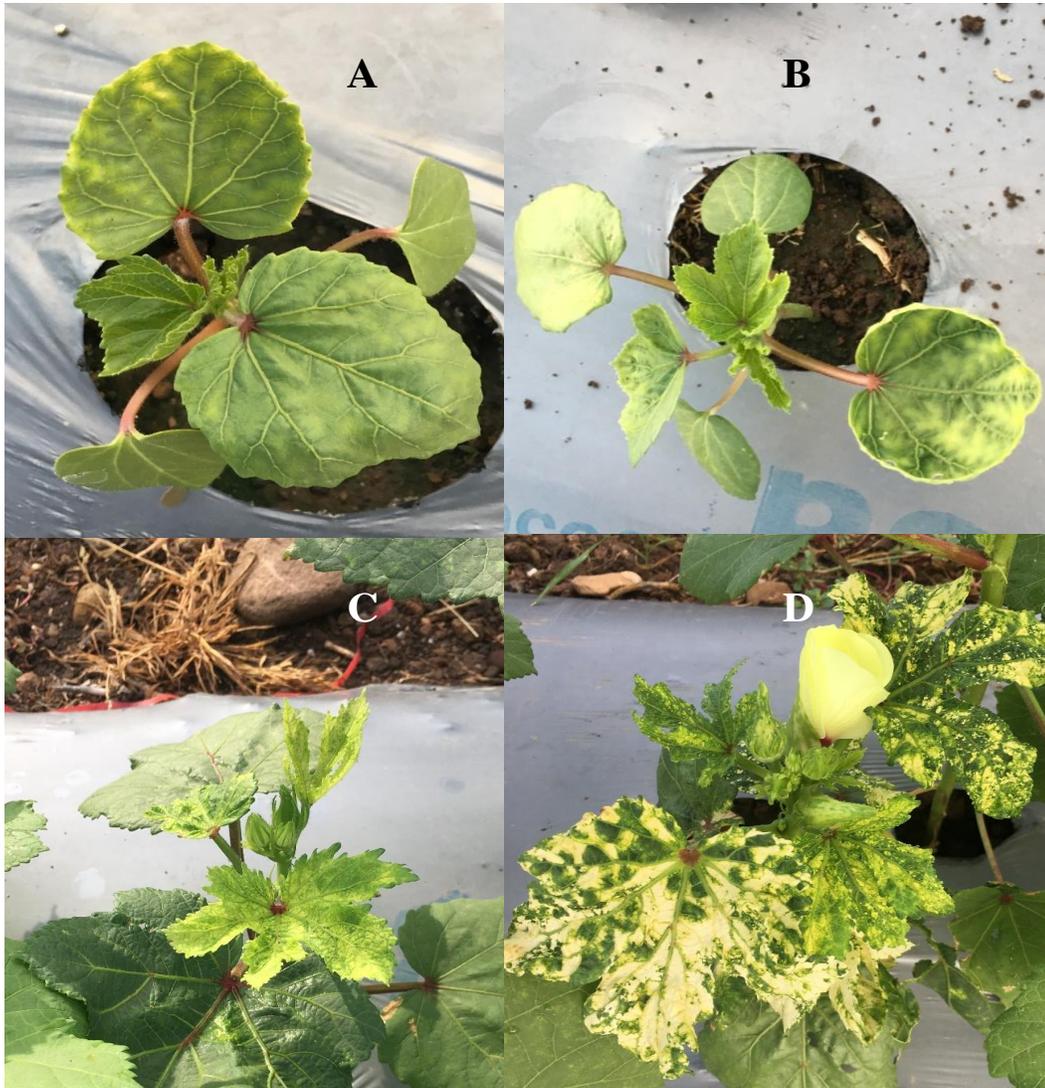


Figura 1. Síntomas de la virosis vena amarilla de la okra: moteado difuso (A), aclaramiento de las nervaduras en los márgenes de las hojas (B), red entrelazada de vena amarilla en hojas jóvenes (C) y formación de islas verdes y amarillamiento de las hojas (D).

#### 4.2. Identificación del agente causal del virus de la vena amarilla en okra y de su insecto vector

El análisis de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) llevado a cabo por la Dra. Judith Brown en el Laboratorio de Virología de la Universidad de Arizona, Estados Unidos detectó en las muestras de okra la presencia de un begomovirus, el cual ya había sido reportado en Honduras por la Dra. Brown y se le denomina Sida Yellow Vein Virus (SiYVV) o Virus de la Vena Amarilla de la Sida.



Figura 2. Síntomas de virosis de frutos de okra: deformación y reducción en el tamaño de los frutos (A), amarillamiento y deformación de frutos (B).

Se amplificaron bandas de aproximadamente 1100 pb correspondientes al componente A utilizando los oligonucleótidos específicos para geminivirus bipartitas (Rojas *et al.*, 1993). La secuencia parcial de la capa proteínica del virus aún no ha sido depositada en el banco de genes (GenBank) (Anexo 2).

El análisis de secuenciación indicó que existe un 97% de similitud del virus identificado en este estudio con el Sida yellow vein virus de Honduras con número de accesoión Y11099.1 y reportado por Frischmuth *et al.*, (1997). Asimismo, se obtuvo una similitud de 92% con el virus Sida Golden Mosaic Virus (SiGMV) de Honduras y el Okra Yellow Mosaic Mexico Virus (OYMMV) y un 91% de similitud con el virus del Chino del tomate. En la comparación se incluyeron otros virus encontrados en la maleza del género Sida y se pudo constatar, por ejemplo, que algunas variantes presentes en Costa Rica, Brazil y Estados Unidos son virus diferentes al encontrado en el presente estudio (Cuadro 3). Los criterios taxonómicos actuales establecen que las variantes de un Begomovirus cuyo componente A presenta identidad global menor al 88% con su pariente más cercano se consideran especies separadas (Fauquet *et al.*, 2008).

En el árbol filogenético construido también se pudo apreciar que el virus causante de la vena amarilla de la okra en la localidad de Apacilagua se ubicó muy próximo al Sida yellow vein virus que ya había sido identificado en Honduras por Frischmuth *et al.*, (1997) confirmando una vez más su similitud de secuencia nucleotídica. En el extremo inferior del dendograma se ubicaron los grupos de geminivirus que comparten una similitud porcentual más cercana con el virus de Apacilagua, mientras que en el extremo superior se ubicaron aquellas variantes que tenían menos similitud de secuencia nucleotídica (Figura 3).

Cuadro 3. Comparación de los porcentajes de similitud del virus identificado en este estudio con otros virus presentes en algunos países del continente americano.

Virus	Acrónimo	Accesión	Hospedante	País	Similitud (%)
Sida yellow vein virus	SiYVV	Y11099.1	Sida sp	Honduras	97
Sida golden mosaic Honduras virus	SiGMHoV	Y11097.1	Sida sp	Honduras	92
Okra yellow mosaic Mexico virus	OkYMMeV	GU990613.1	Okra	México	92
Okra yellow mosaic Mexico virus	OkYMMeV	GU990614.1	Okra	México	92
Okra yellow mottle Iguala virus	OkYMIgV	AY751753.2	Okra	México	91
Chino del tomate virus	ChDTV	DQ885456.1	Tomate	ND <sup>1</sup>	90
Tomato severe leaf curl virus	ToSLCV	EU155842.1	Tomate	ND	90
Tomato mottle Florida virus	ToMFIV	AF058016.1	Tomate	Estados Unidos	90
Sida yellow mottle virus	SiYMV	JN411687.1	Sida sp	Cuba	90
Sida golden mosaic Florida virus	SiGMFIV	GQ357649.1	Phaseolus	Estados Unidos	89
Abutilon mosaic virus	AbMV	LN611623.1	Abutilon sp	ND	89
Sida yellow mosaic Yucatan virus	SiYMYuV	DQ875872.1	Sida sp	México	89
Sida golden mosaic Backup virus	SiGMBuV	JX162591.1	Sida sp	Jamaica	89
Sida golden mosaic Costa Rica virus	SiGMCRV	X99550.1	Sida sp	Costa Rica	88
Sida yellow leaf curl virus	SiYLCV	KC706538.1	Sida sp	Brazil	87
Sida golden yellow vein Florida virus	SiGYVFIV	KT879816.1	Sida sp	Estados Unidos	87

<sup>1</sup>ND = No determinado

En este estudio solamente se secuenció parcialmente la cubierta proteica del componente A del virus de Apacilagua, sin embargo, este hecho permite hacer comparaciones con el componente A de otros begomovirus encontrados no solamente en el cultivo de okra sino también en otros cultivos como tomate, frijol y especies de la maleza del género *Sida*. La secuenciación completa del genoma de este virus permitiría la detección de posibles nuevas variantes o de eventos de recombinación (intercambio de segmentos genómicos) entre virus que están asociados a plantas

de la Familia Malvaceae o con virus asociados a otras familias botánicas de importancia para la agricultura.

Por un lado, la amplia diversidad entre los begomovirus asociada con infecciones mixtas se constituye en un factor conducente a eventos de recombinación, los cuales a su vez han jugado un papel importante en la evolución de los geminivirus (Mishra *et al.*, 2017; Seal *et al.*, 2006). Por otro lado, el biotipo B de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) ha alterado la epidemiología de muchas enfermedades begomovirales en okra al introducir diferentes begomovirus en especies nuevas de plantas (Sanwal *et al.*, 2016).

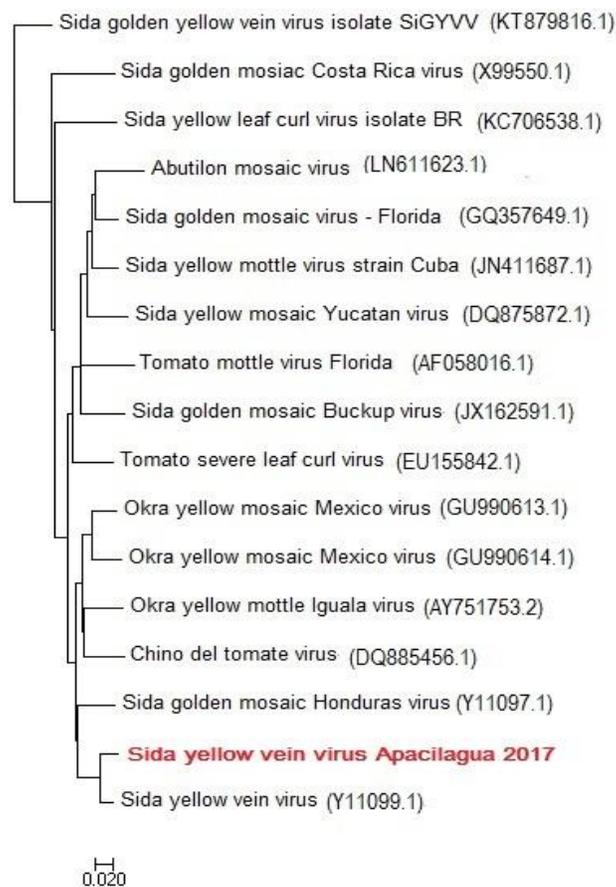


Figura 3. Árbol filogenético construido a partir de la secuencia parcial de la cubierta proteica del componente A del virus de Apacilagua y alineada con las secuencias de otros virus utilizando el método del vecino más cercano (construct/test Neighbor-Joining Tree) con 1000 réplicas bootstrap. Las distancias horizontales son proporcionales a las distancias de secuencia, las distancias verticales son arbitrarias. La barra horizontal corresponde a 0.02 diferencias de base por sitio.

En la Universidad Nacional Agraria de Nicaragua se identificaron tres insectos plagas que afectaron el cultivo de okra durante todo su ciclo vegetativo y de producción tanto en las parcelas experimentales como en los lotes comerciales establecidos en la zona de Apacilagua, en el departamento de Choluteca, Honduras (Cuadro 4; Anexo 3). Entre estos insectos se encontró al vector que transmite el virus de la vena amarilla de la okra.

Cuadro 4. Identificación taxonómica insectos plagas encontrados afectando el cultivo de okra en la zona de Apacilagua, Choluteca, Honduras.

Orden	Familia	Genero	Especie
Hemíptera	Aphididae	<i>Myzus</i>	<i>persicae</i>
Hemíptera	Aleyrodidae	<i>Bemisia</i>	tabaci
Thysanoptera	Tripidae	<i>Frankliniella</i>	sp.

\*Identificado por: PhD. Edgardo Jiménez Martínez- Alex Cerrato C. (Laboratorio de Entomología UNA).

El insecto vector del virus que causa la vena amarilla en el cultivo de okra en la zona de Apacilagua, se identificó como biotipo B de *Bemisia tabaci* (Anexo 4). Estudios recientes sugieren que *B. tabaci* es un complejo de especies que contiene más de 30 especies crípticas morfológicamente indistinguibles (De Barro *et al.*, 2011; Boykin *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2013). El biotipo B está más ampliamente distribuido y se identificó a fines de la década de 1980, luego de extensos brotes de *B. tabaci* en el sudoeste de los Estados Unidos, y tiene una distribución mundial. Un biotipo común adicional, el biotipo Q, que probablemente se originó en la Península Ibérica, también se ha extendido a nivel mundial (Horowitz e Ishaaya, 2014).

Estos dos biotipos difieren en varias características biológicas, que incluyen el rango y la adaptabilidad a la planta hospedante, la capacidad de transmitir el virus a la planta, la eficacia de copulación, la composición de simbiontes que albergan en sus cuerpos y la expresión de resistencia al choque térmico e insecticidas. Estas diferencias contribuyen a los resultados competitivos entre los dos biotipos en diversos hábitats. El biotipo B está más adaptado a campos abiertos, mientras que el biotipo Q es más competitivo en instalaciones agrícolas protegidas (Yao *et al.*, 2017).

### 4.3. Intensidad de la enfermedad virus de la vena amarilla de la okra

El comportamiento epidemiológico de la virosis en el cultivo de okra se cuantificó mediante dos parámetros de intensidad de enfermedad, la incidencia y la severidad. Estos dos parámetros proporcionaron información sobre el efecto indirecto que tuvo la aplicación de los productos químicos sintéticos, botánicos y biológicos sobre la evolución de la virosis durante el período de estudio.

#### 4.3.1. Incidencia de virosis

El análisis de varianza (ANDEVA) indicó que hubo diferencias significativas entre tratamientos, días después de la siembra y repeticiones o bloques ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ; Anexo 5) con respecto a la incidencia de virosis. La incidencia promedio más baja se obtuvo en las parcelas donde se aplicó el producto microbiológico *Beauveria bassiana* (4.4%) y la más alta se observó en las parcelas donde se aplicó el producto químico sintético Muralla Delta 19 OD (5.5%) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Incidencia promedio de virosis en el cultivo de okra en experimento de campo donde se aplicaron productos químicos sintéticos, botánicos y biológicos.

Tratamientos	Incidencia	N	R <sup>2</sup>	CV (%)	P
<i>Beauveria</i> (Ecobiol 5 PM)	4.4 a	40	0.94	21	< 0.0001
Testigo R	4.5 ab	40			
Quasina 50 EC	4.6 ab	40			
<i>Isaria</i>	4.7 ab	40			
Movento 15 OD	4.8 abc	40			
Neem 50 EC	4.9 abc	40			
Testigo A	5.1 bc	40			
Muralla Delta 19 OD	5.5 c	40			

N = número de observaciones; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación; CV (%) = coeficiente de variación; P = probabilidad contrastada con un  $\alpha = 0.05$ .

Según el ANDEVA, hubo diferencias significativas entre las fechas de evaluación de la incidencia de virosis (Anexo 5). El progreso de la incidencia de virosis a través del tiempo (días después de la siembra) se caracterizó por una curva sigmoide asimétrica que creció a medida que avanzó la fenología del cultivo.

Los síntomas evidentes de la enfermedad comenzaron a manifestarse a los ocho DDS con una incidencia promedio de 0.6%. Desde los 14 DDS hasta el día 29 DDS, la enfermedad

experimentó un leve ascenso (pasó de 1.6% a 2.3%), sin embargo, a partir del día 29 DDS, la curva de incidencia comenzó a crecer de forma exponencial hasta el día 57 DDS y a partir de este momento la curva tuvo una tendencia a estabilizarse (fase de equilibrio) hasta el día 71 DDS, cuando alcanzó un 8.1% y fecha en la cual finalizó el registro de este parámetro epidemiológico (Figura 4). Esta forma sigmoide de la curva de progreso de la incidencia de virosis sugirió que la enfermedad tiene una naturaleza policíclica.

Los valores de incidencia del virus de la vena amarilla en okra observados en el presente estudio se pueden considerar bajos si se comparan con otros estudios en los cuales se reportan valores de incidencia en el rango de 51% hasta 88% (Mubeen *et al.*, 2017). Sin embargo, en esos estudios en los cuales se han encontrado valores altos de incidencia de virosis, existen otros factores conducentes que pudieran estar influenciando el desarrollo de la enfermedad tales como el genotipo de okra evaluado y las condiciones ambientales prevalecientes en esos lugares.

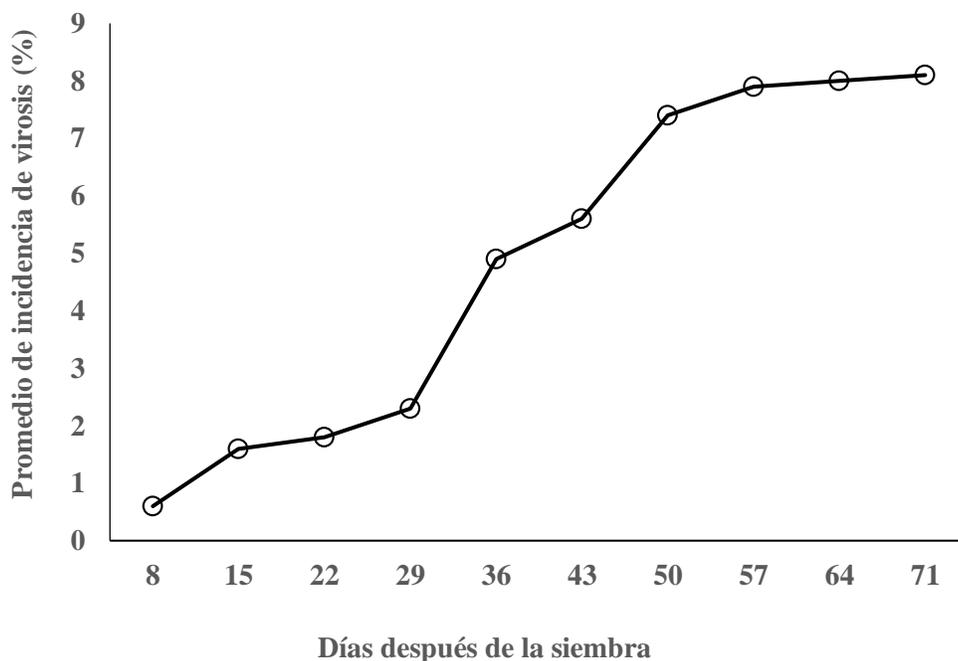


Figura 4. Curva de progreso de incidencia del virus de la vena amarilla en el cultivo de okra descrita a través del tiempo (días después de la siembra).

### 4.3.2. Severidad de virosis

Las curvas de progreso de severidad promedio en cada uno de los tratamientos a través del tiempo (días después de la siembra) fueron sigmoideas asimétricas, lo cual sugirió que la enfermedad causada por el virus de la vena amarilla de la okra es de carácter policíclica (Figura 5). El análisis de varianza encontró diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ; Anexo 6). Los tratamientos que presentaron menor severidad fueron el Testigo relativo (22%), *Beauveria bassiana* (22%) Quasina (23%) e *Isaria fumosorosea* (25%). En cambio, los tratamientos que presentaron mayor severidad en este orden fueron el Neem (26%), Movento (28%), Muralla (31%) y Testigo absoluto (32%) (Figura 6; Anexo 6). El virus del moteado amarillo puede alcanzar una severidad del 30%-89%, produciendo mosaicos amarillos intercalados con puntos verdes en las hojas de okra y las frutas infectadas desarrollan manchas cloróticas (Nduguru y Rajabu, 2004).

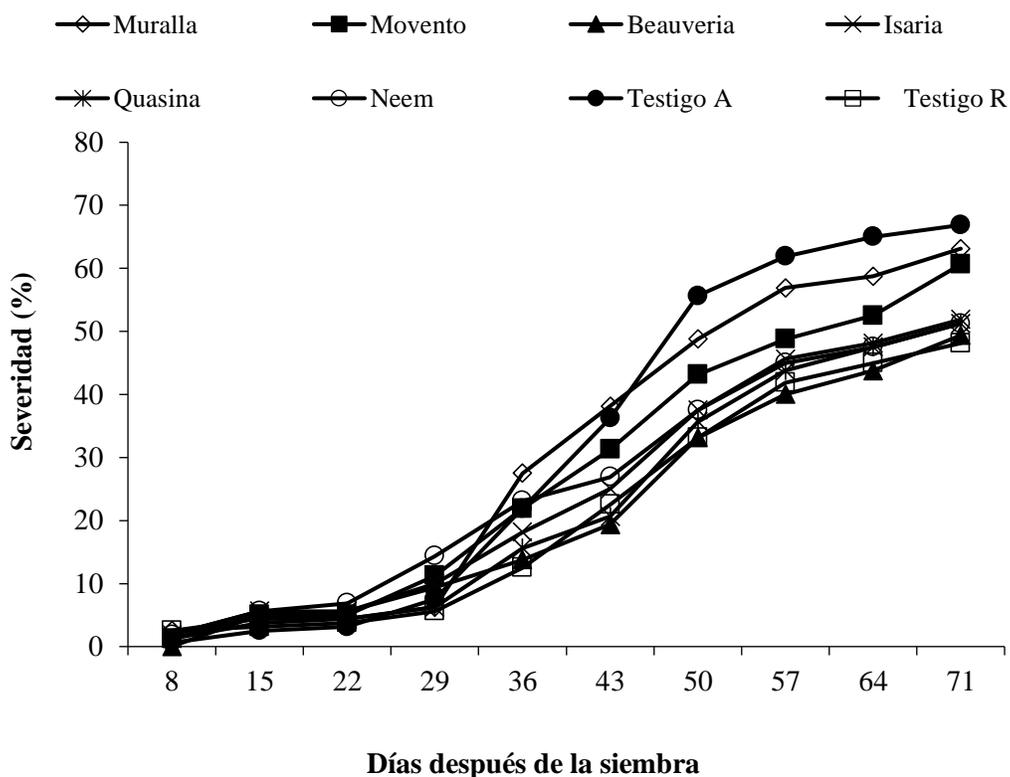


Figura 5. Curvas de progreso de la severidad del virus de la vena amarilla en el cultivo de okra a través del tiempo (días después de la siembra).

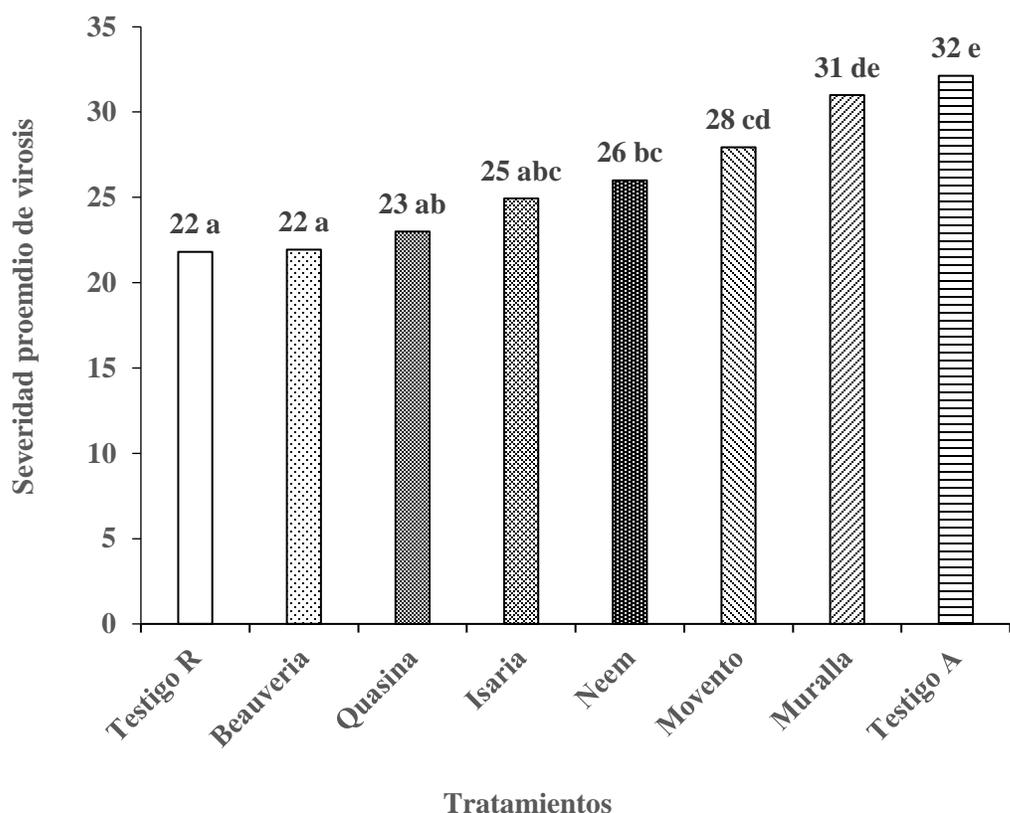


Figura 6. Severidad promedio de virosis en plantas de okra tratadas con diferentes insecticidas para el manejo del vector *Bemisia tabaci*.

En casos extremos, si las plantas se infectan dentro de los 20 días posteriores a la germinación, su crecimiento es retrasado; se forman pocas hojas y frutos y la pérdida puede ser alrededor del 94%. La magnitud del daño disminuye con el retraso en infección de las plantas. Las plantas que son infectadas a los 50 y 65 días después la germinación sufren una pérdida de 84% y 49%, respectivamente (Solankey *et al.*, 2014).

En el presente estudio, el análisis de regresión indicó que existe relación directa entre la incidencia y severidad de la enfermedad ( $p < 0.0019$ ;  $\alpha = 0.05$ ) (Figura 7), con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.82$ , lo que significa que a medida que aumenta la incidencia de plantas infectadas en campo la severidad se va incrementando.

En un estudio realizado por Paul *et al.*, (2005), en el cual se evaluó la relación existente entre incidencia y severidad de *Fusarium graminearum* (tizón del trigo), se indica que la severidad se podría predecir con precisión a partir de los datos de incidencia; lo que permite reducir sustancialmente el tiempo requerido para evaluar el comportamiento epidemiológico de la enfermedad. Asimismo se encontraron resultados similares reportados por Carisse *et al.*, (2013), donde se concluyó que la severidad de mildiu polvoso en fresa se puede estimar con precisión con tan solo la incidencia de la enfermedad en hojas enfermas. En el caso específico de la virosis en okra, la relación existente entre incidencia y severidad puede usarse para establecer un manejo más práctico de la enfermedad, especialmente utilizando esta información para el inicio de programas de aplicaciones de insecticidas o para medir el intervalo de aplicaciones para controlar el vector de la virosis en cultivo de okra. Estos programas de manejo se pueden basar en la información recolectada sobre la incidencia de virosis en el cultivo de okra.

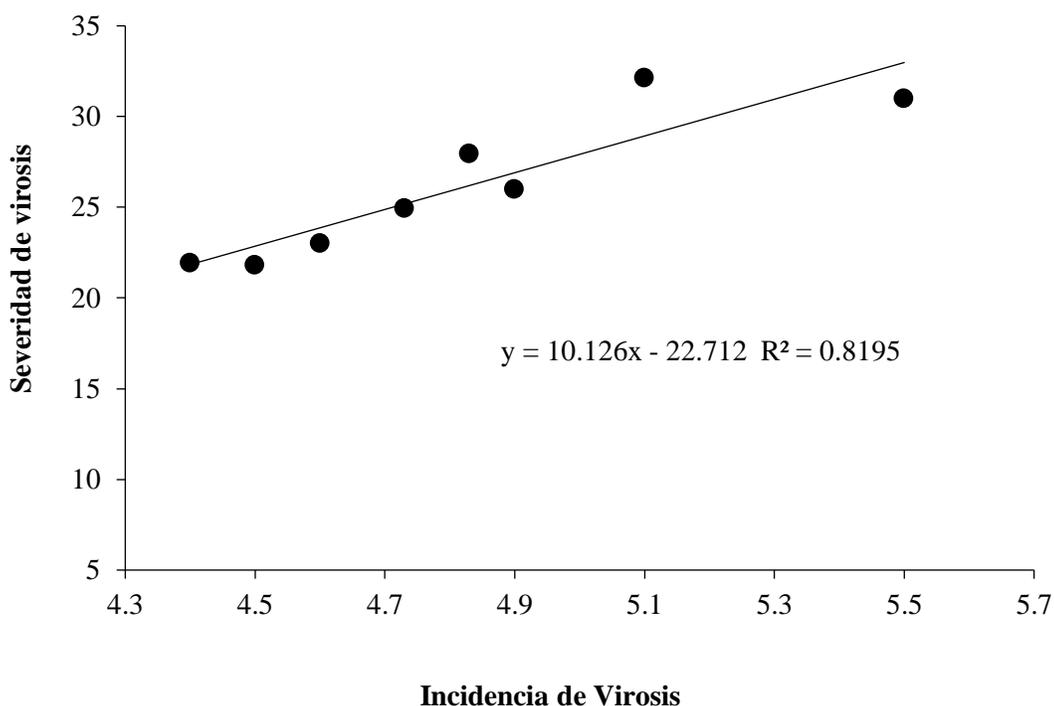


Figura 7. Relación entre incidencia y severidad del virus de la vena amarilla en el cultivo de okra.

### 4.3.3. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)

El análisis de varianza realizado, indicó que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0.0891$ ;  $\alpha = 0.05$ ; Anexo 7) con respecto al área bajo la curva de progreso de la virosis. El valor más alto del ABCPE se observó en el tratamiento testigo absoluto (2012.5 %-días), seguido por los tratamientos Muralla (1944.7 %-días), Movento (1747.8 %-días), Neem (1634.1 %-días). Al contrario, valores más bajos del ABCPE se observaron en los tratamientos Testigo relativo (1349.7 %-días), *Beauveria bassiana* (1362.8 %-días), Quasina (1426.3 %-días) e *Isaria fumosorosea* (1557.5 %-días).

Al comparar los diferentes tratamientos en el tiempo (DDS) en relación a los valores del ABCPE se observó que en los primeros 29 DDS, la enfermedad tuvo un comportamiento similar en las fechas de muestreo, no obstante, a partir del 36 DDS se observó una tendencia de aumento de la enfermedad, en todas las demás fechas evaluadas (Figura 8). Esta tendencia se mantuvo hasta el final del período de la evaluación, siendo distintas estadísticamente según la prueba de separación de medias de Tukey (Anexo 7).

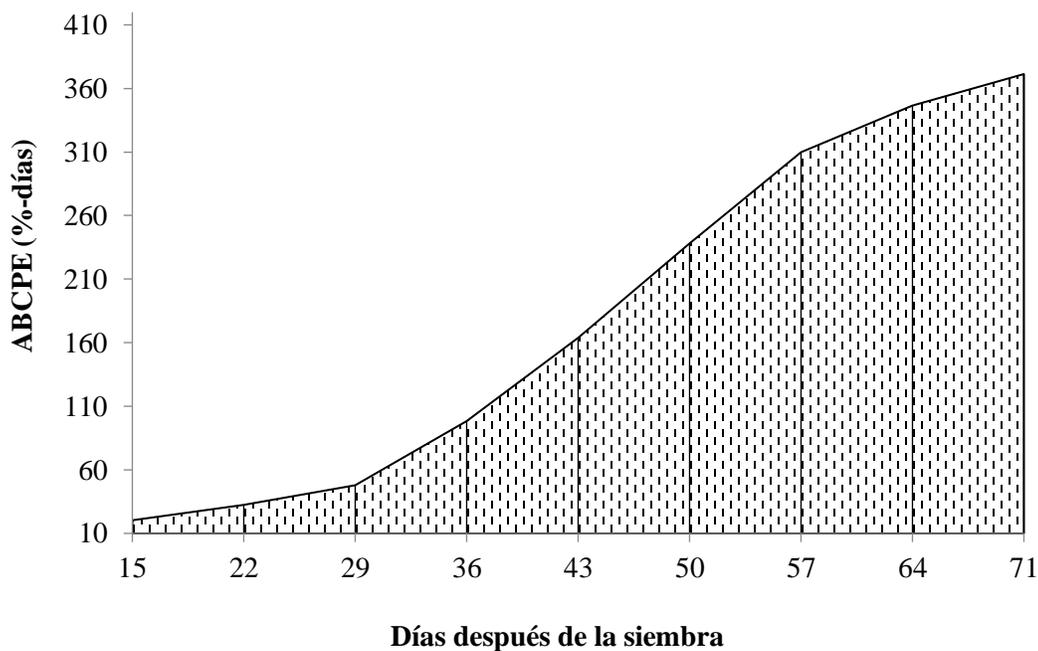


Figura 8. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) del virus de la vena amarilla en el cultivo de okra a través del tiempo.

El ABCPE es un descriptor epidemiológico muy útil cuando los patrones de enfermedad observados no pueden ajustarse mediante curvas de progreso de enfermedad (Van Maanen y Xu, 2003; Xu, 2006). El ABCPE es la cantidad de enfermedad integrada entre dos momentos de interés y se calcula independientemente de la forma de la curva (Shaner y Finney, 1977). Los datos de progreso de la enfermedad se resumen en un solo valor de ABCPE y es adecuado calcularlo cuando el daño del hospedante y la cantidad y duración de la enfermedad son proporcionales (Xu, 2006). En general, el ABCPE se utiliza cuando se hacen comparaciones entre tratamientos (Jeger, 2004; Xu, 2006) y cuando se evalúa la resistencia de las plantas a patógenos (Jeger y Viljanen-Rollinson, 2001; Pandey *et al.*, 2003; Mikulova *et al.*, 2008; Irfaq *et al.*, 2009).

#### 4.3.4. Tasa de infección aparente del virus de la vena amarilla en okra

De los cuatro modelos utilizados en el estudio, el modelo de Gompertz proporcionó el mejor ajuste a los datos de severidad de la enfermedad causada por el virus de la vena amarilla en el cultivo de okra. No obstante, aunque el modelo de Gompertz fue superior para ajustar los datos de severidad, los otros tres modelos (exponencial, monomolecular y logístico) fueron consistentes en su estimación. Los criterios estadísticos considerados para seleccionar el modelo de Gompertz fueron valores altos del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y valores bajos del cuadrado medio del error (CME) (Cuadro 6; Anexo 8).

Cuadro 6. Parámetros del análisis de regresión seleccionados para determinar el modelo que proporcionó el mejor ajuste a los datos de severidad del SiYVV.

Tratamiento	$R^2$	CME	Intercepto	DEI <sup>a</sup>	TIA <sup>b</sup> (pendiente)	DE-TIA <sup>c</sup>
Muralla	0.89	0.079	-2.07	0.160	0.043	0.003
Movento	0.92	0.063	-1.81	0.085	0.036	0.001
<i>Beauveria</i>	0.90	0.058	-1.88	0.086	0.033	0.001
<i>Isaria</i>	0.87	0.071	-1.79	0.114	0.033	0.002
Quasina	0.83	0.081	-1.94	0.127	0.035	0.002
Neem	0.76	0.094	-1.69	0.126	0.032	0.002
Testigo A	0.86	0.101	-2.27	0.155	0.049	0.003
Testigo R	0.84	0.074	-1.93	0.118	0.033	0.002

<sup>a</sup>DEI = desviación estándar del intercepto; <sup>b</sup>TIE = tasa de infección aparente; <sup>c</sup>DE-TIE = desviación estandar de la tasa de infección aparente.

En algunas investigaciones se ha reportado el uso satisfactorio del modelo de Gompertz para describir las curvas de progreso de la enfermedad (Ruiz *et al.*, 2006; Vuori *et al.*, 2006; Berger, 1981). El modelo se ha destacado por sus estimaciones de parámetros consistentes y estables en patosistemas de avena, papa, apio, frijol, arroz y otros cultivos (Mohapatra *et al.*, 2008).

La tasa de infección aparente más alta se observó en el testigo absoluto con un valor de 0.049 unidades día<sup>-1</sup> y las más bajas se observaron en los tratamientos donde se usó Neem (0.032 unidades día<sup>-1</sup>), *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea* y en el testigo relativo (0.033 unidades día<sup>-1</sup>) (Cuadro 6). Las tasas de infección aparente ( $r$ ) estimadas para cada uno de los tratamientos por el modelo de Gompertz representan la suma de la magnitud de susceptibilidad de las plantas de okra a la infección por el virus, el efecto de factores ambientales, la eficiencia del insecto vector (*B. tabaci*) y otros factores sobre el progreso de la epidemia en un término cuantificable físicamente. Similares tasas de incremento de enfermedad en patosistemas plantas-virus se han reportado en calabacín y pepino (Gyamera *et al.*, 2015; Ruiz *et al.*, 2006).

#### **4.4. Eficacia de los productos químicos, biológicos y botánicos**

El análisis de varianza (ANDEVA) indicó que hubo diferencias significativas entre los tratamientos, días después de la aplicación y entre las aplicaciones ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ; Anexo 9), con respecto a la eficacia de los productos químicos, biológicos y botánicos para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

Los porcentajes más altos de eficacia para el control de mosca blanca, lo presentaron los tratamientos *Isaria fumosorosea* (75%), Quasina (73%), *Beauveria bassiana* (72%), Testigo relativo (70%) y Neem (68%). Es importante mencionar que todos ellos fueron estadísticamente iguales. Los menores porcentajes de eficacia se observaron en los tratamientos Movento (42%) seguido del tratamiento Muralla (43%) (Figura 9).

El insecticida Movento 15 OD (spirotetramat ®) se distribuye vía floema y xilema en las plantas (ambimóvil) y se ha reportado que es muy efectivo contra mosca blanca, especialmente contra estadios inmaduros (ninfas) del insecto (Brück *et al.*, 2009; Nauen *et al.*, 2008a).

En un estudio realizado por Vinoth *et al.*, (2009) evaluaron spirotetramat 150 OD en aplicación foliar contra mosca blanca en algodón y encontraron que el insecticida redujo la población de mosca blanca hasta un 89.7% en comparación con el control. No obstante, en el presente estudio, la eficacia de Movento 15 OD fue de 42%, lo cual contrasta con los estudios donde se ha observado una alta eficacia de este insecticida. En otro estudio en el cual se evaluó la eficacia de spirotetramat para el control de mosca blanca en el cultivo se indica que este insecticida registró una eficacia muy baja de 16% después de la tercera aplicación (Sabry *et al.*, 2015), lo cual está en concordancia con los resultados obtenidos en el presente estudio.

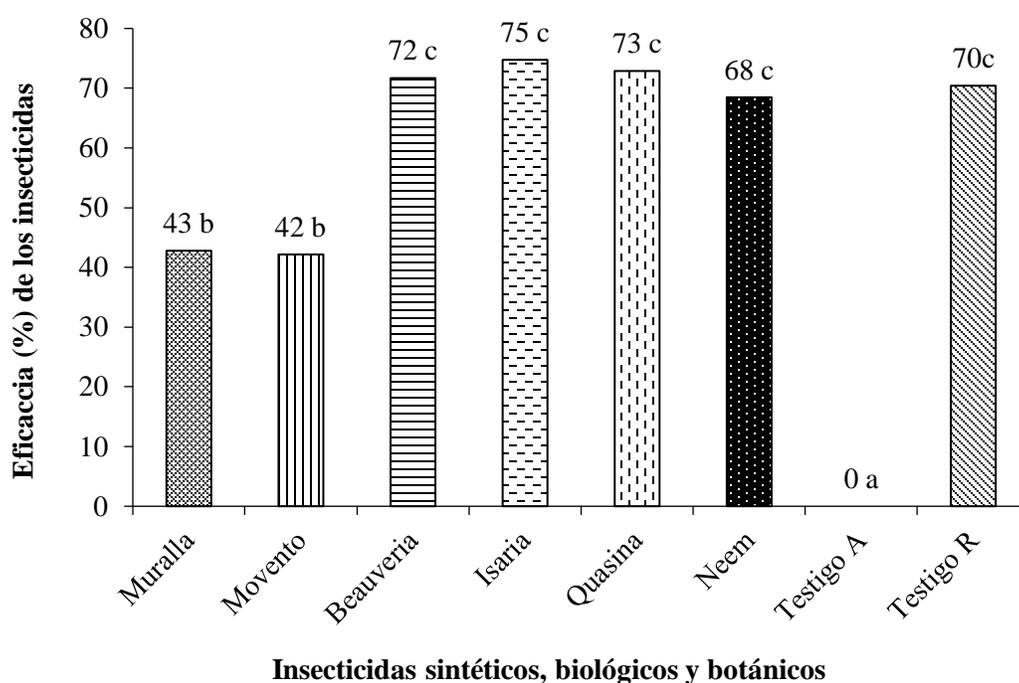


Figura 9. Porcentaje de eficacia de productos sintéticos, botánicos y biológicos para el manejo de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo de okra.

En la revisión de literatura realizada para comparar la eficacia de Muralla Delta 19 OD (Deltametrina + Imidacloprid), no se encontraron estudios donde se haya evaluado la eficacia de esta formulación. La literatura reporta solamente investigaciones donde se utilizó el insecticida Imidacloprid solo, es decir, no mezclado con otro ingrediente activo. Por ejemplo, en un estudio realizado por Chandio *et al.*, (2017) en el que utilizaron Confidor 200 SL

(imidacloprid®) encontraron que este insecticida fue el más efectivo en reducir las poblaciones de adultos de *B. tabaci* en el campo, sin embargo, no especifican el porcentaje de eficacia.

Con respecto a los insecticidas biológicos, *Beauveria bassiana* e *Isaria fumosorosea*, usados para el manejo de *B. tabaci*, los resultados de las investigaciones son muy variables. Por ejemplo, en un estudio llevado a cabo por Flores *et al.*, (2012) en el cual evaluaron la eficacia de *B. bassiana* e *Isaria fumosorosea* contra *B. tabaci* en frijol, reportan que en promedio la eficacia de ambos entomopatógenos fue de 38.3%. En otro estudio realizado por Sharma *et al.*, (2015) en el cual se evaluaron diferentes formulaciones de hongos entomopatógenos, insecticidas botánicos y aceites minerales para el control de *B. tabaci* en tomate encontraron que de una formulación de *B. bassiana* se obtuvo un 91.9% de eficacia, mientras que de una formulación a base de Neem se obtuvo un 61.28% de eficacia sobre adultos de mosca blanca. Los resultados obtenidos en el presente estudio son similares a los resultados obtenidos en las investigaciones que se han reseñado anteriormente en cuanto al uso de hongos entomopatógenos y formulaciones de productos botánicos para el manejo de mosca blanca.

Por otro lado, el análisis de varianza (ANDEVA) encontró diferencias significativas entre las fechas de aplicaciones ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ) (Cuadro 7), con respecto a la eficacia de los productos químicos, biológicos y botánicos para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*). El porcentaje de eficacia para la primera aplicación fue de 45.7% y para segunda aplicación de 65.1% (Cuadro 7).

Cuadro 7. Porcentaje de eficacia con relación al número de aplicaciones para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

Aplicación	Eficacia	N	R <sup>2</sup>	CV (%)	P
1	45.7 a	128	0.91	20.39	< 0.0001
2	65.1 b	128			

N = número de observaciones; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación; CV (%) = coeficiente de variación; P = probabilidad contrastada con un  $\alpha = 0.05$ .

En la interacción de tratamiento  $\times$  aplicación, se presentaron diferencias significativas (Anexo 9), lo que significa que las poblaciones de mosca fueron distintas al momento de hacer las aplicaciones con los diferentes tratamientos. Los tratamientos con porcentaje de eficacia de control más altos en la segunda aplicación fueron *Isaria fumosorosea* (93.06%), *Beauveria bassiana* (91.63%), Quasia (91.56%), Neem (91.44%) (Figura 10), aunque comparados entre sí no presentaron diferencias estadísticas. Esto podría indicar que después de la aplicación, los hongos entomopatógenos pudieron completar su ciclo de vida aumentando la eficacia con respecto a los momentos de aplicación.

En cuanto a la primera aplicación los porcentajes más altos de eficacia de control para el insecto vector lo presentó el tratamiento de Testigo relativo (70.31%), presentando diferencias estadísticas con los tratamientos *Isaria fumosorosea*. (56.44%), Quasia (54.19%), *Beauveria bassiana* (51.75%) (Figura 10). Cabe mencionar que en el tratamiento relativo en ambas aplicaciones se utilizó un insecticida del grupo de los neocotinoides, estos se caracterizan por tener mayor actividad translaminar (Palumbo *et al.*, 2001). El imidacloprid que hace parte de este grupo, es un insecticida sistémico, pero con actividad estomacal y de contacto, usado para insectos chupadores que incluye áfidos, saltahojas, trips, moscas blancas, insectos del suelo y algunas especies de insectos masticadores (Yu, 2008).

En un estudio llevado a cabo por Mali y Kachhawa (2014) encontraron que el imidacloprid 17.8% SL fue más eficaz entre los insecticidas evaluados (piretroides y extractos) con la menor severidad de la enfermedad (10.2%), rendimiento máximo de fruta y una densidad poblacional de 4 moscas blancas por planta.

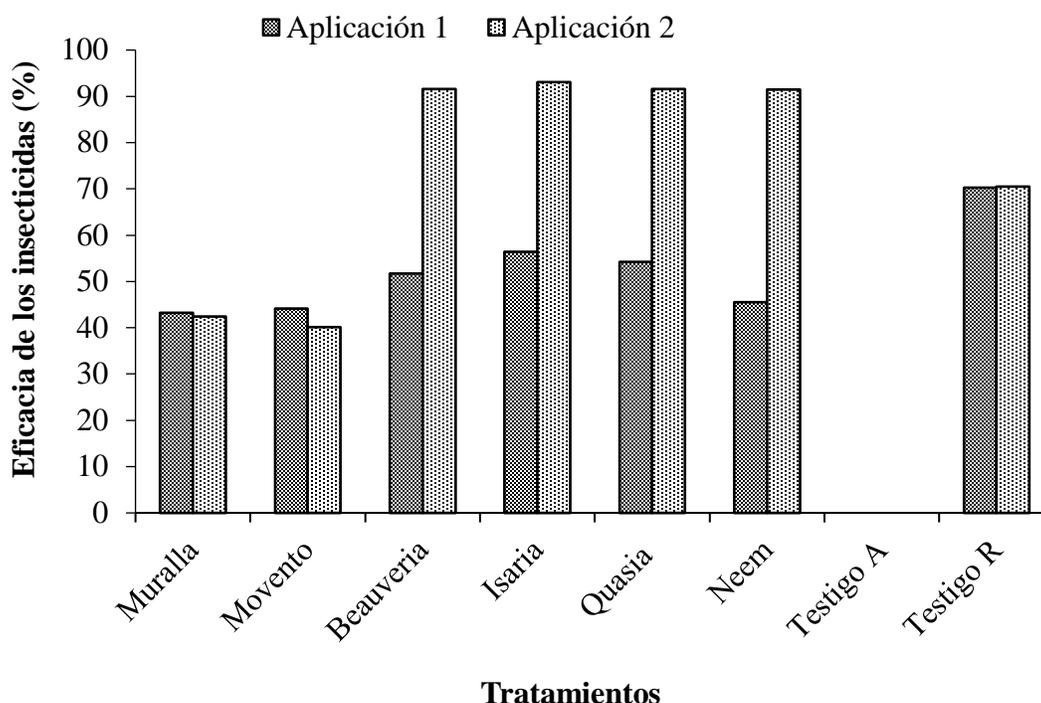


Figura 10. Porcentaje de eficacia de insecticidas sintéticos, botánicos y biológicos en la primera y segunda aplicación realizada para el manejo de adultos de mosca blanca.

Con relación a los días después de la aplicación (DDA), se observó diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ; Anexo 9). El momento de aplicación que presentó mayor porcentaje de eficacia con respecto al control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) fue al día 7 con un 63%, seguido del día 3 con un 62%, y por último el día 11 con un 58%, aunque estadísticamente fueron iguales (Figura 11).

Con respecto a la interacción tratamientos  $\times$  días después de la aplicación (DDA) los porcentajes variaron ampliamente en cada uno de los intervalos de tiempo. Por ejemplo, a los 0 DDA, el porcentaje de eficacia más bajo se observó en el tratamiento con el insecticida Muralla con 15%, mientras que el más alto se observó en el Testigo relativo con 67% de eficacia. A los 3 DDA, la eficacia más alta se evidencia en el tratamiento con Quasina (87%), mientras que los valores de eficacia más bajo se obtuvieron en los tratamientos donde se aplicaron los insecticidas sintéticos Muralla y Movento (45%) (Cuadro 8; Anexo 9).

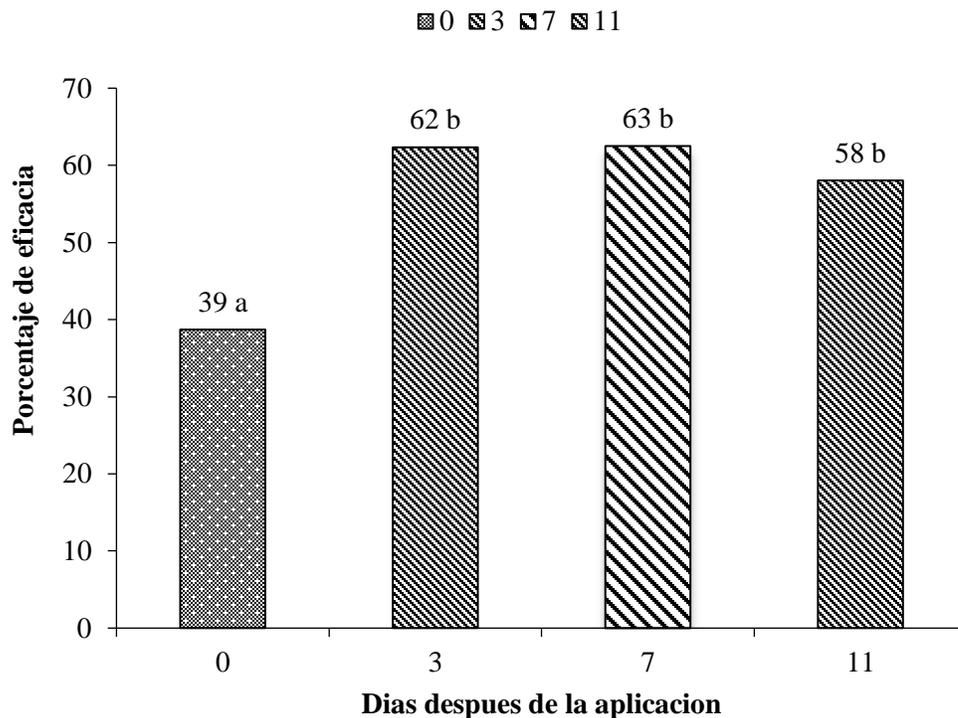


Figura 11. Porcentaje de eficacia en diferentes momentos de aplicación para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo de okra (*Abelmoschus esculentus* L. (Moench) manejado con diferentes tratamientos.

A los 7 DDA, los porcentajes de eficacia más alto y más bajo se observaron en los tratamientos con Neem (85%) y Movento (45%) respectivamente. A los 11 DDA, el tratamiento con valor promedio más alto de eficacia fue Isaria fumosorosea con 77% y el tratamiento con menor eficacia fue Muralla con 57%.

Sethi y Dilawari (2008), reportaron en la India resistencia de *Bemisia tabaci* al imidacloprid. En otro estudio similar, Nauen *et al.*, (2008b) confirman la hipótesis de que *Bemisia tabaci* expresa su resistencia a los neonicotinoides en adultos, es decir que el mecanismo de resistencia es específico del estado de desarrollo. A pesar de estos datos, el uso de neonicotinoides sigue siendo efectivo en campo, ya que sobre ninfas si realizan un buen control.

Con respecto a los tratamientos con menor eficacia al día 7 DDA, sigue siendo muy por debajo de lo esperado de un control químico, es por ello que es importante el conocimiento, no sólo del cultivo, sino también de la plaga y de los insecticidas que se apliquen. En estudios conducidos por Nauen *et al.*, (2002) y Karunker *et al.*, (2008), demostraron que el mecanismo de la resistencia de *Bemisia tabaci* para detoxificar los neonicotinoides es a través del citocromo P450 monooxigenasas en poblaciones de biotipo B y Q.

De acuerdo a Monzón (2004) el contacto entre el inóculo del entomopatógeno y el insecto es fundamental para el inicio del proceso infeccioso; el contacto ocurre al azar, un clima favorable, suficiente cantidad de inóculo del entomopatógeno en el ambiente, así como la existencia de suficientes insectos hospedantes, son factores que favorecen el efecto de los hongos entomopatógenos.

Cuadro 8. Eficacia (%) de insecticidas sintéticos, botánicos y biológicos a diferentes intervalos de aplicación para el control de mosca blanca en el cultivo de okra.

Tratamientos	Días después de la aplicación (DDA)				R <sup>2</sup>	CV (%)	P
	0	3	7	11			
Muralla	15	45	55	57	0.91	20.39	< 0.0001
Movento	18	45	48	59			
<i>Beauveria</i>	55	80	84	68			
<i>Isaria</i>	58	85	80	77			
Quasina	53	87	80	72			
Neem	45	82	85	61			
Testigo A	0	0	0	0			
Testigo R	67	75	68	72			

DDA= días después de la aplicación; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación; CV (%) = coeficiente de variación; P = probabilidad contrastada con un  $\alpha = 0.05$ .

#### 4.5. Rendimiento en el cultivo de okra

El análisis de varianza (ANDEVA) encontró diferencias significativas entre los tratamientos y entre cosechas ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ; Anexo 10). Los tratamientos que obtuvieron el rendimiento más alto fueron el Testigo relativo con 2474.73 kg ha<sup>-1</sup> (2.5 t ha<sup>-1</sup>), *Isaria fumosorosea* - 2058.07 kg ha<sup>-1</sup> (2.1 t ha<sup>-1</sup>), *Beauveria bassiana* - 1982.30 kg ha<sup>-1</sup> (1.9 t ha<sup>-1</sup>), Movento - 1761.37 kg ha<sup>-1</sup> (1.8 t ha<sup>-1</sup>).

En cambio los tratamientos que presentaron menor rendimiento en este orden fueron Muralla con  $1691.90 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $1.7 \text{ t ha}^{-1}$ ), Quasina -  $1660.33 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $1.6 \text{ t ha}^{-1}$ ), Neem -  $1584.60 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $1.5 \text{ t ha}^{-1}$ ) y Testigo absoluto -  $1092.17 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $1.1 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Figura 12).

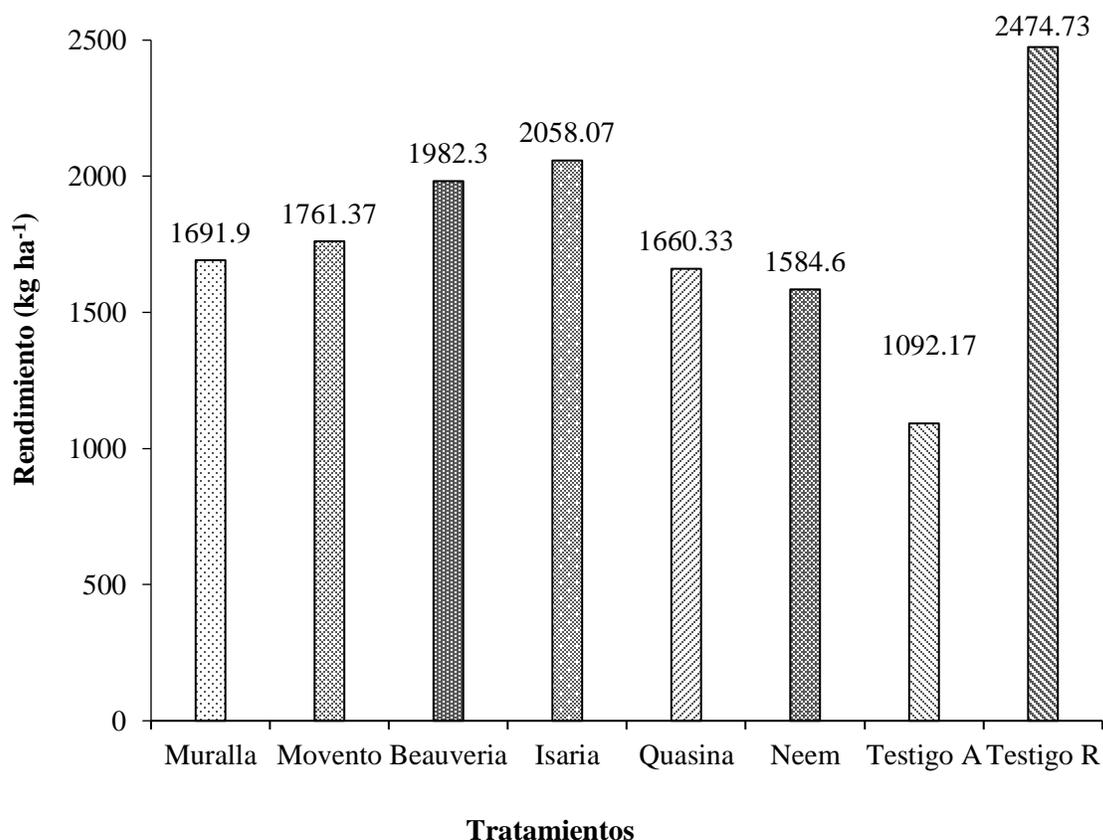


Figura 12. Rendimientos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) obtenidos en cada uno de los tratamientos evaluados en el cultivo de okra en la zona de Apacilagua, Choluteca, Honduras.

El cultivo de okra expresa su potencial productivo en las primeras 16 semanas después de sus primeras cosechas (45 DDS). Tomando en consideración lo anterior, en el presente estudio se asume que los rendimientos durante todo el ciclo oscilaron entre las  $13 \text{ t ha}^{-1}$  (máximo rendimiento en el Testigo relativo) y  $6 \text{ t ha}^{-1}$  (menor rendimiento en el Testigo absoluto). Estos resultados son similares a los obtenidos por Firoz *et al.*, (2007), los cuales obtuvieron un rendimiento máximo de  $12.53 \text{ t ha}^{-1}$  y un rendimiento mínimo de  $8.06 \text{ t ha}^{-1}$ .

En una investigación realizada por Díaz Franco *et al.*, (2007), reportan resultados similares con la variedad Clemson spineles 80 de  $9 \text{ t ha}^{-1}$  donde el periodo de cosecha fue de 12 a 15 semanas.

De igual manera, Díaz *et al.*, (2001) reportan en México que los rendimientos de okra fueron de 6 a 7 t ha<sup>-1</sup>, el cual se encuentra por debajo del promedio nacional (10 t ha<sup>-1</sup>); esto mismos autores señalan que el bajo rendimiento obtenido está muy relacionado con el manejo agronómico deficiente y castigos de postcosecha, principalmente por la baja intensidad del color verde del fruto (verdor) factor que se asocia con la concentración de clorofila en el fruto (Díaz *et al.*, 2001; Díaz *et al.*, 2003).

En el presente estudio también se estimó el porcentaje de pérdidas relativas en parcelas de 24 m<sup>2</sup> (unidades experimentales), el cual se proyectó como porcentaje de pérdidas por hectárea para cada tratamiento. Según el análisis de varianza (ANDEVA) hubo diferencias significativas entre los tratamientos y entre cosechas ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ; Anexo 11).

Los tratamientos que presentaron los valores más altos de porcentajes de pérdidas fueron el Testigo absoluto con 52%, Neem – 33%, Muralla – 31%, y Quasina – 30%. En cambio los tratamientos que presentaron menores porcentajes de pérdidas en este orden fueron Movento con 26%, *Beauveria bassiana* – 18%, *Isaria fumosorosea* – 15%. Para obtener el porcentaje de pérdida relativa, el rendimiento de los siete tratamientos antes mencionados se compararon con el Testigo relativo (Figura 13).

En un estudio llevado a cabo por Díaz-Rivera (2002), se relacionan los porcentajes de pérdidas directamente con el impacto que tiene el virus de la vena amarilla de la okra transmitida por mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*). Asimismo, en México se reporta que la mosca blanca (*B. argentifolii*) causa la pérdida total del rendimiento de fruto de los cultivares de okra (Díaz y Ortegón, 1997).

De igual manera, Fajinmi (2010) concluye en su estudio que otra causa de estas pérdidas es la infección del virus en las plantas de okra en etapas de crecimiento anteriores a las cuatro semanas, lo cual tiene un efecto más grave en el rendimiento fisiológico de la planta y una subsiguiente reducción en el rendimiento de okra. Por consiguiente, se hace necesario la implementación de medidas de control del vector en las primeras etapas de crecimiento de la planta de okra.

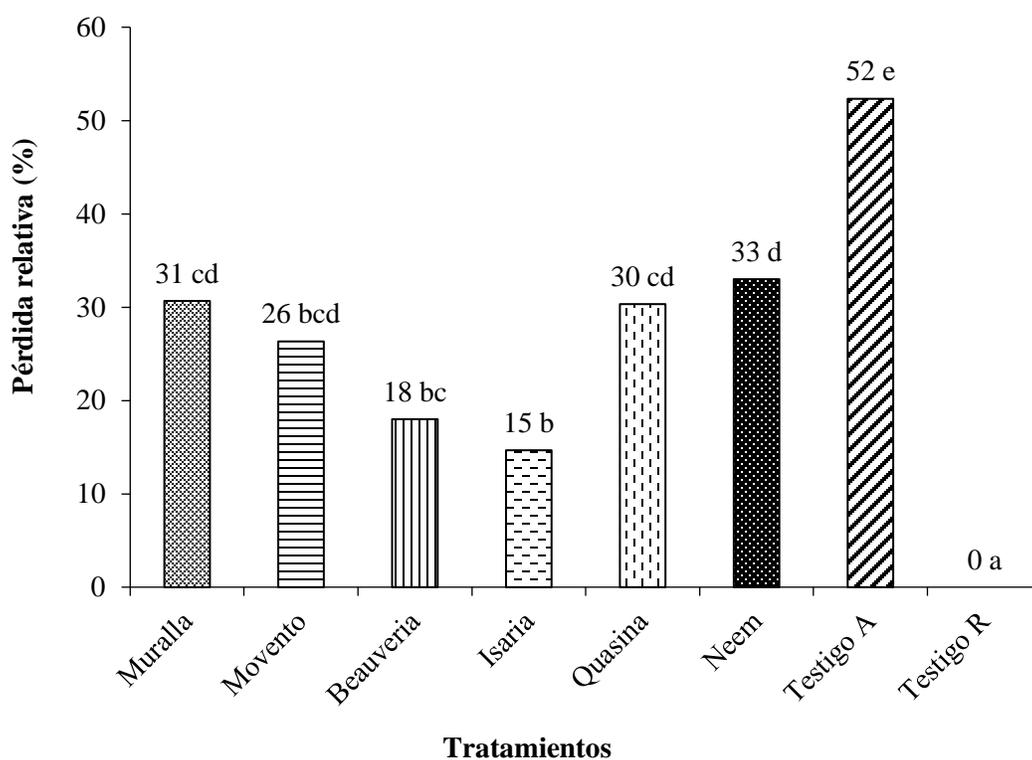


Figura 13. Porcentaje de pérdida relativa en el rendimiento de okra en diferentes tratamientos.

En términos generales, la incidencia fue similar para todos los tratamientos y no se encontró una relación directa con respecto al porcentaje de pérdida relativa de rendimiento, número de moscas y eficacia. En el caso de la severidad se encontró cierta asociación con el porcentaje de pérdida, el número de moscas y el porcentaje de eficacia, sin embargo, desde el punto de vista estadístico esa asociación no fue significativa.

No obstante, se pudo observar que en el Testigo relativo los valores promedio de severidad fueron uno de los más bajos entre los tratamientos, así como también el número promedio de mosca blanca, lo cual se tradujo en un alto porcentaje de eficacia, aun cuando fue superado por otros tres tratamientos en lo que a eficacia se refiere (Cuadro 9).

Cuadro 9. Comparación de parámetros epidemiológicos, fluctuación poblacional de *B. tabaci*, pérdidas ocasionadas por el virus de la vena amarilla en el cultivo de okra y eficacia de diferentes tratamientos.

Tratamiento	Incidencia (%)	Severidad (%)	Perdida (%)	Número moscas	Eficacia (%)
Muralla	6	31	31	11	43
Movento	5	28	26	13	42
<i>Beauveria</i>	4	22	18	11	72
<i>Isaria</i>	5	25	15	12	75
Quasina	5	23	30	11	73
Neem	5	26	33	11	68
Testigo A	5	32	52	18	0
Testigo R	5	22	0	8	70

Los resultados de este estudio indican que las formulaciones de hongos entomopatógenos y de productos botánicos tienen un gran potencial para ser utilizados dentro de un programa de manejo integrado de mosca blanca no solamente en el cultivo de okra, sino también en otros cultivos que son afectados de forma directa por esta plaga al succionar la savia de las plantas y de forma indirecta al transmitirle enfermedades virales a las plantas hospedantes.

## V. CONCLUSIONES

- Los síntomas de la enfermedad fueron similares a los encontrados en otros estudios e incluyeron moteado difuso, aclaramiento intervenal y amarillamiento en general de las hojas, mientras que en los frutos se presentó malformación y tamaño reducido.
- La etiología de la enfermedad fue de naturaleza viral y se identificó que era un begomovirus, Sida yellow vein virus o virus de la vena amarilla de la sida (SiYVV) y que es transmitido por *Bemisia tabaci* Biotipo B.
- La intensidad de la enfermedad en términos de incidencia fue baja, sin embargo, la severidad fue alta y tuvo un comportamiento policíclico.
- La prueba de eficacia demostró que las formulaciones insecticidas basadas en los hongos entomopatógenos *Isaria fumosorosea* y *Beauveria bassiana* y la formulación insecticida a base de *Quasia amara* fueron mejores que el Testigo relativo.
- El rendimiento obtenido se situó en el rango promedio para la variedad que se evaluó y el porcentaje de pérdida relativa varió de acuerdo a los tratamientos evaluados.

## VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios, sobre la persistencia del virus en semilla, para poder establecer un manejo completo para evitar la presencia de la enfermedad a niveles de pérdidas económicas en siembras futuras en cultivo de okra.
- Establecimiento de investigaciones con metodologías rigurosas, para determinar si mosca blanca (*Bemisia tabaci*), adquirió grado de resistencia a moléculas sintéticas.
- Incorporar en el manejo integrado, el manejo de arvenses alrededor del cultivo, específicamente la presencia de malezas del género *Sida* sp., ya que es fuente de inóculo del virus Sida yellow vein virus (virus de la vena amarilla de la sida (SiYVV) y fuente de hospedero del insecto vector, mosca blanca.
- Evaluar los productos que obtuvieron los mejores resultados, específicamente los hongos entomopatógenos, que fue un manejo nuevo en finca, permitiendo comparar distintas cepas de *Beauveria bassiana* e *Isaria fumosorosea*.

## VII. LITERATURA CITADA

- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18:265-267.
- Aguiar, J. L, K. S. Mayberry (1998) Okra Production in California. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California. Publ. 7210.
- Ahmed, M. Mz., Elhassan, A.M., and Kannan, H.O. 2002. Use of combined economic threshold level to control insect pests on cotton. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 103:147–156.
- Akintoye, H.A., Adebayo, A.G., Aina, O.O. 2011. Growth and yield response of okra intercropped with live mulches. *Asian Journal of Agricultural Research* 5:146-153.
- Akinyele, B.O., and Temikotan, T. 2007. Effect of variation in soil texture on the vegetative and pod characteristics of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *International Journal of Agricultural Research* 2: 165-169.
- Aladele SE, Ariyo OJ, Lapena R (2008): Genetic relationship among West African okra (*Abelmoschus caillei*) and Asian genotypes (*Abelmoschus esculentus*) using RAPD. *African Journal of Biotechnology* 7: 1426-1431
- Ali, M., Hossain, M.Z., and Sarker, N.C. 2000. Inheritance of yellow vein mosaic virus (YVMV) tolerance in a cultivar of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *Euphytica* 111:205-209.
- Ali, S., Khan, M.A., Habib, A., Rasheed, S., and Iftikhar, Y. 2005. Management of yellow vein mosaic disease of okra through pesticide/bio-pesticide and suitable cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology* 7:145-7.
- Ali, S., Huang, Z., and Ren, S. 2010. Production of cuticle degrading enzymes by *Isaria fumosorosea* and their evaluation as a biocontrol agent against diamondback moth. *Journal of Pest Science* 83:361-370.
- Arapitsas, P. 2008. Identification and quantification of polyphenolic compounds from okra seeds and skins. *Food Chemistry* 110:1041-1045.
- Asaduzzaman, M., Shim, J.K., Lee, S. y Lee, K.Y. 2015. Azadirachtin ingestion is lethal and inhibits expression of ferritin and thioredoxin peroxidase genes of the sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci*. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 19:1-4.
- Bayer cropscience. Muralla DELTA OD. (En línea). Consultado el 17 de octubre del 2018. Disponible en: [http://www.cropscience.bayer.cl/upfiles/etiquetas/\(16-09-2016\).pdf](http://www.cropscience.bayer.cl/upfiles/etiquetas/(16-09-2016).pdf).

- Berger, R.D. 1981. Comparison of the gompertz and logistic equations to describe plant disease progress. *Phytopathology* 71:716-719.
- Boykin, L.M., Bell, C.D., Evans, G., Small, I., and Barro. P.J.D. 2013. Is agriculture driving the diversification of the *Bemisia tabaci* species complex (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae)? Dating, diversification and biogeographic evidence revealed. *BMC Evolutionary Biology* 13:228-238.
- Brück, E., Elbert, A., Fischer, R., Krueger, S., Kühnhold, J., Klueken, A.M., Ralf Nauen, R., Niebes, J-F., Reckmann, U., Schnorbach, H-J., Steffens, R., van Waetermeulen, X. Movento®, an innovative ambimobile insecticide for sucking insect pest control in agriculture: Biological profile and field performance. *Crop Protection* 28:838-844.
- Campbell, C. L., and L. V. Madden. 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. Wiley & Sons. USA. 532 p.
- 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.
- Chandio, M.A., Shah, S.A.H., Bhatti, K.M., Magsi, F.H., Roonjha, M.A., Channa, N.A., Mangi, S., and Malik, M.A. 2017. Comparative efficacy of some bio and synthetic insecticide against *Bemisia tabaci* (genn) on okra crop. *International Journal of Fauna and Biological Studies* 4:107-111.
- De Barro, P.J., Liu, S.S., Boykin, L.M., and Dinsdale, A.B. 2011. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. *Annual Review of Entomology* 56:1-19.
- Dhankhar, S. K., Dhankhar, B. S., and Yadava, R. K. 2005. Inheritance of resistance to yellow vein mosaic virus in an interspecific cross of okra (*Abelmoschus esculentus*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 75:87-89.
- Díaz Franco A., y Ortegón Morales, A.S. 1997. Influencia de la fecha de siembra y la poda sobre la producción de cultivares de okra (*Abelmoschus esculentus*). *Agronomía Mesoamericana* 8:93-98.
- Díaz, Franco, A., Ortegón Morales, A.S. M Alvarado C., M. 1999. Guía para la Producción de okra en el Norte de Tamaulipas. Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Desplegable No. 22 (2a. ed). Río Bravo, Tamaulipas, México.
- Díaz Franco, A., Ortegón Morales, A.S., Ramírez L., A., y Garza, C. E. 2001. La okra (*Abelmoschus esculentus*) un cultivo destinado a la exportación: Estudio de caso. *Biotam* 12:19-26.
- Díaz-Rivera, J. B. 2002. Identificación por técnicas moleculares de Geminivirus asociados a la okra (*Abelmoschus esculentus* Moench.) en Guerrero, México. In: XXVIII Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. Bolaños E. A.; Osada V., H. y Mendoza Z., C. (eds.).

Ingenieros Agrónomos Parasitólogos, Fundación Produce Guerrero, A.C. y Gobierno del Estado de Guerrero. Acapulco, Guerrero, México. p. 212-226.

- Díaz Franco A., Ortegón Morales, A., Garza, C. E. y Ramírez L., J. 2003. Producción de okra (*Abelmoschus esculentus*) en siembra tardía. Ciencia y Tecnología de los Alimentos 4:28-34.
- Díaz Franco, A., Ortegón Morales, A.S., y Ramírez de León, J.A. 2007. Competitividad productiva de cuatro híbridos de okra en fechas de siembra en el norte de Tamaulipas. Agricultura Técnica en México 33:25-32.
- Dilruba, S., Hasanuzzaman, M., Karim, R., Nahar, K. 2009. Yield response of okra to different sowing time and application of growth hormones. Journal of Horticultural Sciences & Ornamental Plants 1:10-14
- Fajinmi, A.A., and Fajinmi, O.B. 2010. Incidence of okra mosaic virus at different growth stages of okra plants (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) under tropical condition. Journal of General and Molecular Virology 2:28-31.
- Fauquet, C.M., Briddon, R.W., Brown, J.K., Moriones, E., Stanley, J., Zerbini, M., Zhou, X. 2008. Geminivirus strain demarcation and nomenclature. Archives of Virology 153:783-821.
- Firoz, Z.A., Islam, M.A., Mohiuddin, M., and M. M. Rahman, M.M. 2007. Yield and yield attributes of okra as influenced by planting time and plant spacing in hill slope condition. Progressive Agriculture 18:67-73.
- Flores, G., Hilje, L., Mora, G.A., & Carballo, M. 2008. Antifeedant activity of botanical crude extracts and their fractions on *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) adults: II. *Quassia amara* (Simaroubaceae). Revista de Biología Tropical 56:2131-2146.
- Flores, M.A., Pucheta, D.M., Rodríguez, N.S., De La Torre, M.M., and Ramos, L.M.A. 2012. Mycoinsecticide effects of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Isaria fumosorosea* on the whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in different strata of bean. African Journal of Microbiology Research 6:7246-7252.
- Frischmuth, T., Engel, M., Lauster, S., and Jeske, H. 1997. Nucleotide sequence evidence for the occurrence of three distinct whitefly-transmitted, *Sida*-infecting bipartite geminiviruses in Central America. Journal of General Virology 78:2675-2682.
- Ghanem, G.A.M. 2003. Okra leaf curl virus: a monopartite begomovirus infecting okra crop in Saudi Arabia. Arab Journal of Biotechnology 6:139-152.
- Ghevariya, T.V., and Mahatma, L. 2017. Biological characterization of okra yellow vein mosaic virus (OYVMV) infecting okra in South Gujarat, India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 6:2017-2024.

- Ghosh, S.K. 2014. Incidence of white fly (*Bemisia tabaci* Genn.) and their sustainable management by using biopesticides. In: Rahmann, G. & Aksoy, U. (Eds.) (2014). Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', at the Organic World Congress 2014, 13-15 Oct., Istanbul, Turkey. p. 623-626.
- González, R. A., Goldman, G. E., Natwuik, E.T., Rosemberg, H.R., Grieshop, J.L., Sutter S.R., Funakoshi, T., Dávila García, S. 1992. Whitefly invasion in Imperial Valley, costs growers, workers millions in losses. *California Agriculture* 46:7-8.
- Gyamera, E.A., Amoatey, A.H., and Owusu, G.K. 2015. Spatial and temporal spread patterns of viral diseases on a zucchini squash field in the Coastal Savannah Zone of Ghana. *Plant Pathology Journal* 14:58-64.
- Herman, M., M., Makadji and H. J., Daunicht. 1990. Effect of intra- row spacing on time course of growth and fruit yield of okra. *Scientia Horticulturae* 45:37-48.
- Horowitz, A.R., and Ishaaya, I. 2014. Dynamics of biotypes B and Q of the whitefly *Bemisia tabaci* and its impact on insecticide resistance. *Pest Management Science* 70:1568-1572.
- Iqbal, J., H. Ali, M.W. Hassan and M. Jamil, 2015. Evaluation of indigenous plant extracts against sucking insect pests of okra crop. *Pakistan Entomologist* 37:39-44.
- Irfaq, M., Ajab, M., Hongxiang, M., and Khattak, G.S.S. 2009. Assessment of genes controlling area under disease progress curve (AUDPC) for stripe rust (*P. striiformis* f.sp. *tritici*) in two wheat (*Triticum aestivum* L.) crosses. *Cytol. Genet.* 43: 241-252.
- James, W.C. 1974. Assessment of plant diseases and losses. *Annual Review of Phytopathology* 12:27-48.
- Jeger, M.J., and Viljanen-Rollinson, S.L.H. 2001. The use of the area under disease progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. *Theoretical and Applied Genetics* 102:32-40.
- Jeger, M.J. 2004. Analysis of disease progress as a basis for evaluating disease management practices. *Annual Review of Phytopathology* 42:61-82.
- Kareem, K.T., Alamu, O.O., Egberongbe, R.K., and Arogundade, O. 2012. Effect of different mulch materials on the incidence and severity of okra mosaic virus (OMV) in okra plants. *Journal of Applied Horticulture* 14:1-6.
- Karunker, I., Benting, J., Lueke, B., Ponge, T., Nauen, R., Roditakis, E., Vontas, J., Gorman, K., Denholm, I., and Morin, S. 2008. Overexpression of cytochrome P450 CYP6CM1 is associated with high resistance to imidacloprid in the B and Q biotypes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 38:634-644.
- Keswani, C., Singh, S.P., and Singh, H.B. 2013. *Beauveria bassiana*: Status, mode of action, applications and safety issues. *Biotech Today* 3:16:20.

- Kumar, S., Dagnoko, S., Haougui, A., Ratnadass, A., Pasternak, D., Kouame, C. 2010. Okra (*Abelmoschus* spp.) in West and Central Africa: potential and progress on its improvement. *African Journal of Agricultural Research* 5:3590-3598.
- Kumar, S., Stecher, G., and Tamura, K. 2016. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution* 33:1870-1874.
- Lee, W., Park, J., Lee, G.S., Lee, S., and Akimoto, S. 2013. Taxonomic status of the *Bemisia tabaci* complex (Hemiptera: Aleyrodidae) and reassessment of the number of its constituent species. *PLoS ONE* 8:e63817
- Leite, G.L.D., Picanço, M., Jham, G.N., and Moreira, M.D. 2005. Whitefly population dynamics in okra plantations. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40:19-25.
- Leke, W.N., Mignouna, D.B., Brown, J.K., and Kvarnheden, A. 2015. Begomovirus disease complex: emerging threat to vegetable production systems of West and Central Africa. *Agriculture & Food Security* 4:1-14.
- Lengsfeld, C., Titgemeyer, F., Faller, G., and Hensel, A. 2004. Glycosylated compounds from okra inhibit adhesion of *Helicobacter pylori* to human gastric mucosa. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 1495–1503.
- Mali, B.L., and Kachhawa, D. 2014. Evaluation of agropesticides and botanicals for management of yellow vein mosaic virus disease of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) in Mewar región of Udaipur, Rajasthan. *International journal of plant protection* 7:364-368.
- Mancebo, F., Hilje, L., Mora, G.A., and Salazar, R. 2000. Antifeedant activity of *Quassia amara* (Simaroubaceae) extracts on *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. *Crop Protection* 19:301-305.
- Mikulova, K., Bojnanska, K., and Červená, V. 2008. Assessment of partial resistance to powdery mildew in hexaploid wheat genotypes. *Biologia* 63:477-481.
- Mishra, G.P., Singh, B., Seth, T., Singh, A.K., Halder, J., Krishnan, N., Tiwari, S.K., and Singh, P.M. 2017. Biotechnological advancements and Begomovirus management in okra (*Abelmoschus esculentus* L.): Status and Perspectives. *Frontiers in Plant Science* 8:360.
- Mohapatra, N.K., Mukherjee, A.K., Rao, A.V.S., and Nayak, P. 2008. Disease progress curves in the rice blast pathosystem compared with the logistic and gompertz models. *Journal of Agricultural and Biological Sciences* 3:28-37.
- Monzón, C. A. 2004. Guía para el control biológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*). Guía Técnica N° 6. Universidad Nacional Agraria. 14 p.

- Mordue, A.J., and Nisbet, A.J. 2000. Azadirachtin from the Neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 29:615-632.
- Mubeen, M., Iftikhar, Y., Ullah, M.I., Shakeel, Q., Aatif, M., Bilqees, I. 2017. Incidence of Okra Yellow Vein Mosaic disease in relation to insect vector and environmental factors. *Environment & Ecology* 35: 2215-2220.
- Nauen, R., Stumpf, N., and Elbert, A. 2002. Toxicological and mechanistic studies on neonicotinoid cross resistance in Q-type *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Management Science* 58:868-875.
- Nauen, R., Reckmann, U., Thomzik, J., and Thielert, W. 2008a. Biological profile of spirotetramat (Movento®) – a new two-way systemic (ambimobile) insecticide against sucking pest species. *Bayer CropScience Journal* 61:245-278.
- Nauen, R., Bielza, P., Denholm, I., and Gorman, K. 2008b. Age-specific expression of resistance to neonicotinoid insecticides in the whitefly, *Bemisia tabaci*. *PestManag Sci* 64:1106–1110.
- Navarrete, B., Valarezo, O., Cañarte, E. y Solorzano, R. 2017. Efecto del nim (*Azadirachta indica* Juss.) sobre *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) y controladores biológicos en el cultivo del melón *Cucumis melo* L. *LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida* 25:33-44.
- Ndunguru, J., and Rajabu, A.C. 2004. Effect of okra mosaic virus disease on the aboveground morphological yield components of okra in Tanzania. *Scientia Horticulturae* 99:225-235.
- Palumbo, J.C., Horowitz, A.R., and Prabhaker N. 2001. Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection* 20:739-765.
- Pandey, K.K., Pandey, P.K., Kallo, G., and Benerje, M.K. 2003. Resistance to early blight of tomato with respect to various parameters of disease epidemics. *Journal of General Plant Pathology* 69:364-371.
- 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.
- Perring, T.M., Cooper, A., Kazmer, D.J., Shields, C., Shields, J. 1991. New strain of sweet potato whitefly invades California vegetables. *California Agriculture* 45:10-12.
- Pannamaneni, R., and Potineni, K. 2010. Mechanisms involved in the entomopathogenesis of *Beauveria bassiana*: A review. *Asian Journal of Environmental Science* 5:65-74.

- Pozo, N., y Rodríguez, D. 2003. Alternativa para el manejo *Trialeurodes vaporariorum* Westwood en tomate orgánico en Uruguay. Boletín de Sanidad Vegetal: Plagas. España 29: 211-218.
- Prakasha, T.L., Patil, M.S., and Benagi, V.I. 2010. Survey for bhendi yellow vein mosaic disease in parts of Karnataka. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 23:658-659.
- Quinn, G. P., and Keough, M. J. 2009. Experimental design and data analysis for biologists. Eighth printing. New York, USA. Cambridge University Press, New York, US.537 p.
- Quintero, C., Rendon, E., Garcia, J., Cardona, C., Lopez, A., Hernandez, P. 2001. Especies y biotipos de mosca blanca (Homóptera: Aleyrodidae) en cultivos semestrales de Colombia y Ecuador. Revista Colombiana de Entomología. 27: 27-31.
- Rahman, M.M., Uddin, M.M. and Shahjahan, M. 2013. Management of okra shoot and fruit borer, *Earias vitelli* (Fabricius) using chemical and botanical insecticides for different okra varieties. International Research Journal of Applied Life Sciences 2:1-9.
- Rojas, M.R., Gilbertson, R.L., Rusell, D.R., and Maxwell, D.P. 1993. Use of degenerate primers in the polymerase chain reaction to detect whitefly-transmitted geminiviruses. Plant Disease 77:340–347.
- Ruiz, L., Janssen, D., Martín, G., Velasco, L., Segundo, E., and Cuadrado, M. 2006. Analysis of the temporal and spatial disease progress of *Bemisia tabaci*-transmitted Cucurbit yellow stunting disorder virus and Cucumber vein yellowing virus in cucumber. Plant Pathology 55:264-275.
- Sabry, Al-k.H., Abd-El Rahman, T.A., Abolmaaty, S.M. 2015. Influence of some new insecticides on sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* and American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* and their residues in cucumber fruits. International Journal of Advanced Research 3: 1874-1881.
- Saifullah, M., Rabbani, M.G. 2009. Evaluation and characterization of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.) genotypes. SAARC Journal of Agriculture 7:92-99.
- Sanwal, S. K., Venkataravanappa, V., and Singh, B. 2016. Resistance to bhendi yellow vein mosaic disease: a review. Indian Journal of Agricultural Sciences 86:835-843.
- Seal, S. E., Bosch, F. V. D., and Jeger, M. J. 2006. Factors influencing begomovirus evolution and their increasing global significance: implications for sustainable control. Critical Reviews in Plant Sciences 25:23-46.
- Sethi, A., and Dilawari, V.K. 2008. Spectrum of insecticide resistance in whitefly from upland cotton in Indian subcontinent. Journal of Entomology 5:138-147.
- Shaner, G; Finney, R.E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. Phytopathology 67:1051-1056.

- Sharma, M., Budha, P.B., and Pradhan S.B. 2015. Efficacy test of bio-pesticides against tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) on tomato plants in Nepal. *Journal of Institute of Science and Technology* 20:11-17.
- Solankey, S.S., Akhtar, S., Kumar, R., Verma, R.B., and Sahajanand, K. 2014. Seasonal response of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) genotypes for okra yellow vein mosaic virus incidence. *African Journal of Biotechnology* 13:1336-1342.
- Thompson, J.D., Higgins, D.G., Gibson, T.J. 1994. CLUSTALW: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research* 22:4673-4680.
- Townsend, G.R., and Heuberger, I.W. 1943. Methods for estimating losses caused by disease in fungicide experiments. *Plant Disease Reporter* 27:340-343.
- Van Maanen, A., and Xu, X.M. 2003. Modelling plant disease epidemics. *European Journal of Plant Pathology* 109:669-682.
- Vinoth, B.K., Kuttalam, S., and Chandrasekaran, S. 2009. Efficacy of a new insecticide spirotetramat against cotton whitefly. *Pesticide Research Journal* 21:45-48.
- Vuori, K., Strandén, I., Sevón-Aimonen, M., and Mantysaari, E.A. 2006. Estimation of non-linear growth models by linearization: a simulation study using a Gompertz function. *Genetics Selection Evolution* 38:343-358.
- Wraight, S., Carruthers, R., Jaronski, S., Bradley, C., Garza, C., and Galaini-Wraight, S. 2000. Evaluation of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* for microbial control of the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii*. *Biological Control* 17:203-217.
- Xu, X. 2006. Modelling and interpreting disease progress in time. In: *The epidemiology of plant disease*. Cooke, B.M., Gareth, J.D. and Kaye, B. (eds). Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 215-238.
- Yao, F.L., Zheng, Y., Huang, X.-Y., Ding, X.-L., Jian-Wei Zhao, J.-W., Nicolas Desneux, N., He, Y.-X., & Weng, Q.-Y. 2017. Dynamics of *Bemisia tabaci* biotypes and insecticide resistance in Fujian province in China during 2005-2014. *Scientific Reports* 7:40803.
- Yu, S.J. 2008. *The toxicology and biochemistry of insecticides*. Estados Unidos: CRC Press. 276 p.

## VIII. ANEXOS

Anexo 1. Mapa satelital del sitio donde se estableció el ensayo en la localidad de Apacilagua, Choluteca, Honduras.



Anexo 2. Resultados de la secuenciación parcial de la cubierta proteica del virus causante de la vena amarilla de la okra en la zona de Apacilagua, Choluteca, Honduras.

**Sample 1a. SiYVV-yellow vein: Honduras isolate- 97% nt similarity match**

**Sida yellow vein virus segment A**, complete sequence, substrain yellow vein

Sequence ID: [Y11099.1](#)

```
GTACAGGAAGCCCAGGATATACCGGACTTTGAAGACGCCCGGCGTTCCACGAGGCTGTGAAGGCC
GTGCAAGGTCCAGT
CCTATGAACAGCGTCATGATATCTCACATGTGGGTAAGGTCATGTGTATATCTGATGTGACACGTGG
AAATGGTATCACC
CACCGTGTGGGTAAGCGATTCTGTGTTAAGTCCGTCTACATTCTCGGTAAGATCTGGATGGATGAGA
ACATCAAGCTCAA
GAACCACACGAACAGTGTTCATGTTCTGGTTGGTCAGGGACCGTAGACCGTATGGCACGCCCATGGA
TTTTGGCCAGGCGT
TCAACATGTTTCGATAATGAGCCTAGCACTGCCACGGTGAAGAACGATCTACGCGATCGTTACCAGG
TCATGCACAAGTTC
TATGGTAAGGTTACAGGTGGACAGTATGCGAGCAACGAGCAGGCTATAGTCAAGCGCTTCTGGAAG
GTTTACAATCATGT
CGTCTACAACCATCAGGAGGCTGGCAAGTACGAGAATCACACAGAGAACGCTTTGTTATTGTATAT
GGCCTGTACTCATG
CTTCCAATCCA
```

**Sample 1b. SiYVV-yellow vein: Honduras isolate- 97% nt similarity match**

**Sida yellow vein virus segment A**, complete sequence, substrain yellow vein

Sequence ID: [Y11099.1](#)

```
TGGATTGGAAGCATGAGTACAGGCCATATAACAATAACAAAGCGTTCTCTGTGTGATTCTCGTACTTG
CCAGCCTCCTGAT
GGTTGTAGACGACATGATTGTAAACCTTCCAGAAGCGCTTGACTATAGCCTGCTCGTTGCTCGCATA
CTGTCCACCTGTA
ACCTTACCATAGAACTTGTGCATGACCTGGTAACGATCGCGTAGATCGTTCTTCACCGTGGCAGTGC
TAGGCTCATTATC
GAACATGTTGAACGCCTGGCCAAAATCCATGGGCGTGCCATACGGTCTACGGTCCCTGACCAACCA
GAACATGACACTGT
TCGTGTGGTTCTTGAGCTTGATGTTCTCATCCATCCAGATCTTACCGAGAATGTAGACGGACTTAAC
ACAGAATCGCTTA
CCCACACGGTGGGTGATACCATTTCCACGTGTCACATCAGATATACACATGACCTTACCCACATGTG
AGATATCATGACG
CTGTTTCATAGGACTGGACCTTGCACGGGCCTTACAGCCTCGTGGAACGCCGGGCGTCTTCAAAGTC
CGGTATATCCTGG
GCTTCCTGTAC
```

**Courtesy:** Judith K Brown Lab

University of Arizona, Tucson, AZ 85721 USA

Email: [jbrown@ag.arizona.edu](mailto:jbrown@ag.arizona.edu) March 6, 2017.

Anexo 3. Resultados de la identificación taxonómica de insectos plagas asociados al cultivo de okra en la zona de Apacilagua, Choluteca, Honduras.



*Universidad Nacional Agraria*  
*Facultad de Agronomía*  
*Departamento de Protección Agrícola y Forestal*  
*Museo Entomológico*

Managua, 08 de febrero, 2017

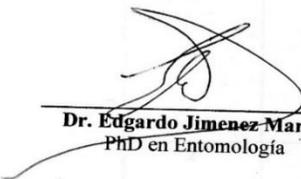
**Atención: Ing. Nelson Aryel Dsegrandes Rodriguez (Honduras)**  
**Muestra: Insectos en viales entomológicos de vidrio conteniendo alcohol al 70%**  
**Departamento: Managua**

**INFORME DE RESULTADOS**  
**RESULTADOS DE ANÁLISIS ENTOMOLOGICO**  
**(INSECTO)**

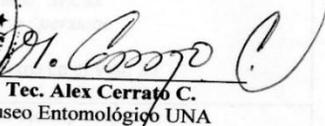
Muestra de insecto No.	Insecto identificado
1	Orden: Hemiptera, Familia: Aphididae Género: <i>Myzus</i> Especie: <i>persicae</i>  No. de insectos en el vial: 26
2	Orden: Hemiptera, Familia: Aphididae Género: <i>Myzus</i> Especie: <i>persicae</i>  No. de insectos en el vial: 18
3	Orden: Thysanoptera Familia: Tripidae Género: <i>Franklinella</i> Especie: <i>sp.</i>  En estado inmaduros  No. de insectos en el vial: 08

*Todos los análisis hechos por el laboratorio de entomología están basados en las muestras representativas provistas por nuestros clientes. Por lo tanto, los resultados presentados son representativos solamente de la muestra analizada en un periodo particular de tiempo.*

Los insectos en buen estado para su identificación.

  
**Dr. Edgardo Jimenez-Martinez**  
PhD en Entomología



  
**Tec. Alex Cerrato C.**  
Museo Entomológico UNA

CC. Archivo docente

*Todos los análisis hechos por el laboratorio de entomología están basados en las muestras representativas provistas por nuestros clientes  
Por lo tanto, los resultados presentados son representativos solamente de la muestra analizada en un período particular de tiempo.*

Anexo 4. Identificación del biotipo B de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) de vector del virus causante de la vena amarilla del cultivo de okra en la zona de Apacilagua, Choluteca, Honduras.

28 de Marzo 2017

The *B. tabaci* sample you provided is the B biotype (introduction from the Middle East-North Africa)

Dr. B

Judith K. Brown  
Professor  
School of Plant Sciences  
1140 E. South Campus Dr.  
Forbes Bld #303  
[The University of Arizona](#)  
[Tucson, AZ 85721 USA](#)  
Phone: 520-621-1402  
Lab: 520-621-1230  
Cell: 520-490-2109  
Email: [jkbrown@email.arizona.edu](mailto:jkbrown@email.arizona.edu)

Anexo 5. Análisis de varianza para la incidencia de virosis en el cultivo de okra causada por Sida Yellow Vein Virus (SiYVV) o virus de la vena amarilla en okra

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
incidencia	320	0.94	0.89	21.15

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2947.15	130	22.67	21.82	<0.0001
dds	2619.36	9	291.04	280.16	<0.0001
trat	35.34	7	5.05	4.86	<0.0001
bloque	115.46	3	38.49	37.05	<0.0001
dds*trat	78.29	63	1.24	1.20	0.1799
dds*bloque	25.41	27	0.94	0.91	0.6029
trat*bloque	73.29	21	3.49	3.36	<0.0001
Error	196.34	189	1.04		
Total	3143.49	319			

Anexo 6. Análisis de varianza de severidad promedio del virus de la vena amarilla en el cultivo de okra.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
sev	320	0.97	0.95	18.85

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	149784.30	130	1152.19	47.65	<0.0001
dds	128760.55	9	14306.73	591.63	<0.0001
trat	4414.69	7	630.67	26.08	<0.0001
bloque	4867.03	3	1622.34	67.09	<0.0001
dds*trat	4373.20	63	69.42	2.87	<0.0001
dds*bloque	1433.36	27	53.09	2.20	0.0012
trat*bloque	5935.47	21	282.64	11.69	<0.0001
Error	4570.39	189	24.18		
Total	154354.69	319			

Anexo 7. Análisis de varianza por fecha, con respecto a la severidad de virosis en Okra (*Abelmoschus esculentus* L. (Moench)).

Fecha 7			
R2	coef. Var	root mese	Media
<b>0.635</b>	<b>20.73</b>	<b>8.40</b>	<b>40.54</b>

FV	gl	SC	CM	F	p-valor
Trat.	7	1816.99	259.57	3.67	0.0096
Bloque	3	770.89	256.96	3.64	0.0295
Error	21	1483.78	70.65		
Total	31	4071.6			

Fecha 8

R2	coef. Var	root mese	Media
<b>0.71</b>	<b>14.44</b>	<b>6.93</b>	<b>47.96</b>

F V	gl	SC	CM	F	p-valor
Trat.	7	1624.21	232.03	4.83	0.0023
Bloque	3	872.65	290.88	6.06	0.0039
Error	21	1008.59	48,028		
Total	31	3505.46			

Fecha 9

R2	coef. Var	root mese	Media
<b>0.74</b>	<b>12.99</b>	<b>6.62</b>	<b>51.01</b>

F V	gl	SC	CM	F	p-valor
Trat.	7	1518.55	216.93	4.94	0.0020
Bloque	3	1206.83	402.27	9.15	0.0005
Error	21	922.85	43.94		
Total	31	3648.24			

Fecha 10

R2	coef. Var	root mese	Media
<b>0.720</b>	<b>11.74</b>	<b>6.49</b>	<b>55.31</b>

F V	gl	SC	CM	F	p-valor
Trat.	7	1418.75	202.67	4.80	0.0023
Bloque	3	867.18	289,062	6.85	0.0021
Error	21	885,937	42,187		
Total	31	3171.87			

Anexo 7. Análisis de varianza para ABCPE, con respecto a la severidad de virosis en Okra (*Abelmoschus esculentus* L. (Moench)).

<b>R-Square</b>	<b>Coeff Var</b>	<b>Root MSE</b>	<b>ABCPE Mean</b>
0.974626	16.77368	30.35278	180.9549

<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>Sum of Squares</b>	<b>Mean Square</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr&gt; F</b>
Model	119	5945157.346	49959.305	54.23	<.0001
Error	168	154776.942	921.291		
Corrected Total	287	6099934.288			

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr>F
ddt	8	4997640.050	624705.006	678.08	<.0001
Trat	7	201584.809	28797.830	31.26	<.0001
Bloque	3	231378.255	77126.085	83.72	<.0001
ddt*trat	56	175432.867	3132.730	3.40	<.0001
ddt*bloque	24	51142.155	2130.923	2.31	0.001
trat*bloque	21	287979.210	13713.296	14.88	<.0001

**Prueba de Tukey para ABCPE**

**Días después de la siembra (DDS)**

Means with the same letter are not significantly different.

Fecha (dds)	Mean	Tukey Grouping
71	371.32	a
64	346.44	b
57	309.80	c
50	238.164	d
43	163.78	e
36	98.43	f
29	47.85	g
22	32.26	g h
15	20.50	h

**PR<0.0001**

**R<sup>2</sup>:0.97**

**CV: 16.77**

Anexo 8. Estadísticas consideradas para el ajuste y selección de modelos aplicados para describir el progreso temporal de Virus de la Vena amarilla en Okra.

Tratamiento	Modelo	R <sup>2</sup>	CME	TIE
Muralla	Exponencial	0.561	0.319	0.087
Muralla	Monomolecular	0.844	0.098	0.017
Muralla	Logístico	0.791	0.131	0.105
Muralla	Gompertz	0.89	0.079	0.043
Movento	Exponencial	0.719	0.197	0.066
Movento	Monomolecular	0.867	0.082	0.015
Movento	Logístico	0.867	0.092	0.082
Movento	Gompertz	0.918	0.063	0.036
<i>Beauveria bassiana</i>	Exponencial	0.715	0.179	0.07
<i>Beauveria bassiana</i>	Monomolecular	0.842	0.071	0.011
<i>Beauveria bassiana</i>	Logístico	0.848	0.088	0.08
<i>Beauveria bassiana</i>	Gompertz	0.900	0.058	0.03
<i>Isaria fumosorosea</i>	Exponencial	0.672	0.185	0.069
<i>Isaria fumosorosea</i>	Monomolecular	0.820	0.082	0.012
<i>Isaria fumosorosea</i>	Logístico	0.811	0.100	0.081
<i>Isaria fumosorosea</i>	Gompertz	0.869	0.071	0.033
Quasina	Exponencial	0.639	0.187	0.074
Quasina	Monomolecular	0.758	0.100	0.013
Quasina	Logístico	0.769	0.109	0.087
Quasina	Gompertz	0.826	0.081	0.035
Neem	Exponencial	0.587	0.203	0.065
Neem	Monomolecular	0.750	0.092	0.012
Neem	Logístico	0.705	0.123	0.077
Neem	Gompertz	0.762	0.094	0.032
Testigo absoluto	Exponencial	0.502	0.431	0.096
Testigo absoluto	Monomolecular	0.781	0.136	0.021
Testigo absoluto	Logístico	0.776	0.148	0.117
Testigo absoluto	Gompertz	0.864	0.101	0.049
Testigo relativo	Exponencial	0.640	0.186	0.076
Testigo relativo	Monomolecular	0.771	0.090	0.011
Testigo relativo	Logístico	0.774	0.105	0.088
Testigo relativo	Gompertz	0.840	0.074	0.033

Nota: R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación; CME = cuadrado medio del error; TIE = tasa de incremento de la enfermedad.

Anexo 9. Análisis de varianza de eficacia de productos químicos, biológicos y botánicos.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Eficacia	256	0.91	0.88	20.39

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	248815.36	51	4878.73	38.24	<0.0001
Aplicación	24063.77	1	24063.77	188.61	<0.0001
dda	24583.53	3	8194.51	64.23	<0.0001
Trat	151835.19	7	21690.74	170.01	<0.0001
Aplicación*dda	4289.64	3	1429.88	11.21	<0.0001
Aplicación*Trat	27582.23	7	3940.32	30.88	<0.0001
dda*Trat	13505.22	21	643.11	5.04	<0.0001
dda*Bloque	2955.78	9	328.42	2.57	0.0079
Error	26027.58	204	127.59		
Total	274842.94	255			

Anexo 10. Análisis de varianza de rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) en okra

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	24	0.87	0.79	14.71

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6585887.59	9	731765.29	10.57	0.0001
Tratamiento	3402269.42	7	486038.49	7.02	0.0010
Cosecha	3183618.17	2	1591809.08	23.00	<0.0001
Error	968888.47	14	69206.32		
Total	7554776.05	23			

Anexo 11. Análisis de varianza de pérdidas (kg ha<sup>-1</sup>) en okra

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Pérdidas (kg/ha)	24	0.86	0.78	34.72

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4632753.95	9	514750.44	9.81	0.0001
Tratamiento	3058161.19	7	436880.17	8.33	0.0004
Cosecha	1574592.76	2	787296.38	15.00	0.0003
Error	734593.89	14	52470.99		
Total	5367347.84	23			

Anexo 12. Análisis de varianza para el número de moscas blancas (sin transformación)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
numoscas	320	0.84	0.73	35.96

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	18214.86	130	140.11	7.72	<0.0001
dds	10031.65	9	1114.63	61.41	<0.0001
trat	2173.92	7	310.56	17.11	<0.0001
bloque	294.43	3	98.14	5.41	0.0014
dds*trat	3101.67	63	49.23	2.71	<0.0001
dds*bloque	1878.53	27	69.58	3.83	<0.0001
trat*bloque	734.64	21	34.98	1.93	0.0114
Error	3430.64	189	18.15		
Total	21645.50	319			