

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



**“Manejo del complejo de la mancha negra (*Pseudomonas siringae*, *Alternaria sp.*, *Cladosporium sp.*) del fruto de la Okra (*Abelmoschus esculentus L.*) mediante tres programas fitosanitarios.”**

**Por:**

Héctor Inestroza Osorio

Jaime Alexander Portillo Rivera

Raúl Remberto Rivera Ortega

Ciudad Universitaria, Mayo de 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL



**“Manejo del complejo de la mancha negra (*Pseudomonas siringae*, *Alternaria sp.*, *Cladosporium sp.*) del fruto de la Okra (*Abelmoschus esculentus L.*) mediante tres programas fitosanitarios.”**

**Por:**

Héctor Inestroza Osorio

Jaime Alexander Portillo Rivera

Raúl Remberto Rivera Ortega

**Requisito para optar al título de:**

Ingeniero Agrónomo

Ciudad Universitaria, Mayo de 2018

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

LIC. M.Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

**SECRETARIO GENERAL:**

LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO:**

ING. AGR. MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

**SECRETARIO:**

ING. AGR. M.Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL**

---

ING. AGR. M.Sc. ANDRÉS WILFREDO RIVAS FLORES

**DOCENTES DIRECTORES**

---

ING. AGR. M.Sc. ANDRÉS WILFREDO RIVAS FLORES

---

ING. AGR. MAURICIO LÓPEZ GUILLÉN

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

---

ING. AGR. RICARDO ERNESTO GÓMEZ ORELLANA

## RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, durante el período de mayo a septiembre de 2016, donde se evaluó el efecto de cuatro tratamientos los cuales consistieron en 4 programas fitosanitario: testigo absoluto ( En cual no se aplicó ningún producto para el control del Complejo de la mancha negra del fruto de la okra), convencional( este programa se compone de los productos utilizados por la empresa del Tropic Foods y autorizados por la EPA para productos de exportación) biorracional (que se compone de productos químicos y de baja toxicidad más productos biológicos) y alternativo (compuesto por productos biológicos y químicos de baja toxicidad), con el objetivo de poder determinar (cuál de los tratamientos es más efectivo) contra el complejo de la mancha negra externa en okra (*Abelmoschus esculentus L.*), variedad Clemson Spineless. Los productos que se evaluaron en cada tratamiento fueron aplicados en base al cronograma de actividades previamente diseñado. Las variables a evaluar fueron incidencia de la enfermedad lo cual consiste en determinar el número de frutos enfermos, severidad con lo cual se determinó el grado de daño del fruto infectado y el área bajo la curva de progreso de la enfermedad. También se utilizó el análisis de costo efectividad con el cual se determinó cuál de los tratamientos es más efectivo y más rentable. Se utilizó un diseño de bloques completo al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. La parcela experimental tenía un área de 805 m<sup>2</sup>, dividiéndose esta en 16 unidades experimentales cada una con 100 plantas, distribuidas en 5 surcos de 8m de largo con 20 plantas en cada uno. Para la toma de muestras se tomaron 10 plantas por surco del área útil (tres surcos centrales), las cuales se cosecharon y de estos se tomó aleatoriamente 30 frutos los que fueron evaluados con la escala diagramática para severidad. El muestreo inició a los 50 días de siembra y se realizó 15 días a día de por medio hasta, los 65 días después de siembra, a partir de ese día se hizo el muestreo todos los días hasta, los 110 días después de la siembra, y a partir de los 110 días se realizó toma de muestra con día de por medio hasta los 120 días después de siembra, fecha en la que finalizó la fase campo.

El tratamiento alternativo mostro los niveles más bajos de incidencia (20%), severidad (10%), y el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (10%), e índice de costo efectividad (5.32), en comparación con el testigo, el tratamiento convencional y el biorracional

### Palabras claves:

*Abelmoschus esculentus L*, Clemson Spineless, severidad, incidencia, incidencia final, área bajo la curva de progreso de la enfermedad, índice de costo efectividad.

## **Summary:**

The research was carried out in the Experimental and Practical Station of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador, during the period from May to September 2016, where the effect of four treatments was evaluated, which consisted of 4 programs phytosanitary: absolute witness (In which no product was applied for the control of the complex of the black spot of the fruit of the okra), conventional (this program is composed of the products used by the Tropic Foods company and authorized by the EPA to export products) biorational (which is composed of chemicals and low toxicity plus biological products) and alternative (composed of biological and chemical products of low toxicity), with the aim of being able to determine (which of the treatments is more effective) against the complex of the external black spot in okra (*Abelmoschus esculentus* L.), variety Clemson Spineless. The products that were evaluated in each treatment were applied based on the previously designed activity schedule. The variables to be evaluated were the incidence of the disease, which consists in determining the number of diseased fruits, severity, with which the degree of damage of the infected fruit and the area under the disease progress curve were determined. The cost-effectiveness analysis was also used, with which it was determined which of the treatments is more effective and more profitable. A randomized complete block design was used with four treatments and four repetitions. The experimental plot had an area of 805 m<sup>2</sup>, divided into 16 experimental units each with 100 plants, distributed in 5 rows of 8m long with 20 plants in each. For the taking of samples, 10 plants were taken per furrow of the useful area (three central furrows), which were harvested and from these 30 fruits were randomly taken which were evaluated with the diagrammatic scale for severity. Sampling started 50 days after sowing and was carried out 15 days a day until, 65 days after sowing, from that day on, sampling was done every day until, 110 days after sowing, and after 110 days, sampling was carried out every other day until 120 days after sowing, the date on which the trial field phase ended.

The alternative treatment showed the lowest levels of incidence (20%), severity (10%), and the area under the disease progress curve (10%), and cost effectiveness index (5.32), compared to the control, the conventional treatment and biorational.

## **Keywords:**

*Abelmoschus esculentus*, Clemson Spineless, severity, incidence, final incidence, area under disease progress curve, cost effectiveness index.

## **AGRADECIMIENTOS:**

A Dios todo poderoso que nos dió la oportunidad de estudiar esta carrera y terminar el trabajo de investigación con éxito, por darnos la sabiduría y fortaleza durante todos estos años de estudio y enseñarnos el camino correcto para alcanzar nuestras metas.

A nuestros padres por el apoyo incondicional que nos brindaron durante todo nuestro proceso de formación académica

A nuestros asesores Ing. Agr. Msc. Andrés Wilfredo Rivas Flores, Ing. Agr. Omar Antonio Lara Díaz, Ing. Agr. Mauricio López Guillén por su apoyo y orientación durante todo el desarrollo de la investigación,

Al Ing. Agr. Msc. Miguel Rafael Paniagua Cienfuegos por su apoyo y orientación durante el desarrollo de los análisis estadísticos de nuestra investigación.

Al Ing. Pedro Urquilla Schronenberg presidente de Del Tropic Foods por abrirnos las puertas de la empresa y poder realizar esta investigación por apoyarnos con el financiamiento de esta investigación.

A todos los docentes de la Facultad de Ciencias Agronómicas que fueron muy importantes en mi formación de educación superior.

## **DEDICATORIA**

A mi gran Dios y Salvador Jesucristo, porque sin El nada podemos hacer. El es mi fuerza, mi apoyo y mi guía.

A mis padres Wilfredo y Silvia, que me apoyaron incondicionalmente en todas las áreas, que se esforzaron árdamente para que culminara mis estudios universitarios.

A mis abuelos que siempre han estado pendientes de mí, ayudándome y aconsejándome.

Héctor Inestroza

## **DEDICATORIA**

A Dios todo poderoso por darme la sabiduría, fortaleza y perseverancia para poder alcanzar mis metas.

A mi madre Ana Rosaura de Pineda por su apoyo durante todo el desarrollo de mi formación académica que a pesar de los obstáculos siempre me sacó adelante.

A mi tío Ing. Agr. Orlando Uvence Arias por sus consejos para estudiar esta linda carrera y por brindarme su apoyo durante el desarrollo de mi educación superior y por ser un ejemplo a seguir en mi vida.

A mi familia que siempre creyeron en mí y siempre me apoyaron durante el desarrollo de mi formación académica para poder salir adelante.

A mi Jefe Ing. Braulio García quien me dió la oportunidad de vivir mi primera experiencia laboral en SAGRISA y me dió su apoyo para finalizar mi trabajo de investigación.

Jaime Alexander Portillo

## **DEDICATORIA**

A Dios por brindarme sabiduría y dirección durante todas mis etapas de formación académica.

A mis padres por su esfuerzo continuo en todos los años de educación, por estar conmigo en todo momento.

A mi hijo por ser el motivo de inspiración, cuando era necesario dar una gota de más de sudor o cuando era requerido no dormir para lograr el nivel de conocimiento necesario.

Raúl Remberto Rivera

## INDICE

Índice de Figuras	XI
Índice de Anexos	XII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA.	2
2.1 ASPECTOS BOTÁNICOS DEL CULTIVO DE LA OKRA.	2
2.2 MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO.	2
2.2.1 Suelo, fertilización, siembra, podas, riego y consumo hídrico.	2
2.3 PATÓGENOS ASOCIADOS A LA ENFERMEDAD	3
2.3.1 Características morfológicas, sintomatología y epidemiología de <i>Alternaria sp.</i>	3
2.3.2 Características morfológicas, sintomatología y epidemiología de <i>Pseudomonas syringae.</i>	3
2.3.3 Características morfológicas, sintomatología y epidemiología de <i>Cladosporium sp.</i>	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS	5
3.1 DESCRIPCIÓN DE ESTUDIO	5
3.2. METODOLOGÍA DE CAMPO	5
3.2.1. Manejo agronómico del cultivo de la okra.	5
3.2.2. Tratamientos	5
3.2.3. Tratamiento testigo	8
3.2.4. Tratamiento convencional. (Según se emplea en la empresa Del Tropic Foods).	8
3.2.5. Tratamiento biorracional	8
3.2.6. Tratamiento alternativo	9
3.3. METODOLOGÍA ESTADÍSTICA.	9
3.3.1. Diseño estadístico	9
3.3.2. Los tratamientos a evaluar fueron los siguientes:	9
3.3.3 El modelo estadístico es el siguiente.	9
3.4. METODOLOGÍA ECONÓMICA	13
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1 VARIABLE INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD	15
4.2. INCIDENCIA POR TRATAMIENTO	16
4.3. VARIABLE SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD	16

4.4.	AREA BAJO LA CURVA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (ABCPE)	18
4.5.	EFFECTO PROMEDIO DE LOS TRATAMIENTOS (POR SEMANA).	19
4.6.	ANÁLISIS COSTO-EFECTIVIDAD [Cost - Effectiveness Analysis]	20
4.7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	21
4.7.1.	Efecto de los tratamientos sobre la variable incidencia.	21
4.7.2.	Efecto de los tratamientos sobre la variable severidad.	21
4.7.3.	Determinación de la calidad comercial del fruto de la okra a través del (ABCPE).	22
4.7.4.	Comportamiento de la enfermedad a partir del Efecto promedio de los tratamientos (por semana)	23
4.7.5.	Determinación de costo - efectividad de los tratamientos	24
5.	CONCLUSIONES	25
6.	RECOMENDACIONES.	26
7.	BIBLIOGRAFÍA	27
8.	ANEXOS	29

#### Índice de cuadros

Cuadro 1	Modo de acción de los productos químicos y biológicos para el control de la enfermedad	6
Cuadro 2.	Programas fitosanitarios para el manejo del complejo de la mancha negra en okra.	7
Cuadro 3.	Productos que se utilizaron en tratamiento convencional	8
Cuadro 4.	Productos que se utilizaron en tratamiento biorracional	8
Cuadro 5.	Productos que se utilizaron en tratamiento alternativo	9
Cuadro 6.	Insumos para tratamiento relativo o convencional	13
Cuadro 7.	Insumos para tratamiento biorracional	13
Cuadro 8.	Insumos para tratamiento alternativo	14

#### Índice de Figuras

Figura 1.	Plano de campo	11
Figura 2.	Escala diagramática para la evaluación del nivel de severidad en fruto de okra.	12
Figura 3.	Comportamiento de la variable incidencia en el tiempo	15
Figura 4.	Incidencia por tratamiento	16
Figura 5.	Variable severidad evaluada en campo	17
Figura 6.	Comportamiento de la enfermedad con respecto al tiempo	18
Figura 7.	Promedio de severidad entre tratamientos.	19
Figura 8.	Análisis costo – efectividad de los tratamientos	20

## **Índice de Anexos**

Figura A- 1 Laboreo de Suelo .....	29
Figura A- 2.Fertilización al suelo.....	29
Figura A- 3.Cosecha y diagnóstico de frutos .....	29
Figura A- 4.Tabla de efectos fijos para variable incidencia .....	30
Figura A- 5.Tabla de efectos fijos para variable severidad.....	30

## 1. INTRODUCCIÓN

La okra (*Abelmoschus esculentus L*), es un cultivo originario de la costa este de África. Es un cultivo de clima tropicales y subtropicales, lluvias moderadas y no soporta las heladas, requieren de noches frescas y días calurosos y soleados, con una diferencia de aproximadamente 10 °C entre día y noche para su óptimo desarrollo. La temperatura recomendada para un adecuado desarrollo del cultivo es de 25 - 35°C con abundante agua. Este cultivo no tolera sequias (IICA 2006).

Las enfermedades de la okra son causadas por algunos microorganismos como hongos (*Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus*), algunas bacterias (*Pseudomonas*, *Xanthomonas* y *Erwinia*) y virus, los cuales se encuentran asociados con enfermedades o deterioro de los frutos de okra en un estudio pos-cosecha. La cantidad de daño y la pérdida asociada a las enfermedades varía mucho con los productos básicos, el procesamiento, las condiciones de cultivo y la forma de manejo. Las enfermedades de pos cosecha son influenciadas por el manejo inadecuado durante el transporte y almacenamiento lo que conducen a una pérdida de mano de obra, tiempo, tierra y dinero. (Sharma et al. 2013).

La microflora asociada reduce el valor de la calidad, precio o tasa de mercado de esta hortaliza (Sharma et al. 2013).

Entre algunos patógenos pos-cosecha se mencionan *Alternaria alternata*, *A.citri*, *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Cladosporium cladosporoides*, *Fusarium solani*, *Fusarium sp*, *Penicillium spp*, *Phytophthora capsici*, *Rhizopus stolonifer* como responsables de perdidas poscosecha (Fatima et al.2009).

En esta investigación se demuestra a los agricultores que se dedican al cultivo de okra nuevas tecnologías agronómicas para el manejo, dentro de las regulaciones para la exportación con el objetivo de evitar daños por la mancha negra externa del fruto la cual ha causado grandes pérdidas en las parcelas de los productores. Brindar un adecuado control de plagas y enfermedades como la mancha negra externa del fruto, y reducir el uso indiscriminado de plaguicidas, esto constituye el propósito de nuestra investigación y de esta forma ayudar a los productores que se dedican a este cultivo que genera mucha mano de obra e ingresos económicos.

## **2. REVISION BIBLIOGRAFICA.**

### **2.1 ASPECTOS BOTÁNICOS DEL CULTIVO DE LA OKRA.**

La okra (*Abelmoschus esculentus L*), es una planta perteneciente a la Familia de las malváceas, es de tallo leñoso, erecto y muy ramificado de 1 a 2 m de altura y en algunos casos hasta los 3 m, follaje hispido (pubescente y áspero al tacto), de hojas grandes a menudo teñidas de colores violáceos debido a su contenido de antocianinas, pecioladas, de forma acorazonada, color verde oscuro en la parte superior y grisáceo en la inferior, tamaño entre 10 y 20 cm de largo por 10 a 30 cm de ancho, las flores son solitarias y vistosas, cáliz de 5 pétalos de color blanco o amarillo con manchas rojas o purpuras en la base. Son hermafroditas y florecen durante los meses de julio a septiembre. Fruto en cápsula dehiscente alargada de 10 a 30 cm de largo por 1 a 4 cm de ancho. Esta fruta está formada por 5 a 7 celdas unidas que se abren en la madurez para liberar sus semillas. La superficie del fruto es hispida y posee de 5 a 7 aristas marcadas, que constituyen la soldadura de las celdas. Las semillas son pequeñas de 0.5 mm y color marrón oscuro (Duzyamman, 1997).

### **2.2 MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO.**

#### **2.2.1 Suelo, fertilización, siembra, podas, riego y consumo hídrico.**

La okra exige suelos bien drenados para evitar anegamiento y asfixia radicular con un pH neutro, este cultivo tiene mejor desarrollo en suelos arcillosos pero también se da en suelos franco arenosos. Como fertilización de fondo se recomienda un estercolado del orden de 10000 kg/ha y el aporte de 50 UF/ha de Nitrógeno, 30 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, y 30 de K<sub>2</sub>O. Las necesidades de N, P, K aumentan con el crecimiento de los primeros frutos, siendo máximas durante todo el periodo productivo. por ello es aconsejable complementar el abonado de fondo con unas 50 UF/ha de Nitrógeno, que se aportarían preferiblemente mediante fertirrigación en cada riego a lo largo del periodo productivo, o al menos divididas en dos coberturas, la primera en la entrada en producción y la segunda unos 15-20 días después. Una preparación adecuada del terreno para la siembra empieza con la eliminación de malezas que puedan competir con el cultivo por espacio y nutrientes eliminándose con la chapodadora, posteriormente se realizan dos pasos de arado, dos pasos de rastra y finalmente se forman los surcos con la surcadora a un distanciamiento de siembra de 1 m entre surco y 0.4 m entre planta. Esta especie admite una poda de rejuvenecimiento en zonas donde las temperaturas lo permiten. Consiste en despuntar la planta entre los nudos 8 y 10, aproximadamente a 20 cm del suelo. Tras la operación conviene aportar una fertilización localizada de apoyo a base de abonos como 15-0-14,8-0-24 o 13-0-44, a dosis de 150 gramos por cada 30 metros de línea (doble) de cultivo. Esta práctica se realiza con el fin de renovar la planta y generar mayor número de rebrotes. Hay que mantener una humedad suficiente tras la siembra para que se produzca

una correcta germinación, si es por trasplante dar un riego abundante para asegurar el arraigo de las plantas y evitar el estrés hídrico durante la floración y formación de frutos para obtener las máximas producciones, por lo que éstos serían los periodos críticos en cuanto a necesidades hídricas de la okra. Por otra parte, un exceso de agua o fluctuaciones importantes en su contenido en el suelo durante el periodo productivo se asocia con las malformaciones en los frutos y la aparición de enfermedades fúngicas (Moreno et al 2007).

## **2.3 PATÓGENOS ASOCIADOS A LA ENFERMEDAD**

### **2.3.1 Características morfológicas, sintomatología y epidemiología de *Alternaria sp.***

*Alternaria sp.*, forma un micelio de color oscuro en tejidos viejos y senescentes produce conidióforos cortos, simples y erectos que portan cadenas simples o ramificadas de conidios. Los conidios son grandes, alargados y oscuros o multicelulares y en forma de pera con septos tanto transversales como longitudinales, las enfermedades causadas por *Alternaria* son muy comunes en muchos tipos de plantas como cítricos, mangos, marañón, papaya, etc. Este hongo puede afectar diferentes partes de la planta como hojas, tallo, flores y frutos, las enfermedades causadas por *Alternaria* se conocen como tizones, los síntomas involucran manchas y tizones foliares, ahogamiento de plántulas, pudriciones del cuello, así como pudriciones de los frutos y tubérculos en algunas plantas, las lesiones que presentan las hojas son manchas circulares de color café, en tallos y frutos las lesiones son de forma oval, pero al igual que las manchas en las hojas presentan anillos concéntricos, los conidios de *Alternaria* son arrastrados por el viento a grandes distancias, se encuentra también en el polvo arrastrado por el viento y puede causar alergias de las vías respiratorias, este hongo tiene una característica muy importante que se desarrolla dentro un amplio rango de temperaturas, sobrevive en los residuos de tejidos enfermos, semilla y en hospederos silvestres, las esporas se forman sobre los tejidos infectados en presencia de humedad relativa alta y rocío, germinan sobre los tejidos susceptibles y penetran a estos directamente o por medio de heridas en donde forman lesiones que en un promedio de siete días producen nuevos conidios (FUNDESYRAM 2003).

### **2.3.2 Características morfológicas, sintomatología y epidemiología de *Pseudomonas siringae*.**

Son bacterias en forma de barras o curva de 0.5 a 1.0 por 1.5 a 1.0 micras de diámetro, móviles por medio de uno o varios flagelos polares. Son habitantes en el suelo y algunas especies producen pigmentos fluorescentes (Rivera, 1991).

Esta bacteria tiene la característica de penetrar las plantas a través de los estomas o heridas y una vez dentro de ella se reproduce rápidamente en los espacios intercelulares, los síntomas ocasionados por esta bacteria pueden aparecer en diferentes partes de la

planta como hojas, tallos, botones florales y frutos. En follaje las lesiones presentan un aspecto húmedo y en condiciones de alta humedad (horas de la mañana), se puede observar un exudado que contiene una gran cantidad de bacterias provenientes de las lesiones en frutos las lesiones son circulares y más pequeñas que las observadas en el follaje, generalmente las lesiones en las frutas son superficiales, pero infecciones secundarias causadas por otras bacterias pueden llegar a dañar la fruta completa. Los síntomas pueden desarrollarse durante el almacenamiento. Esta bacteria puede sobrevivir en semillas a partir de las cuales puede infestar a las plántulas, sobrevive en el suelo o residuos de plantas enfermas y se diseminan por medio de agua de drenaje o lluvia, cuando la bacteria está presente en las hojas puede permanecer viable hasta por 6 días, cuando la humedad relativa es de 95 % y las temperaturas oscilan entre 24 – 30°C son óptimos para el desarrollo de los síntomas algo muy importante de tener en cuenta es que la bacteria es diseminada fácilmente por medio de herramientas, trabajadores y equipos de cosecha. Esta bacteria afecta a un gran número de cultivos como al pepino donde produce la enfermedad llamada mancha angular la cual afecta tallo, hojas, botones florales y frutos. (Zapata, 1994).

### **2.3.3 Características morfológicas, sintomatología y epidemiología de *Cladosporium* sp.**

*Cladosporium* es un género aislado comúnmente de muchas lesiones vegetales y es a menudo dominante en los estudios de la microflora en el aire, se encuentra como Saprofito y Patógeno de Plantas. Las conidias están especialmente bien adaptadas a la dispersión aérea, siendo pequeñas, secas, muy pigmentadas y aparentemente altamente resistente a la luz solar. Los conidios son en su mayoría elipsoidales pero hay mucha variabilidad en cuanto a su forma y tamaño, miden de tres a seis  $\mu\text{m}$ , de ancho por 3 – 35  $\mu\text{m}$ . Su color varía de hialino a marrón oliváceo y son verrugosas (Pitt y Hocking 2009).

*Cladosporium* sp. en fase saprófita tiene forma pigmentada , los conidios (esporas) son de pigmentación oscura , elipsoide de forma cilíndrica , con paredes planas en alterada que se pueden notar (Miladinovic, 2007).

En el cultivo de maíz se han reportado algunas pudriciones de mazorca aunque las pérdidas no han sido económicamente significativas los daños comienza formando rayas de color café oscuro o verde en la base del olote y de los granos, cuando el daño es total la mazorca es frágil (CYMMIT, 2004).

Este hongo tiene la característica de adaptarse a diferentes climas tanto como tropicales así como subtropicales, la temperatura óptima para el desarrollo de este hongo es de 20-28°C (Domsch y Gams, 1972).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DE ESTUDIO

La investigación se realizó durante los meses de mayo a septiembre del año 2016 en la Estación Experimental y de Prácticas, Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. La cual se encuentra ubicada en el municipio de San Luis Talpa, Departamento de La Paz, a una altura de 50 msnm.

#### 3.2. METODOLOGÍA DE CAMPO

##### 3.2.1. Manejo agronómico del cultivo de la okra.

Para el establecimiento del cultivo de la okra se realizó la preparación del suelo con un paso de arado, dos pasos de rastra y surcado con distanciamiento de un metro entre surco (Figura A-1). La parcela experimental tenía un área de 805 m<sup>2</sup>, dividiéndose esta en 16 unidades experimentales, el distanciamiento de siembra fue de 1 metro entre surco y 0.40 m entre plantas, cada unidad experimental tenía 100 plantas, distribuidas en 5 surcos de 8m de largo con 20 plantas en cada uno. Para el control de maleza se utilizaron los herbicidas Glifosato ® y Basta ®. Para el control de insectos se utilizó Confidor 70WG ® y Malathion ®. La fertilización se hizo al suelo con formula 10-30-10, urea y formula 0-0-60 (Figura A-2) y fertilización foliar con fosfato monoamonico (MAP), Solubor (borato sódico natural) y Nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>).

##### 3.2.2. Tratamientos

Se evaluaron cuatro tratamientos durante el desarrollo de la investigación: el testigo absoluto donde no se aplicó ningún producto para el control de la enfermedad, un tratamiento químico convencional donde se evaluaron productos como Azoxystrobin (Amistar 50 WG ®), Sulfato de cobre pentahidratado (Lynx ®), Tebuconazol (Orius 25 EW ®), la semilla que se utilizó fue tratada con (Vitavax®) y Imidacloprid (Marshall 25 DS ®), un tratamiento biorracional donde se evaluaron productos como bicarbonato de sodio, aceite parafinico (Tritek®), Boscalid + Piraclostrobina (Bellis 38 WG ®), Hidroxido cuprico (Kocide 35 WG ®), Aceite de árbol de té (Timorex gold ®), finalmente se evaluó un tratamiento alternativo (productos biológicos y químicos no tóxicos), Hidroxido cuprico (Kocide ®), Fitofortificante a base fermento a base de lactobacilos (Bioclean ®), Bicarbonato de sodio, *Trichoderma* y aceite parafinico (Tritek ®) (Cuadro 1). A todos los tratamientos se les aplicó el mismo programa de fertilización, control de plagas y malezas (Cuadro 2).

Cuadro 1 Modo de acción de los productos químicos y biológicos para el control de la enfermedad

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.	Ingrediente Activo	Modo de Acción
LYNX	Sulfato de cobre pentahidratado	Protector de contacto; los iones cobre destruyen la célula de la espora; limitado efecto en prevención de germinación de esporas
Orius	Tebuconazol 25EW	Fungicida sistémico, inhibidor de la biosíntesis de ergosterol, de largo efecto residual. Acción protectora y curativa
Amistar	Azoxystrobin 50WG	Inhibe la respiración mitocondrial de los hongos, evitando el transporte de electrones entre el citocromo impidiendo también la formación de ATP
Tritek	Aceite parafinado	Forma una película en la hoja la cual impide la germinación de las esporas de hongos patógenos
Bioclean	Fitofortificante a bases de fermento de <i>Lactobacilos</i>	Fortificante a base de fermentos y enzimas bacterianas del género <i>Lactobacillus</i> con acción directa sobre hongos y bacterias, mejora las defensas de las plantas
Bicarbonato de Na	Bicarbonato de Sodio	Protege la superficie vegetal por diferencia de pH y previene los brotes de esporas fungicas
Bellis	Boscalid + Piraclostrobin 38WG	Fungicida sistémico afecta la producción de energía de las células del hongo, afectando sus funciones vitales. Preventivamente actúa inhibiendo los estados tempranos del desarrollo del hongo.
Kocide	Hidróxido cúprico	Fungicida-bactericida de contacto y amplio espectro
<i>Trichoderma</i>	Cepa de ta 90 de <i>Trichoderma asperellum</i>	Competencia antibiosis y micoparasitismo
Timorex gold	Aceite de árbol de té	Evita la germinación de esporas y es ideal aplicarlo para enfermedades que han tomado resistencia , producto de amplio espectro para el control de enfermedades en hortalizas

Cuadro 2. Programas fitosanitarios para el manejo del complejo de la mancha negra en okra.

Fecha (dds)	Programa 1: Testigo	Programa 2: Químico	Programa 3: Biorracional	Programa 4: Alternativo	FECHA
0	Semilla tratada con Vitavax + Gaucho 70WS	Semilla tratada con Vitavax + Gaucho 70WS	Semilla tratada con <i>Trichoderma</i> 0.03kg / 5.44 kg de semilla	Semilla tratada con <i>Trichoderma</i> 0.03kg / 5.44 kg de semilla	07-05-2016
1dds	Glifosato 2.86L/Ha	Glifosato 2.86L/Ha	Glifosato 2.86L/Ha	Glifosato 2.86L/Ha	08-05-2016
10dds	Confidor 70WG 0.1kg/Ha	Confidor 70WG 0.1kg/Ha	Confidor 70WG 0.1kg/Ha	Confidor 70WG 0.1kg/Ha	18-05-2016
	Fertilización: 142.56kg/Ha de 10-30-10	Fertilización: 142.56kg/Ha de 10-30-10	Fertilización 142.56kg/Ha de 10-30-10	Fertilización: 142.56kg/Ha de 10-30-10	18-05-2016
20dds	Aplicación de Basta 0,71 L/Ha	28-05-2016			
	Fertilización: Fosfato monoamónico (MAP) 1.95 kg/Ha + Nitrato de P 1.3kg/Ha	Fertilización: Fosfato monoamónico (MAP) 1.95 kg/Ha + Nitrato de P 1.3kg/Ha	Fertilización: Fosfato monoamónico (MAP) 1.95 kg/Ha + Nitrato de P 1.3kg/Ha	Fertilización: Fosfato monoamónico (MAP) 1.95 kg/Ha + Nitrato de P 1.3kg/Ha	28-05-2016
22dds	Confidor 70WG 0.1 kg/Ha + 0,33kg/Ha de Solubor	Confidor 70WG 0.1 kg/Ha + 0,33kg/Ha de Solubor	Confidor 70WG 0.1 kg/Ha + 0,33kg/Ha de Solubor	Confidor 70WG 0.1 kg/Ha + 0,33kg/Ha de Solubor	30-05-2016
40dds	Glifosato 2.86L/Ha	Glifosato 2.86L/Ha	Glifosato 2.86L/Ha	Glifosato 2.86L/Ha	17-06-2016
			Kocide (2gr/L) + Bioclean (3cc/L)	Kocide + Bioclean	17-06-2016
	Malathion 1L/mz + Foliares MAP + Nit + P	Malathion 1L/mz + Foliares MAP + Nit + P	Malathion 1L/mz + Foliares MAP + Nit + P	Malathion 1L/mz + Foliares MAP + Nit + P	17-06-2016
45dds		Amistar 100gr/mz			22-06-2016
		Urea 97.20kg/Ha 64.15kg de 0-0-60	Urea 97.20kg/Ha 64.15kg de 0-0-60	Urea 97.20kg/Ha 64.15kg de 0-0-60	22-06-2016
50dds (inicia cosecha)		Sulfato de Cu (LYNX) 0,5lb/mz	Bicarbonato de Na (10gr/L) + Trittek (5cc/L)	Bicarbonato + Trittek	29-06-2016
		Orius 0,71kg/Ha			29-06-2016
60dds		Amistar (0.15kg/Ha) + Foliares	Bicarbonato de Na (10gr/L) + Trittek (10cc/L)	<i>Trichoderma</i> (0.04kg/Ha) + Trittek	15-07-2016
65dds		LYNX (Sulfato de Cu)	Kocide + Bellis		20-07-2016
	Basta (Glufosinato de amonio) 2.86 L/Ha	20-07-2016			
70dds		Orius (0,71kg/Ha)	Bicarbonato + Trittek	Bicarbonato + Trittek	25-07-2016
	Urea 97.20kg/Ha + 64.15kg/Ha de 0-0-60	25-07-2016			
80dds	Fertilización: Fosfato monoamónico (MAP) 1.95 kg/Ha + Nitrato de P 1.3kg/Ha	Fertilización: Fosfato monoamónico (MAP) 1.95 kg/Ha + Nitrato de P 1.3kg/Ha	Fertilización: Fosfato monoamónico (MAP) 1.95 kg/Ha + Nitrato de P 1.3kg/Ha	Fertilización: Fosfato monoamónico (MAP) 1.95 kg/Ha + Nitrato de P 1.3kg/Ha	05-08-2016
			Timorex (0.72L/Ha) + Kocide (0.72kg/Ha)	Kocide + Bioclean	05-08-2016
90dds	Urea 97.20kg/Ha + 64.15kg/Ha de 0-0-60	15-08-2016			
90dds		Amistar + Orius	Bicarbonato + Trittek	Bicarbonato + Trittek	15-08-2016
100dds			Kocide + Bellis	<i>Trichoderma</i> + Trittek	25-08-2016
110dds	Urea 97.20kg/Ha	Urea 97.20kg/Ha	Urea 97.20kg/Ha	Urea 97.20kg/Ha	04-09-2016
			Bicarbonato + Trittek	Bicarbonato + Trittek	04-09-2016
125dds	Finaliza cosecha	Finaliza cosecha	Finaliza cosecha	Finaliza cosecha	09-09-2016

### 3.2.3. Tratamiento testigo

En el testigo absoluto no se aplicó ningún tipo de fungicida para el control de la mancha negra externa del fruto en okra.

### 3.2.4. Tratamiento convencional. (Según se emplea en la empresa Del Tropic Foods).

Los fungicidas que se utilizaron en el tratamiento convencional con sus respectivas dosis fueron los siguientes (Cuadro 3).

*Cuadro 3. Productos que se utilizaron en tratamiento convencional*

<b>PRODUCTO</b>	<b>DOSIS</b>
Vitavax + Marshal 25 DS ®	0.01kg/0.63 kg de semilla
Azoxystrobin 50 WG (Amistar ®)	0.01 kg
Sulfato de cobre Pentahidratado (Lynx ®)	0.06 lt
Tebuconazol 25 EW (Orius ®)	0.06 g

### 3.2.5. Tratamiento biorracional

En el tratamiento biorracional se utilizaron fungicidas biológicos y químicos combinados entre los cuales están los siguientes (Cuadro 4).

*Cuadro 4. Productos que se utilizaron en tratamiento biorracional*

<b>PRODUCTO</b>	<b>DOSIS</b>
Bicarbonato de sodio	10 gr/lt de agua
Aceite parafinico (Tritek ®)	5 cc/lt de agua
Boscalid + Piraclostrobina 38 WG (Bellis ®)	0.06 kg
Fungicida Bactericida Cúprico 35 WG (Kocide ®)	0.06kg
Timorex Gold ®	0.06 lt

### 3.2.6. Tratamiento alternativo

En el tratamiento alternativo los fungicidas que se utilizaron son biológicos alternados con químicos no tóxicos entre ellos podemos mencionar los siguientes (Cuadro 5).

Cuadro 5. Productos que se utilizaron en tratamiento alternativo

PRODUCTO	DOSIS
Bicarbonato de sodio	10 gr/lt de agua
Aceite parafinico (Tritek ®)	10 cc/lt de agua
Fitofortificante a bases de fermento de Lactobacilos (Bioclean ®)	3 cc/lt
Fungicida Bactericida Cúprico 35 WG (Kocide ®)	0.06 kg
Trichoderma ®	0.003kg

### 3.3. METODOLOGÍA ESTADÍSTICA.

#### 3.3.1. Diseño estadístico

El diseño que se utilizó durante el desarrollo de la investigación es un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, la parcela experimental tenía un área de 805 m<sup>2</sup> dividiéndose la parcela en 16 unidades experimentales (figura 1), y cada unidad experimental constaba de 100 plantas, el distanciamiento de siembra fue 1m entre surco y 0.4 m entre planta, el ensayo en total fueron 1600 plantas.

#### 3.3.2. Los tratamientos a evaluar fueron los siguientes:

**Tratamiento 0.** Testigo absoluto

**Tratamiento 1.** Aquí se evaluaron el uso de plaguicidas sintéticos y el manejo agronómico que realiza la empresa Del Tropic Foods al cultivo de okra. (Programa Convencional)

**Tratamiento 2.** Evaluación de tratamientos biológicos – químicos sintéticos combinados. (Programa Biorracional)

**Tratamiento 3.** Evaluación de productos biológicos y químicos no tóxicos.(Programa Alternativo)

#### 3.3.3 El modelo estadístico es el siguiente.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Y<sub>ijk</sub>= Variable en estudio en la observación k del tratamiento i en el bloque j

$\mu$  = Media del experimento

$\alpha_i$  = Efecto del tratamiento i

$\beta_j$  = Efecto del bloque j

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Interacción del tratamiento i con el bloque j

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental de la observación k del tratamiento i del bloque j (Kuehl, 2001).

Las variables que se medirán durante la investigación son las siguientes:

- **Incidencia.** Donde se determinó el número de frutos por tratamientos en cada bloque que presentaron síntomas de la enfermedad, esta variable se empezó a medir desde inicio de cosecha que corresponde a 50 días después de la siembra con una duración de 60 días de cosecha. La fórmula para calcular incidencia es la siguiente:

$$\%I = \text{número de frutos enfermos} / \text{total de frutos} \times 100$$

- **Severidad.** Este se determinó observando el grado de daño en frutos infectados y evaluando estos según una escala diagramática que propuso el Ing. Rivas Flores (Figura 2). La fórmula para calcular severidad es la siguiente:

$$\%S = (\text{tejido dañado} / \text{tejido total}) \times 100$$

Con los datos que se recolectaron durante la cosecha se graficó la curva de progreso de la enfermedad, y en esta se midió el área bajo la curva para conocer las unidades o cantidad de la enfermedad del tratamiento bajo ensayo, en un periodo determinado.

La variable severidad se empezó a medir al inicio de la cosecha a los 50 dds con una escala de daño la cual va desde 0% (fruto sano), hasta 25% (fruto parcialmente dañado), pero con los técnicos y dueño de la empresa de Del Tropic Foods se determinó una escala comercial que va desde 0% hasta 10% donde este fruto está apto para poder ser exportado, con una severidad >10 % hasta 25 % este fruto es descartable totalmente

La toma de muestras se realizó en cada unidad experimental en los tres surcos del centro que corresponden al área útil, se seleccionaron al azar 10 plantas por surco, que fueron; cosechadas y de estas se tomaron aleatoriamente 30 frutos los que fueron evaluadas según escala diagramática (Figura 2) ,el muestreo inició a los 50 días de siembra y se realizó los primeros 15 días a día de por medio hasta los 65 días después de siembra, a partir de ese día se hizo muestreo todos los día hasta los 110 días después de la siembra, y a partir de los 110 días se realizo toma de muestra a día de por medio hasta los 120 días después de siembra, fecha en la que finalizó el ensayo. Los datos a tomar fueron, la cantidad de fruto dañado según la escala diagramática de la muestra de 30 frutos, número total de frutos por repetición y numero de frutos descartados.

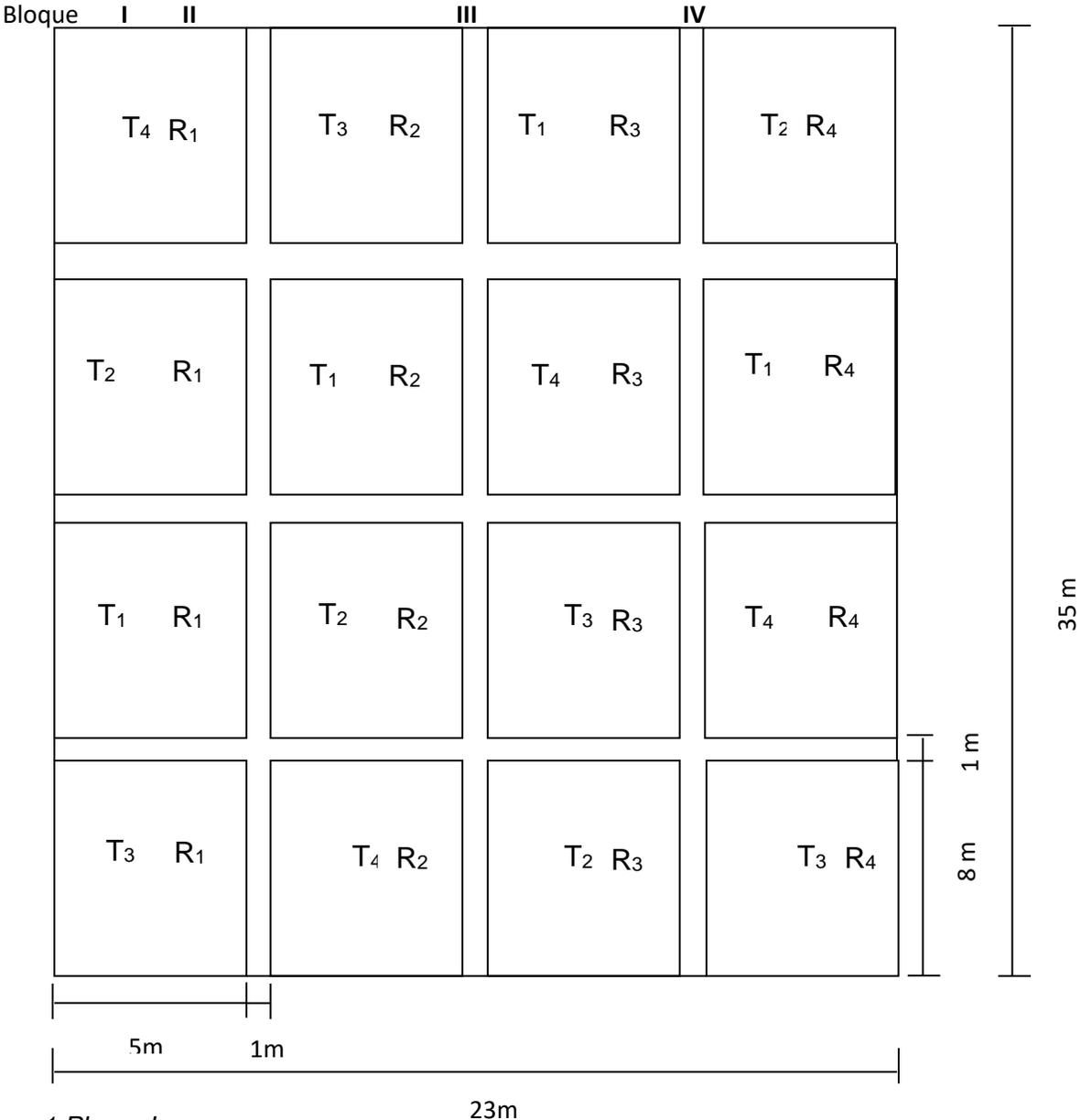


Figura 1 Plano de campo

FRUTO DAÑADO	% DE DAÑO
	0%
	1%
	2%
	3%
	4%
	5%
	10%
	15%
	20%
	25%

Figura 2. Escala diagramática para la evaluación del nivel de severidad en fruto de okra.

Elaboró: Rivas, A. 2016, Docente de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

### 3.4. METODOLOGÍA ECONÓMICA

Es una evaluación económica en la cual programas, servicios, o intervenciones alternativas son comparadas en términos del costo por unidad de manejo: por ejemplo, costo por unidad de rendimiento sin daño, costo por reducción de la incidencia, severidad (cuadro 9), la evaluación económica más recomendable para identificar y cuantificar los costos y los resultados de diversas opciones o procedimientos alternativos de manejo para alcanzar un mismo objetivo, en donde los costos vienen expresados en términos monetarios, y las consecuencias, en unidades físicas o naturales.

A continuación se presentan los fungicidas que se utilizaron en los tratamientos con sus respectivas dosis, aplicaciones, dosis por área así como el precio y el costo por tratamiento (Cuadro 6).

*Cuadro 6. Insumos para tratamiento relativo o convencional*

Productos	Dosis /Ha	Aplicaciones	Dosis / Área de 805 m <sup>2</sup>	Precio Unitario	Costo / tratamiento
LYNX	0.71 l	2	0.12 l	\$54.00	\$6.21
Amistar	0.42 kg	2	0.034 kg	\$350	\$11.9
Orius kg	0.71kg	3	0.04 kg	\$45.56	\$1.82
<b>TOTAL</b>					<b>\$19.93</b>

A continuación se presenta los fungicidas que se utilizaron en el tratamiento biorracional con sus respectivas dosis, aplicaciones, dosis por área así como el precio y el costo por tratamiento (Cuadro 7).

*Cuadro 7. Insumos para tratamiento biorracional*

Productos	Dosis / Ha	Aplicaciones	Dosis / Área de 805 m <sup>2</sup>	Precio Unitario	Costo / tratamiento
Tritek l	2.86 l	4	0.23 l	\$13.00	\$2.97
Bioclean l	1.43 l	1	0.3 l	\$30.00	\$3.00
Bicarbonato de Na kg	2.04 kg	6	0.98 kg	\$5.00	\$0.35
Bellis gr	0.71 kg	2	0.03 kg	\$33.56	\$10.68
Kocide gr	0.71 kg	4	0.06kg	\$14.78	\$0.94
Timorex l	0.71 l	1	0.03 l	\$26.00	\$0.74
<b>TOTAL</b>					<b>\$18.68</b>

A continuación se presentan los fungicidas que se utilizaron en el tratamiento alternativo con sus respectivas dosis, aplicaciones, dosis por área así como el precio y el costo por tratamiento (Cuadro 8).

*Cuadro 8. Insumos para tratamiento alternativo*

<b>Productos</b>	<b>Dosis / mz</b>	<b>Aplicaciones</b>	<b>Dosis / Área de 805 m<sup>2</sup></b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo / tratamiento</b>
Tritek l	2 l	4	0.23 l	\$13.00	\$2.97
Bioclean l	1 l	2	0.07 l	\$30.00	\$2.10
Bicarbonato de Na kg	2.04 kg	5	0.98 kg	\$5.00	\$0.72
Kocide gr	0.71 kg	2	0.03 gr	\$14.78	\$0.47
Excalibur gr	0.43kg	8	0.0018kg	\$16.00	\$0.94
<b>TOTAL</b>					<b>\$7.20</b>

**Nota:** Al tratamiento absoluto no se le aplico ningún fungicida para prevenir o controlar la enfermedad.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1 VARIABLE INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD

La variable incidencia se refiere al número de frutos enfermos entre el total de frutos multiplicado por cien, lo cual indica el porcentaje de frutos dañados por el complejo mancha negra en cada tratamiento. La incidencia es un parámetro epidemiológico utilizado para determinar la fluctuación de la magnitud de la enfermedad en el tiempo, en ningún momento hace alusión en cuanto al grado de daño. La incidencia se utiliza también para evaluar el efecto de los tratamientos en cuanto a la diseminación y presencia de la enfermedad (Figura 3), independientemente del grado de daño (severidad).

La incidencia de mancha negra fue diferente entre los programas fitosanitarios evaluados ( $F_{3,132} = 55.397$ ,  $P < 0.05$ ); siendo el programa sin aplicaciones de fungicidas el que mostró la mayor incidencia mientras que los tratamientos convencional, biorracional y alternativo son estadísticamente similares. La incidencia se comportó de manera diferente entre las semanas de cosecha ( $F_{10,132} = 25.736$ ,  $P < 0.05$ ). Los tratamientos mostraron diferencias en cuanto la incidencia de la enfermedad a través del tiempo ( $F_{30,132} = 8.197$ ,  $P < 0.05$ ). (Figura A-4),

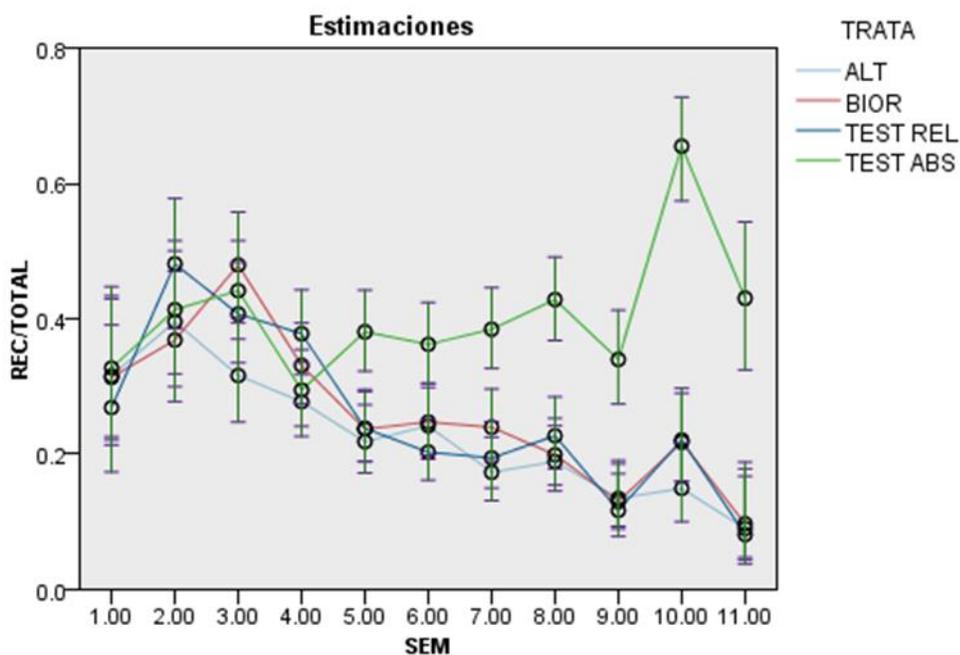


Figura 3. Comportamiento de la variable incidencia en el tiempo

En el gráfico se observa el comportamiento de la variable incidencia por cada uno de los tratamientos en el tiempo (semanas), se observa que durante las semanas 1 -4 la incidencia fue similar en todos, presentando a partir de la semana 5 a la 8 diferencias significativas en comparación con el testigo absoluto.

## 4.2. INCIDENCIA POR TRATAMIENTO

La Incidencia por tratamiento sirvió como un parámetro epidemiológico para poder observar como fue el comportamiento y la diseminación de la enfermedad en cada uno de los tratamientos evaluados.

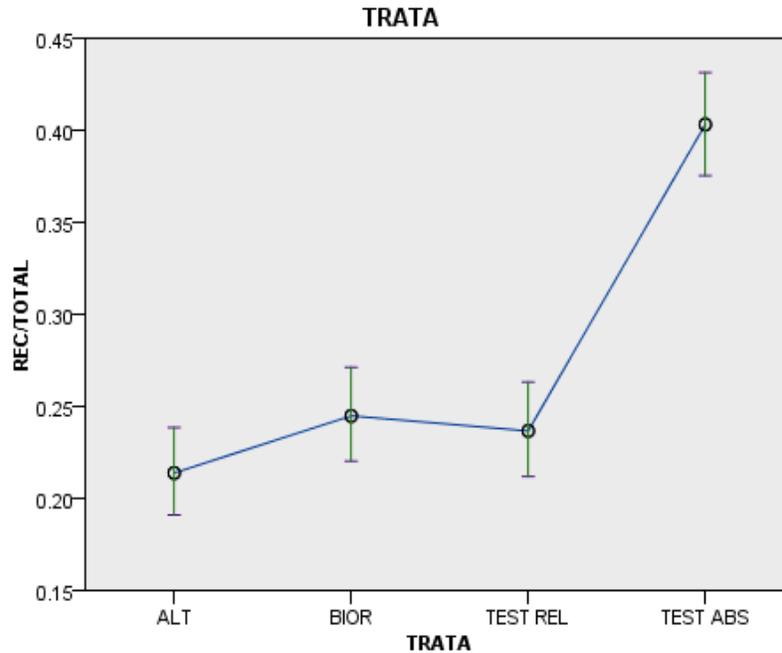


Figura 4. Incidencia por tratamiento

El testigo absoluto presentó la mayor incidencia promedio (40%) y las menores incidencias se observaron en los tratamientos alternativo, biorracional y convencional, se comportaron estadísticamente diferentes con respecto al testigo absoluto (Figura 4).

## 4.3. VARIABLE SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD

La variable severidad se refiere al grado de daño de los frutos enfermos. Esta variable se obtiene de dividiendo el porcentaje de tejido dañado entre el tejido total por cien. Para evaluar la variable severidad se diseñó una escala diagramática la cual fue presentada los técnicos de la empresa Del Tropic Foods con el objetivo de validarla, estableciendo los grados de daño más apropiados y la severidad límite para descarte. La severidad se evaluó en campo observando el grado de daño en cada fruto según la escala diagramática que va desde el 0% (fruto sano) hasta el 25% (fruto parcialmente dañado); se estableció como valor crítico de descarte el 10% de daño. La severidad es un

parámetro epidemiológico que indica la evolución del daño con respecto al tiempo en cada uno de los frutos, estableciéndose un número de frutos dañados en cada uno de los grados de la escala (Figura 5). Esto permite medir el nivel daño comercial aceptable para la planta empacadora. La evaluación de la severidad se realizó de los 50 días después de la siembra hasta los 125 días.

La Severidad de mancha negra fue diferente entre los programas fitosanitarios evaluados ( $F_{3,132} = 15.728$ ,  $P < 0.05$ ); La Severidad se comportó de manera diferente entre los grados de daño de cada cosecha con respecto a la cantidad de frutos y los tratamientos. ( $F_{10,132} = 360.017$ ,  $P < 0.05$ ). Los tratamientos mostraron diferencias significativas en cuanto a la manifestación de los grados de daño observados en los frutos ( $F_{30,132} = 19.015$ ,  $P < 0.05$ ). (Figura A-5).

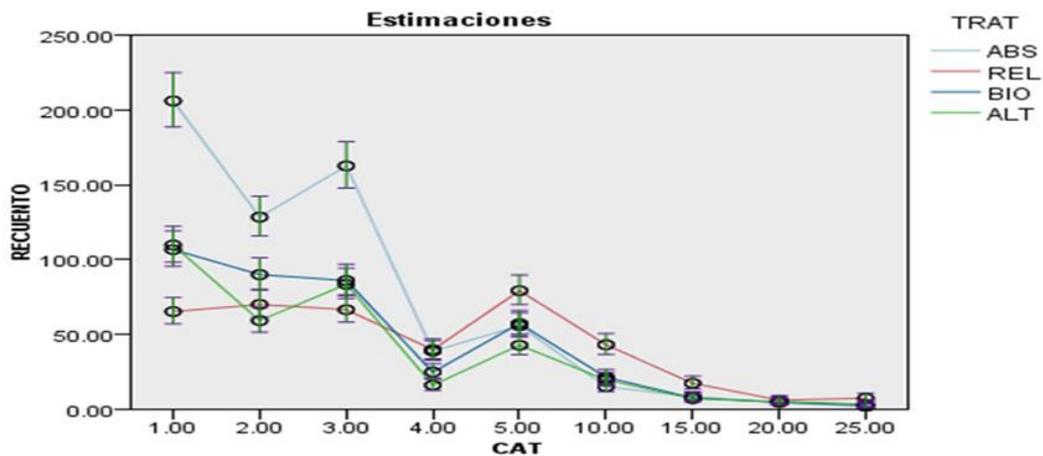


Figura 5. Variable severidad evaluada en campo

El complejo mancha negra externa del fruto de la okra en inicia con la colonización de la bacteria *Pseudomonas* cuyo desarrollo induce un exudado acuoso el cual sirve de sustrato y es un hábitat adecuado para el desarrollo de los hongos *Alternaria* sp y *Cladosporium* sp los cuales se desarrollan y son visibles a partir del 4% de severidad comenzando a observarse pecas negras en el fruto de la okra.

El Testigo absoluto tuvo la mayor cantidad de frutos afectados en la categoría del 1%, 2%, 3% y 4% en comparación a los demás tratamientos (Relativo, Biorracional y Alternativo en donde el comportamiento de la cantidad de frutos afectados fue similar entre ellos), en la categoría del 5%, hasta 25% el Testigo absoluto tuvo la mayor cantidad de frutos afectados en comparación a los demás programas fitosanitarios (Relativo, Biorracional y Alternativo entre los cuales el comportamiento de la cantidad de frutos afectados fue similar)

La severidad fue variable en todos los tratamientos incluyendo al testigo debido a que todos los tratamientos tuvieron efectos sobre el control de la mancha negra, esto se debe al efecto de las cosechas a diario porque los frutos están expuestos menos tiempo a la enfermedad y continuamente se está retirando el inóculo del complejo mancha negra.

#### 4.4. AREA BAJO LA CURVA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (ABCPE)

La curva de progreso de la enfermedad es una variable integradora que determina; el comportamiento de ésta, con respecto al tiempo y refleja el progreso del complejo de la mancha negra en el tiempo (tomando en cuenta la sucesión temporal de microorganismos causales) permite observar cuál de los tratamientos tuvo mayor cantidad de enfermedad en un período determinado de campo (Figura6).

El tratamiento que presentó mayor acumulación promedio de enfermedad fue el testigo absoluto con un promedio de 17%, seguido del tratamiento testigo relativo que tuvo un promedio acumulado de 15%, presentando el menor promedio acumulado de daño el tratamiento alternativo con un nivel de daño acumulado máximo de 10%, similar al nivel crítico comercial.

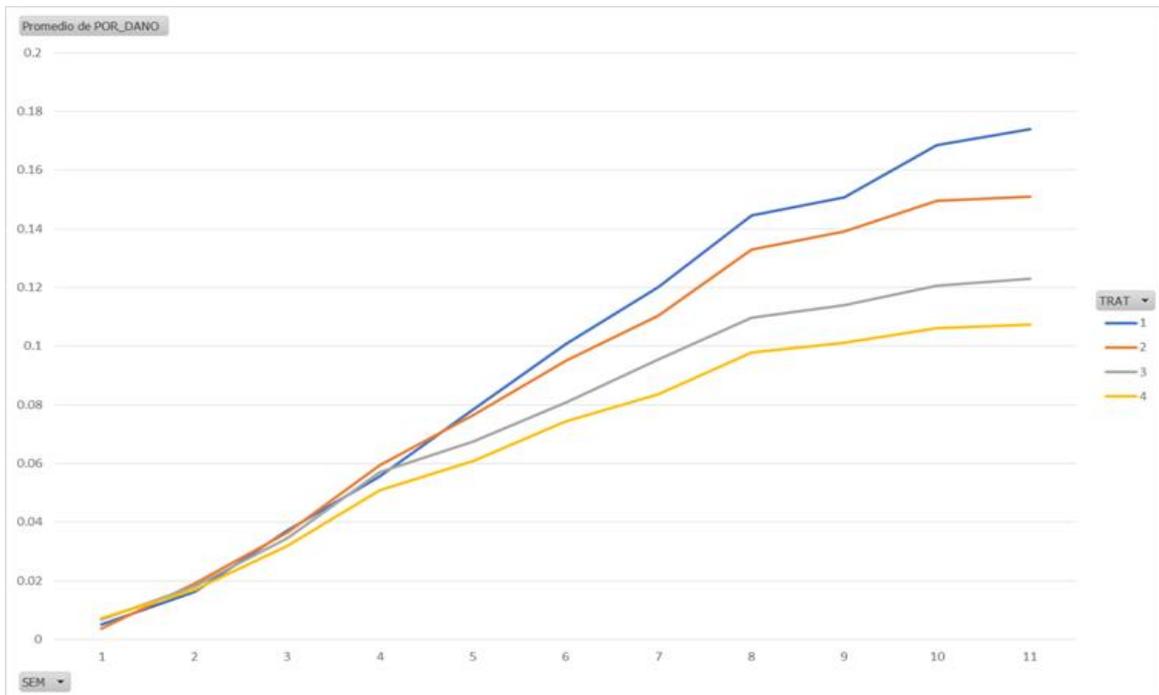


Figura 6. Comportamiento de la enfermedad con respecto al tiempo

#### 4.5. EFECTO PROMEDIO DE LOS TRATAMIENTOS (POR SEMANA).

Los promedios de severidad presentan diferencias significativas entre los tratamientos, presentando el promedio más alto el tratamiento testigo a partir de la segunda semana de cosecha; mientras que los promedios del tratamiento alternativo se comportan de manera decreciente a partir de la primera semana de cosecha, el tratamiento convencional se comporta de forma similar al testigo es decir que presenta incremento en sus promedios incluso en algunas semanas mayor que este, el tratamiento biorracional presento promedios más bajos que los tratamientos Testigo y Convencional, pero mayores que el tratamiento alternativo en la mayoría de semanas de cosechas. El tratamiento que presento menores promedios de severidad, fue el tratamiento alternativo a partir de la cuarta semana, que representa el tiempo de la cosecha diaria (Figura 7).

Los promedios de severidad se presentan a lo largo del ciclo de cosecha, observándose promedios diferentes en los cuatro tratamientos desde la primera semana, mostrando el promedio más alto el tratamiento alternativo, y el menor promedio el testigo absoluto. La severidad disminuyó a partir de la segunda semana en los tratamientos: testigo absoluto, relativo y alternativo, manteniéndose el promedio de enfermedad mayor en el testigo absoluto.

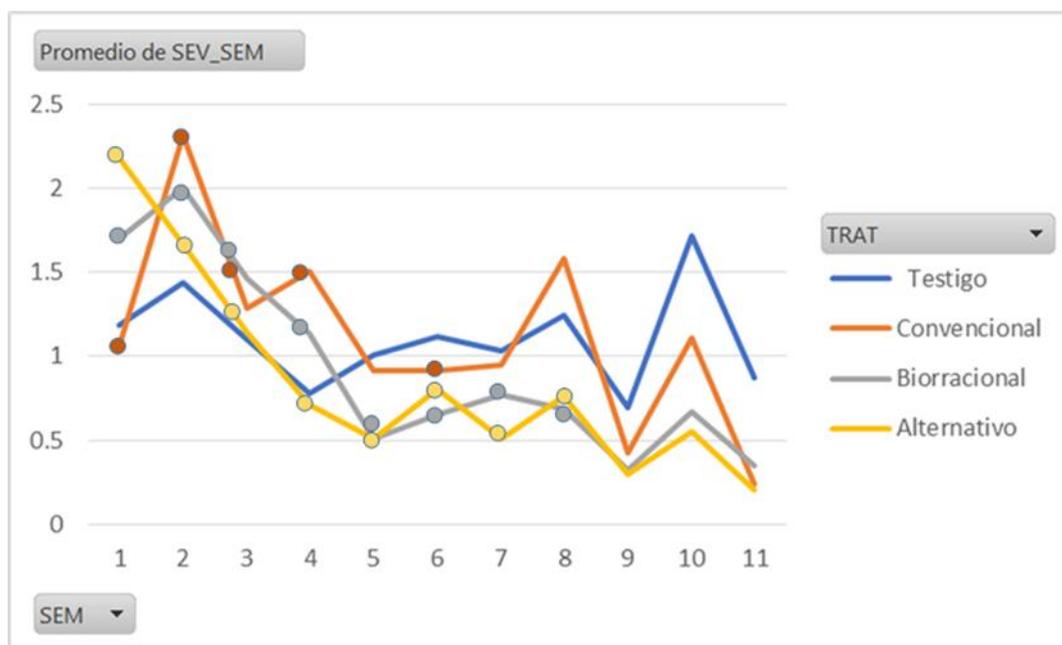


Figura 7. Promedio de severidad entre tratamientos

#### 4.6. ANÁLISIS COSTO-EFECTIVIDAD [Cost - Effectiveness Analysis]

El análisis de costo efectividad, muestra el costo que tiene controlar un porcentaje de la severidad enfermedad de la mancha negra del fruto de la okra, al realizar dicha valuación se obtuvo que el tratamiento convencional tuvo un costo de \$7.97 para controlar un grado de severidad, el tratamiento biorracional de \$6.87 y el tratamiento alternativo de \$5.32 (Cuadro 9), determinandose de esta manera el menor costo es el tratamiento alternativo.

Tratamiento	Severidad Máxima (%)	Efectividad (%)	Costo (\$)	Indice C/E
Testigo	17,0	83,0	0	—
Convencional (Químico)	15,0	85,0	677,72	7,97
Biorracional	12,0	88,0	605,10	6,87
Alternativo	10,0	90,0	479,00	5,32

Figura 8. Análisis costo – efectividad de los tratamientos

El C/B = 5,32 es la mejor opción de manejo en términos económicos. Refiere el costo del manejo de la enfermedad, por unidad de severidad en el cultivo, durante el ciclo evaluado

## **4.7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.7.1. Efecto de los tratamientos sobre la variable incidencia.**

Según los resultados obtenidos los tratamientos alternativo, biorracional y convencional presentaron más baja incidencia que el testigo absoluto, sus efectos fueron estadísticamente similares sobre esta variable, lo cual indica que mantuvieron la enfermedad a nivel manejable (menor al 25%), esto debido a que el efecto de los productos utilizados mantuvieron la diseminación y presencia de la enfermedad a niveles bajos, mientras que si no se aplica ninguno de los tratamientos hay más presencia de la enfermedad y mayor cantidad de frutos enfermos.

La variable incidencia indica el comportamiento de la enfermedad en el ciclo del cultivo representando la fluctuación de frutos enfermos durante la cosecha, pero la que nos indicara cual fue el tratamiento que controló mejor la enfermedad será la variable severidad, la incidencia representará la presencia de la enfermedad en el cultivo pero no refleja el daño económico o descarte de fruto.

Los niveles de incidencia se mantuvieron abajo del 25% por efecto de cosecha diaria que impide que frutos enfermos se mantengan dentro del cultivo, reduciendo el tiempo de exposición de los frutos al inoculo.

### **4.7.2. Efecto de los tratamientos sobre la variable severidad.**

Para evaluar la variable severidad se trabajó con una escala diagramática con valores de 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 y 25%. Se determinó como valor crítico el 10% de severidad (severidad de descarte).

Los resultados obtenidos en la variable severidad muestran que durante las primeras 2 semanas de cosecha los niveles de severidad se mantienen altos en todos los tratamientos debido a que se comenzó la cosecha día de por medio pasando los frutos más tiempo expuestos a los patógenos en el ambiente, luego se pasó a la modalidad de cosechar todos los días y los niveles de severidad disminuyen en los tratamientos ya que los frutos se exponen menos a los patógenos que se encuentran distribuidos en el ambiente.

El tratamiento alternativo mostró un mayor control de la enfermedad como efecto de la utilización de productos como Bicarbonato de sodio el cual tiene propiedades bactericidas y fungicidas y *Trichoderma* el cual es un hongo antagonista, pero que también tiene propiedades como inductor de resistencia.

#### 4.7.3. Determinación de la calidad comercial del fruto de la okra a través del (ABCPE).

Para la determinación de la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) se utilizó la variable severidad por ser la que determina la calidad comercial del fruto. La evaluación se realizó de los 50-120 días después de la siembra.

El efecto de los programas fitosanitarios evaluados para controlar la mancha negra del fruto de la okra, se observa por la acumulación de la enfermedad durante el ciclo de cosecha. El tratamiento alternativo mantuvo un nivel de severidad menor al 10% (similar al valor crítico de descarte), lo cual aunque los frutos estaban enfermos no se descartan ya que están abajo del nivel crítico. Este resultado se atribuye a que en los primeros estadios de la enfermedad (50 dds) se hizo aplicación de bicarbonato de sodio el cual impidió el desarrollo del complejo bacteria hongos lo cual mostró un nivel comercial aceptable.

Los tratamientos testigo absoluto y convencional (químico) presentaron niveles de severidad máximos de 17.00% y 15.00% respectivamente, lo que indica que la empresa da un tratamiento a no hacer ningún tipo de medida de control, gastando recursos económicos, mano de obra e impactando negativamente en el ambiente. Una hipótesis para explicar el fenómeno observado es que la empresa ha utilizado durante muchos años los mismos ingredientes activos para el manejo del problema, generando probablemente algún grado de resistencia en los microorganismos involucrados. Además los ingredientes activos utilizados no tienen efecto bactericida solamente fungicida.

El tratamiento biorracional (combinación de químicos y alternativo) presentó una severidad máxima acumulada del 12%, lo cual es muy bueno porque se sitúa dos puntos arriba del nivel crítico, indicando que el nivel de descarte es relativamente bajo. Esto es debido al efecto que se puede observar en los productos aplicados, tal es el caso del bicarbonato de sodio que se aplicó en los tratamientos biorracional y alternativo, pero marcan la diferencia en el porcentaje de severidad para el programa alternativo el *Trichoderma sp.* que por su efecto de crear resistencia en las plantas y el Bioclean (Fitofortificante a base de fermento de *Lactobacillus*) inducen resistencia a las plantas y tiene efecto antibacterial y fúngico, haciendo menos susceptible a la plantas a medida que avanza su ciclo de cultivo; diferente el caso del programa biorracional que aplica Timorex y Bellis estos por su modo de acción sistémico (multisitio) sobre los hongos, sin efecto sobre la enfermedad que inicia por una infección bacteriana, dando la diferencia porcentual de severidad entre ellos.

#### 4.7.4. Comportamiento de la enfermedad a partir del Efecto promedio de los tratamientos (por semana)

Durante las primera semanas de cosecha se pudo observar que los tratamientos mostraron similar promedio de severidad (11%-22%) pero a medida avanzó el desarrollo del cultivo y la aplicación de los productos en los diferentes programas fitosanitarios, se evidenció que el promedio disminuyó en el tratamiento alternativo, principalmente entre la segunda, tercera, cuarta y quinta semana donde se utilizaron insumos como el Bicarbonato de Sodio el cual da una protección promedio de 7 días al cultivo (según observado en las gráficas), el Aceite parafinico (Tritek ®) es un coadyuvante que se mezclaba junto con el Bicarbonato de Sodio con el propósito de prolongar el efecto de protección a un periodo promedio de 10 días. Se aplicó un Fitofortificante a base de fermento de *Lactobacillus* (Bioclean ®) el cual es un producto que actúa contra hongos y bacterias patógenas, además estimula las defensas de las plantas y se aplicó también el Fungicida Bactericida Cúprico (Kocide 35 WG ®) el cual es un producto que se debe de utilizar de forma preventiva para evitar que las esporas de los hongos se establezcan y se propaguen, además por ser un producto a base de cobre afecta la membrana externa de la bacteria haciendo que esta pierda nutrientes ocasionando un debilitamiento general hasta que desaparece totalmente del hospedero (cultivo) . Estos productos se aplicaron por separado proporcionando una protección de 10 a 12 días. También se aplicó el hongo *Trichoderma* con propiedades antagonistas y estimula la defensa de las plantas, este se aplicó en combinación con Aceite parafinico (Tritek ®) el cual es un coadyuvante, que prolonga el efecto del hongo y lo protege de las condiciones medio ambientales por un promedio de 12 días.

En el tratamiento biorracional a medida avanza la implementación de los programas fitosanitarios se observa que disminuye el efecto de los promedios debido al modo de acción de los insumos utilizados esto se puede percibir entre la segunda, tercera, cuarta y quinta semana de cosecha. El Bicarbonato de Sodio (modo de acción desconocido), el Aceite parafinico (Tritek ®) es un coadyuvante que se mezclaba junto con el Bicarbonato de Sodio con el propósito de prolongar el efecto y control contra patógenos por un periodo de 10 días, también se utilizó Aceite de Árbol de Té (Timorex Gold ®) el cual es un fungicida natural que inhibe el desarrollo de la germinación de esporas, luego se aplicó Fungicida Bactericida Cúprico 35 WG (Kocide ®). Estas aplicaciones dieron un rango de protección promedio de 10 días al cultivo. Posteriormente se aplicó Boscalid + Piraclostrobina 38 WG (Bellis ®) el cual es un fungicida que combina dos ingredientes para un mayor efecto de choque y protección contra hongos patógenos que afectan a diferentes cultivos otorgándole a la planta una protección de 10 a 15 días cuando se aplicaba simultáneamente con el Fungicida Bactericida Cúprico 35 WG (Kocide ®)

La variación que presentan los promedios de severidad semanal también se puede deber la condición genética de la variedad de okra y al comportamiento natural y patrón de distribución de inóculo de cultivo presente en las diferentes unidades experimentales, es necesario atribuir cierta variación a los efectos de las condiciones climáticas, que

enmarcan la estación experimental y de prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, ya que la severidad se ve en aumento después de periodos de lluvia intensa o de viento extremo debido a que brindan fácil dispersión del inoculo.

#### **4.7.5. Determinación de costo - efectividad de los tratamientos**

El tratamiento alternativo presento el menor índice efectividad entre los tres tratamientos evaluados, esto como resultado a las variaciones en los costos que tienen los insumos. Los costos están directamente relacionados con el tratamiento de manejo de la enfermedad, con el daño comercial aceptable que permiten que la enfermedad sea manejable por una menor cantidad de productos descartados y manteniendo la producción en los diferentes tratamientos a un nivel aceptable.

En el cuadro 9 se muestran los diferentes índices de costo-efectividad, relacionados a los diferentes tratamientos; mostrando el menor índice el tratamiento alternativo con 5.32 dólares de costo de manejo por grado porcentual de severidad, aportando adema de una perdida de frutos por descarte ya que se asocia a una severidad del 10, que se sitúa en el límite crítico de descarte.

## 5. CONCLUSIONES

Se identificó que el uso de fungicidas por la empresa no se enfoca en el colonizador inicial que es una bacteria.

La aplicación de fungicidas al inicio de la enfermedad permite a la bacteria un establecimiento y desarrollo patogénico.

El programa fitosanitario utilizado por la empresa no tiene efecto sobre la enfermedad; ya que su intensidad es similar a no aplicar nada.

La enfermedad se puede manejar de una forma eficiente con productos biológicos y de baja toxicidad.

El costo de los programas con parte o totalmente alternativo es menor que el programa convencional (estrictamente químico-sintético).

Los programas biorracional y alternativo tienen un menor riesgo de resistencia, debido al modo de acción de los insumos utilizados.

La sostenibilidad económica y ambiental es favorecida por el uso de programas alternativos (totales o parciales)

## **6. RECOMENDACIONES.**

Se debe utilizar productos con propiedades antibacteriales, en la etapa de prefloración.

Se recomienda el uso de productos biológicos y químicos de baja toxicidad.

Hacer un control adecuado de malezas e insectos.

Realizar monitoreos frecuentes, para el manejo de insectos, y otras plagas en la etapa de crecimiento de la okra.

Al implementar el programa alternativo debe seguir la programación y la dosis presentada en este proyecto.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

**CYMMIT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo,ME), 2004.** Enfermedades del Maíz: Una guía para su identificación en campo, Cuarta edición. (En Línea) México, D.F. Consultado 26 de mayo 2016. Disponible en <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/812/94349.pdf>

**Domsch, K. y Gams, W.1972.**Fungi in agricultural soils.Alemania. Longman Group Limit, 287.p

**Duzyamman, E.1997.** Okra.Botany and horticultura.1. Ed. North Carolina.United States. 40 p.

**FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT), 2013.** El cultivo de tomate con buenas prácticas Agrícolas en la agricultura urbana y periurbana. (En Línea) Paraguay. Consultado 26 de mayo de 2016. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3359s.pdf>

**Fatima, M; Batool, H; Vigar, S; Ara, J; Haque, S. 2009.**Prevalence of post – harvest rot of vegetables in Kirachi, Pakistan. Pak. J. Bot, 41(6): 3185 – 3190

**FUNDESYRAM. (Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental, SV). 1994.** Manchas foliares por alternaria sp en Loroco. San Salvador. El Salvador. P.2-6.

**Icochea, A. 1997.** Enfermedades Fungosas Y Bacterianas de Raíces y Tubérculos Andinos. (En Línea).Perú, CIP. Consultado el 20 de mayo de 2016. Disponible en [https://books.google.com.sv/books?id=aWqVf5C7qoC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.sv/books?id=aWqVf5C7qoC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).

**Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). 2006.** Guía práctica para la exportación de Okra a los Estados Unidos. Managua. Nicaragua.

**Kuehl, RO. 2001.** Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones. Diseño de experimentos. 2. Ed. México. Thomson. 680 p.

**López Guillen , M. 2016.** Cultivo de okra en El Salvador (Entrevista). San Salvador, SV. Del tropic foods. (Email: [mauricio.lopezguillen@gmail.com](mailto:mauricio.lopezguillen@gmail.com)).

**Miladinovic, T. 2007.***Cladosporium, sp*, Cause Opportunistic Mycoces, (En Línea) FAC MED NAISS, Consultado 19 de mayo 2016, Disponible en <http://publisher.medfak.ni.ac.rs/AFMN/2007/1-broj/cladosporium%20spp.pdf>

**Moreno Valencia, MM ; Valencia, AM; Murillo, RM. 2007.** Cultivo de la okra en España. (En línea). Madrid, ES. 24 p. Consultado el 3 de mayo de 2016. Disponible en: [http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_2007\\_2126a.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_2007_2126a.pdf)

**Pitt, J y Hocking, A. 2009,** Fungi and Food Spoilage, tercera edición, (En Línea) London, NY, Consultado 27 de mayo 2016, Disponible en <http://libcatalog.cimmyt.org/download/general/98941.pdf>

**Rivas Flores, A. 2016.** Programa fitosanitario en el cultivo de okra (Entrevista). San Salvador, SV. Universidad de El Salvador. (Email: awrivas@yahoo.com).

**Rivera Coto, G.1991,** Conceptos introductorios a la fitopatología (En línea). 10 ed. San José. Costa Rica. EUNED. Consultado el 17 de mayo de 2016. Disponible en: <https://books.google.com.sv/books?isbn=9968310425>.

**Sharma, DK ; Jain, VK ; Jain, R and Sharma, N. 2013.** International Journal of Innovative Research and Review ISSN: 2347 – 4424. (En línea). An Online International Journal Disponible en : <http://www.cibtech.org/jirr.htm>. Vol. 1(1) July-September.P.27-34.

**Watt, BK; Merilla, AL.1975.** Composition of food. Agricultural handbook. 8. Ed. Washington, D.C. Department of Agriculture. 197 p.

**Zapata, JC; Mendoza, L. 1994.** Guía para el diagnóstico y control de enfermedades en cultivos de importancia económica. 3 ed. Honduras, Lehmann. 290 p.

## 8. ANEXOS

*Figura A- 1.Laboreo de Suelo*



*Figura A- 2.Fertilización al suelo*



*Figura A- 3.Cosecha y diagnóstico de frutos*



Figura A- 2. Tabla de efectos fijos para variable incidencia

Origen	F	df1	df2	Sig.
<b>Modelo corregido ▼</b>	14.216	43	132	.000
<b>TRAT</b>	55.397	3	132	.000
<b>SEM</b>	25.736	10	132	.000
<b>SEM*TRAT</b>	8.197	30	132	.000

Distribución de probabilidad: Binomial  
Función de enlace: Logit

Figura A- 3. Tabla de efectos fijos para variable severidad

<b>Efectos fijos</b>				
<b>Destino: RECUENTO</b>				
Origen	F	df1	df2	Sig.
<b>Modelo corregido ▼</b>	120.777	35	108	.000
<b>TRAT</b>	15.729	3	108	.000
<b>CAT</b>	360.017	8	108	.000
<b>TRAT(CAT)</b>	19.015	24	108	.000

Distribución de probabilidad: Poisson  
Función de enlace: Log