



**Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Agronomía**

**Trabajo de graduación**

**Progreso temporal del mildiú vellosa [*Pseudoperonospora cubensis* (Berkeley & MA Curtis) Rostovzev] en pepino (*Cucumis sativus* L.) manejado con fungicidas sintéticos, biológicos e inductores de resistencia**

**Autores**

**Br. Jesbeling Lorena Cruz Arróliga  
Br. Claudia Vanessa Centeno Gómez**

**Asesor**

**Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz**

**Managua, Nicaragua**

**Agosto 2017**



**Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Agronomía**

**Trabajo de graduación**

**Progreso temporal del mildiú vellosa [*Pseudoperonospora cubensis* (Berkeley & MA Curtis) Rostovzev] en pepino (*Cucumis sativus* L.) manejado con fungicidas sintéticos, biológicos e inductores de resistencia**

**Autores**

**Br. Jesbeling Lorena Cruz Arróliga  
Br. Claudia Vanessa Centeno Gómez**

**Asesor**

**Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz**

Presentado al honorable tribunal examinador como requisito final para optar al grado de Ingeniero en Sistemas de Protección Agrícola y Forestal

**Managua, Nicaragua**

**Agosto 2017**

## 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 parcial para optar al título profesional de:

Ingeniero en Sistemas de Protección Agrícola y Forestal

### Miembros del Tribunal Examinador

Ing. MSc. Rosario Chavarría Sánchez

Presidente

Ing. MSc. Ivania Zeledón Castro

Secretario

Ing. MSc. Harold Argüello Chávez  
Vocal

Managua, Nicaragua, 28 de Julio 2017

## INDICE DE CONTENIDO

<b>Sección</b>	<b>Página</b>
DEDICATORIA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE DE CUADROS .....	iv
INDICE DE FIGURAS .....	v
INDICE DE ANEXOS .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCION .....	1
II. OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivo general.....	5
2.2. Objetivos especificos .....	5
III. MATERIALES Y METODOS.....	6
3.1. Ubicación del área de estudio .....	6
3.2. Diseño metodológico .....	6
3.4. Manejo del experimento .....	8
3.6. Variables evaluadas .....	10
3.7. Análisis de datos .....	12
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
4.1. Intensidad del mildiú veloso.....	13
4.1.1. Verificación de la etiología de la enfermedad.....	13
4.2. Efecto del mildiú veloso sobre los parámetros de rendimiento.....	23
V. CONCLUSIONES .....	30
VI. RECOMENDACIONES .....	31
VII. LITERATURA CITADA .....	32
VIII. ANEXOS .....	37

## DEDICATORIA

A Jehová por darme la sabiduría para culminar mi carrera, por la vida y el entendimiento para enfrentar las diferentes dificultades que he tenido a lo largo de mi vida, por ser mi guía, mi ejemplo y mi protector, gracias por amarme, gloria y honra para ti.

A mis padres Clemente Zamora y en especial a mi madre Lorena Sánchez por ayudarme y brindarme sus consejos y sobre todo darme su amor y su confianza.

A mi hermanita Jasuara Belén Cruz por brindarme esa alegría que me contagia todos los días, a todos mis tíos y tías que de alguna u otra manera me han apoyado y a todas las personas que me han apoyado y han estado conmigo cuando los he necesitado.

Muchísimas gracias los amo

Br. Jesbeling Lorena Cruz Arróliga

*"Sólo una cosa convierte en imposible un sueño: el miedo a fracasar"* (Paulo Coelho)

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de tesis está dedicado primeramente a DIOS todo poderoso, por brindarme fuerza y actitud para enfrentarme ante las adversidades que la vida me pone en frente y darme sabiduría, perseverancia y entendimiento para alcanzar mis metas propuestas. Gracias Dios por estar siempre conmigo en mis batallas Tú no me has abandonado.

A mis padres Jesús Centeno y María de Jesús Gómez, por sus constantes consejos a lo largo de mi vida y por su grandísimo esfuerzo por proporcionarme mis estudios para que yo lograra culminar mi carrera, los Amo.

A mi hermana Cristhian Jordana Centeno Gómez por sus regaños y consejos Te Amo.

A todas las personas que de alguna manera influyeron para que yo llegara a culminar mi carrera.

Br. Claudia Vanessa Centeno Gómez

"He peleado la buena batalla, he acabado la carrera, he guardado la fe" (2 Timoteo 4:7-8)

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a Jehová por haberme permitido la vida, el tiempo para realizar este trabajo y poder coronar con éxito mi carrera.

A mis padres por brindarme su apoyo constante, sacrificio honestidad y perseverancia.

A nuestro asesor: Jorge Ulises Blandón Díaz por tenernos toda la paciencia del mundo, por brindarnos su apoyo y su tiempo en cada una de las etapas de la realización de este trabajo.

A todos los docentes que nos impartieron sus conocimientos a lo largo de nuestra carrera, especialmente al Lic. Msc Isaías Sánchez Gómez por brindarnos su colaboración.

A todo el personal del CENIDA por brindarnos su colaboración en la búsqueda de información.

También agradecemos el apoyo brindado en algunas actividades realizadas en el campo por el trabajador Walter Ramírez, de la finca el plantel, Universidad Nacional Agraria.

Gracias Universidad Nacional Agraria por haberme abierto las puertas de su alma mater Ingeniería en Sistema de Protección Agrícola y Forestal y formar parte de su elenco profesional.

Br. Jesbeling Lorena Cruz Arróliga y Br. Claudia Vanessa Centeno Gómez

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Descripción de los tratamientos que se evaluaron en el experimento	7
2.	Criterios para la selección del modelo logístico como el modelo que mejor ajustó los datos del progreso temporal de mildiú veloso en el cultivo de pepino cv. Tropicuke II.	20
3.	Valores promedios de peso (gramos), longitud (cm) y diámetro (cm) de frutos de	23
4.	Análisis de presupuesto parcial tratamientos para el manejo de mildiú veloso en el cultivo de pepino cv. Tropicuke II.	26
5.	Análisis de dominancia en tratamientos ensayados para el manejo de mildiú veloso en el cultivo de pepino cv. Tropicuke II.	26
6.	Tasa de retorno marginal (TRM) de cada uno de los tratamientos evaluados en el patosistema <i>Cucumis sativus</i> – <i>Pseudoperonospora cubensis</i> .	27

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Diagrama de área estandar para la evaluación de mildiú veloso en cucurbitáceas (Michereff et al., 2009).	11
2.	Esporangios ovoides con presencia de zoosporas enquistadas (A) y esporangióforos ramificados con esterigmas y esporangios en sus puntos terminales (B).	13
3.	Incidencia de mildiú veloso ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> ) en el cultivo de pepino cv. Tropicuke II a través del tiempo.	14
4.	Severidad de mildiú veloso ( <i>P. cubensis</i> ) en el cultivo de pepino a través del tiempo (días después del trasplante).	15
5.	Área bajo la curva de progreso de mildiú veloso (ABCPMV) a través del tiempo de evaluación de la enfermedad en los tratamientos.	17
6.	Progreso de la enfermedad en el tiempo (días después del trasplante) medido a través del área bajo la curva de progreso de mildiú veloso (ABCPMV).	17
7.	Representación de la interacción entre tratamientos y bloques (repeticiones) para la variable área bajo la curva de progreso de mildiú veloso (ABCPMV).	18
8.	Tasa de incremento ( $r$ ) de mildiú veloso ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> ) en el cultivo de pepino manejado con diferentes tratamientos.	21
9.	Relación entre la humedad relativa y la severidad de mildiú veloso ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> ) en el cultivo de pepino.	22
10.	Valores de rendimiento promedio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de pepino cv. Tropicuke II cultivado bajo de forma convencional y dos tratamientos alternativos.	24
11.	Relación entre los valores promedios de rendimiento en el cultivo de pepino ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y los valores promedios de severidad de mildiú veloso (%).	25

## INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1.	Plano de campo de la parcela del cultivo de pepino ( <i>Cucumis sativus</i> L)	37
2.	Establecimiento del semillero del cultivo de pepino (llenado de bandejas – A; plántulas de pepino – B; aplicación del insecticida Renova 25 WG – C).	38
3.	Establecimiento del cultivo Tres semanas – A; Cultivo a los tres meses – B.	39
4.	Aplicación de <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i> para el manejo de plagas de suelo (Restos de la preparación – A; Llenado de bomba con la solución para aplicar al cultivo de pepino – B).	40
5.	Análisis de varianza de la incidencia de MV en pepino (trat-ddt)	41
6.	Análisis de varianza de la severidad de mildiú veloso	42
7.	Análisis de varianza para el área bajo la curva de progreso de mildiú veloso	43
8.	Parámetros para la comparación de modelos y análisis de las epidemias de mildiú veloso en el cultivo de pepino.	44
9.	Análisis de varianza para el peso total (kg ha <sup>-1</sup> )	45

## RESUMEN

El mildiú veloso una enfermedad causada por el oomicete *Pseudoperonospora cubensis* es una de las principales enfermedades en el cultivo de las cucurbitáceas. La aplicación de productos químicos es la forma de control más utilizada, sin embargo, las nuevas tendencias están dirigidas hacia un manejo integrado de la enfermedad. Por lo tanto, el objetivo de estudio fue generar información sobre la dinámica temporal del mildiú veloso en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo la influencia del manejo con fungicidas sintéticos, biológicos e inductores de resistencia. Se estableció un experimento con diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. El primer tratamiento consistió en la aplicación de un producto biológico en alternancia con un producto botánico, en el segundo tratamiento se aplicó un fosfito de potasio en alternancia con óxido de silicio como inductores de resistencia y un tercer tratamiento consistió de parcelas manejadas de forma convencional y que sirvió de testigo. Se evaluaron variables de rendimiento, variables epidemiológicas y se realizó un análisis económico. Según el análisis de varianza, no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados con respecto a la severidad de mildiú veloso. Se encontró diferencias significativas en los períodos de evaluación y la severidad de la enfermedad. El modelo que mejor ajustó los datos de progreso temporal de la enfermedad fue el modelo logístico por lo tanto permitió conocer la tasa de progreso de la enfermedad. El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre tratamientos en cuanto al rendimiento promedio, el cual fue más alto en las parcelas tratadas con el producto botánico y el producto biológico. De manera general se puede concluir que el mejor tratamiento fue el producto biológico y el botánico ya que influyeron negativamente sobre el progreso temporal del mildiú veloso e influyeron positivamente sobre el rendimiento.

Palabras claves: *Pseudoperonospora cubensis*, epidemiología, resistencia inducida

## ABSTRACT

The downy mildew disease caused by the oomycete *Pseudoperonospora cubensis* is one of the major diseases affecting cucumber crop. The fungicide application is the most used form of control, however, new trends point towards an integrated management of the disease. Therefore, the objective of the study was to generate information on the temporal dynamics of the downy mildew in cucumber (*Cucumis sativus* L.) under the influence of management with synthetic fungicides, biological and botanical products and resistance inducers. An experiment with a randomized complete block design with three treatments and three replicates was established. The first treatment consisted in the application of a biological product in alternation with a botanical product, in the second treatment a potassium phosphite was applied in alternation with silicon oxide as resistance inducers and a third treatment consisted of plots managed in a conventional way and used as a control. Variables of potential yield and epidemiological variables were evaluated and an economic analysis was performed. According to the analysis of variance, no significant differences were found between the evaluated treatments with respect to the downy mildew severity. Significant differences were found between evaluation periods and disease severity. The model that best fitted the data of disease temporal progress was the logistic model, thus allowing to know the disease progress rate. The analysis of variance detected significant differences between treatments in terms of average yield, which was higher in the plots treated with the botanical and the biological product. In general, it can be concluded that the best treatment was the biological product applied in alternation with the botanical one, because they negatively influenced the downy mildew temporal progression and had a positive influence on crop yield variables.

Keywords: *Pseudoperonospora cubensis*, epidemiology, induced resistance

## I. INTRODUCCION

Las plantas comúnmente conocidas como cucurbitáceas o calabazas de la familia botánica Cucurbitaceae incluye una serie de especies cultivadas de importancia económica global o local. El pepino (*Cucumis sativus* L.) es el cuarto vegetal más importante del mundo (Lv *et al.*, 2012). El pepino tiene su centro de origen en la India (Sebastian *et al.*, 2010) y surgió probablemente de las faldas de la montaña Himalaya, en donde sus únicas dos variedades botánicas fueron descubiertas, a saber, el pepino domesticado *Cucumis sativus* var. *sativus* y el pepino salvaje *Cucumis sativus* var. *hardwickii* (Royle) Alef.

Aunque el pepino se produce utilizando propagación vegetativa, la especie tiene una diversidad genética sustancial en diferentes condiciones agroclimáticas (Innark *et al.*, 2013). Algunos germoplasmas de pepino están bien adaptados a ambientes específicos como resultado de la selección artificial y natural. Los linajes clonales actuales muestran una diversidad notable de rasgos agrícolas, incluyendo el color, forma, nervadura, diámetro, brillo de la piel de la fruta, color y tipo de la espinas de la fruta y la resistencia al estrés (Meglic y Staub, 1996; Staub *et al.*, 1997).

A pesar de la importancia alimentaria de estas hortalizas, es uno de los rubros menos sembrados, debido a que tienen muchos problemas fitosanitarios como plagas y enfermedades que son factores biológicos que interfieren en el desarrollo y la producción, como es en el caso de las cucurbitáceas que están relacionadas con una gran incidencia de pulgones, mosca blanca y minador de la hoja, así como el mildiu polvoso y mildiú veloso, que encarecen la producción de estas hortalizas (Jirón y Jirón, 2014).

En Nicaragua a lo largo de la historia las cucúrbitas se han convertido en un alimento tradicional y cultural muy importante en la dieta alimenticia, más de 30 mil productores se dedican a la actividad hortofrutícola establecidas en pequeñas áreas cuyo destino es para el consumo y principalmente para el mercado interno (Valle y Moran 2012). En Nicaragua la siembra de cucúrbitas está en manos de pequeños productores que tienen en promedio de

área sembrada 1.5 manzanas y que generalmente lo utilizan para el auto-consumo, aunque se conoce poco sobre el valor nutricional de estas hortalizas. En la actualidad organismos no gubernamentales, hacen enormes campañas para mejorar la calidad alimentaria de la población nicaragüense a través de la diversificación de los alimentos donde se incluyen especies de las cucurbitáceas como: ayote, chayote, pipián, calabazas, zapallos y otros. Estas cucúrbitas son ricas en vitaminas A, tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico (Jirón y Jirón, 2014).

Entre las plagas insectiles más importantes que atacan al pepino se encuentran los trips (*Frankliniella occidentalis*), mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn), áfidos (*Aphis gossypii*), barrenadores del fruto (*Diaphania hyalinata* y *D. nitidalis*) (Salvador, 2015; Zamudio y Felix, 2014).

Las principales enfermedades que afectan al cultivo de cucurbitáceas y especialmente al pepino son mal del talluelo o damping off (*Phytophthora spp*, *Pythium spp* y *Fusarium spp*), mildiú vellosa (*Pseudoperonospora cubensis*), mildiú polvoriento (*Erysiphe cichoracearum*), mancha angular (*Pseudomonas syringae* p.v. *lachrymans*) (Fernández, 2015; Hortomallas, 2015; González, 2010; Arias, 2007).

La enfermedad debida al oomicete *Pseudoperonospora cubensis* es una de las más graves de las Cucurbitáceas, siendo observada por primera vez en Cuba en 1868. Veinte años más tarde aparece en Japón, estando actualmente bien implantada en numerosas regiones húmedas, de la India, China, Rusia, Australia y las Antillas. Igualmente ha sido señalada en muchos países europeos como Austria, Italia, Alemania, Inglaterra y más recientemente en los Países Bajos. En Francia fue señalada por Rouxel en otoño de 1971, de donde probablemente pasó a España peninsular (Berk y Curt Rost. 1980).

El mildiú vellosa una enfermedad causada por el oomicete *Pseudoperonospora cubensis* es una de las principales enfermedades en el cultivo de las cucurbitáceas (Blake 2007). El mildiú vellosa afecta a las plantas de todas las edades. Aunque la enfermedad sólo infecta follaje, una reducción de la actividad fotosintética temprano en los resultados de desarrollo de la planta, retrasando el crecimiento y la reducción del rendimiento especialmente en el pepino presenta defoliación prematura, puede resultar en quemaduras de sol de la fruta debido a la

sobreexposición a la luz solar directa, los síntomas de la infección por el mildiu se muestran diferentes en los variados cultivos de cucurbitáceas. En sandía y el melón, los síntomas son típicamente lesiones de forma irregular en el follaje que se convierten rápidamente de color marrón, las hojas infectadas pueden experimentar un enrollamiento hacia arriba, los síntomas no son tan distintivo como el pepino y calabaza y son más fáciles de confundirse con otras enfermedades como la antracnosis, alternaria o tizón del tallo gomoso (Colucci y Holmes, 2010).

Los hongos causantes de los mildius vellosos son parásitos obligados, penetran el follaje del hospedante por vía estomática y se alimentan por medio de haustorios, los esporangios se observan por el envés de la hoja ya que los esporangioforos salen por los estomas, dándole a la lesión la apariencia vellosa característica (Arauz, 1998).

El patógeno puede permanecer en el suelo o sobre restos de plantas. Las infecciones primarias son originadas por estructuras llamadas esporangios, los cuales son diseminados principalmente por el agua de lluvia, riego y por el viento, pero también por utensilios contaminados, por los trabajadores, los insectos etc. Las condiciones de elevada humedad (rocío y niebla) también favorecen la infección y la diseminación de la enfermedad (EcuRed 2016).

La epidemiología de *Pseudoperonospora cubensis* depende en gran medida de las condiciones ambientales, la duración de vida de los esporangios no excede las 48 horas y dentro de este corto período debe localizar un huésped susceptible y germinar, El período de incubación, antes de que los síntomas sean visibles es de 3-12 días la mayor parte de la esporulación se produce por la noche, mientras que la dispersión máxima de esporas es en la mañana. La enfermedad se ve favorecida por temperaturas de 15°C-25°C y 18 horas de luz; si las temperaturas superan los 30°C la propagación del patógeno sufre una fuerte inhibición, la temperatura óptima está entre 10°C-20°C. La infección requiere agua libre en la superficie de las hojas para la zoosporas y desarrollar tubos germinales. Las primeras penetraciones son observables en 5 horas después que el esporangio original se ha depositado en la superficie de la hoja, si las condiciones son favorables y están presentes para llevar a cabo la

colonización en el tejido huésped en la capa del mesófilo de la hoja (Cristobal Alejo *et al.*, 2006).

La aplicación de productos químicos es el método de control más utilizada, ya sea a través de funguicidas sistémicos o la combinación de ambos. Sin embargo, las nuevas tendencias están dirigidas hacia un manejo integrado de enfermedades, así como las disposiciones requeridas en materia de certificaciones internacionales de exportación abren las puertas a productos alternativos como los inductores de resistencia para el manejo de enfermedades. En contraste con funguicidas convencionales, los activadores de resistencia no tienen un efecto directo sobre el patógeno, si no que inducen a la planta a producir compuestos naturales de defensa (Smith, 1998).

Algunos estudios han demostrado, por ejemplo, que el silicio proporciona resistencia mecánica a las plantas de arroz y caña de azúcar al ataque de enfermedades fungosas al formar barreras estructurales externas y promover la producción de fenoles. Por otro lado, también se reporta que el silicio es un factor de tolerancia al exceso de aluminio, hierro y manganeso en suelos ácidos y disminuye la transpiración del cultivo (Chérif y Belángier, 1992; Dios-Delgado, 2006).

El uso de productos naturales obtenidos a partir de microorganismos presenta grandes ventajas sobre los productos comerciales por ser su producción mucho menos dañina al ecosistema y por su biodegradabilidad *in situ* a compuestos no tóxicos por la microflora ambiental. La búsqueda de nuevos y variados productos de origen natural, no contaminantes del medio ambiente, para el manejo de plagas y enfermedades representa una alternativa importante en una agricultura sostenible (Sánchez *et al* 2002).

## II. OBJETIVOS

### 2.1.Objetivo general

- Generar información sobre la dinámica temporal del mildiú veloso (*Pseudoperonospora cubensis*) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo la influencia del manejo con fungicidas sintéticos, biológicos e inductores de resistencia.

### 2.2.Objetivos específicos

- Determinar la intensidad del mildiú veloso (*Pseudoperonospora cubensis*) en el cultivo de pepino manejado con fungicidas sintéticos, biológicos e inductores de resistencia.
- Determinar el efecto del mildiú veloso sobre los parámetros de rendimiento en el cultivo de pepino manejado con fungicidas sintéticos, biológicos e inductores de resistencia.
- Relacionar parámetros meteorológicos con la intensidad de mildiú veloso en el cultivo de pepino manejado con fungicidas sintéticos, biológicos e inductores de resistencia.
- Analizar la factibilidad económica de los tratamientos utilizados para el manejo del mildiú veloso (*Pseudoperonospora cubensis*) en el cultivo de pepino manejado con fungicidas sintéticos, biológicos e inductores de resistencia.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Ubicación del área de estudio

El Plantel está ubicada en el Km 30 de la carretera Tipitapa–Masaya en el Departamento de Masaya, en las coordenadas 12°06'23" y 12°07'34" latitud norte y 86°04'50" y 86°05'37" longitud oeste, a 120 metros sobre el nivel del mar. El promedio de las temperaturas entre abril y mayo es levemente arriba de 28°C. La evaporación promedia anual es de 2044 mm. El mes con la mayor tasa de evapo-transpiración es abril. Las precipitaciones varían entre 600 a 1800 mm año<sup>-1</sup>, con un promedio de 1350 mm año<sup>-1</sup>. Hay una época seca marcada (15 de noviembre 15 de mayo). En la época seca, el promedio de precipitaciones es de 0-3 mm mes<sup>-1</sup>, febrero y marzo son los meses más secos. La mayor cantidad de precipitaciones se registra en los meses de septiembre y octubre cuando la lluvia alcanza los 200-250 mm (Bio Nica – Cultive Suelos / Red de Semillas).

#### 3.2. Diseño metodológico

El experimento se estableció el 09 de Noviembre del 2016 en la Finca el Plantel, en el cual se evaluaron tres tratamientos con tres repeticiones dispuestos en un diseño completo al azar (BCA) (Anexo 1). En el tratamiento 1 se evaluó el efecto del producto de origen biológico Tacre-Bacillus, el cual contiene cuatro especies del género *Bacillus* (*B. subtilis*, *B. megaterium*, *B. amyloliquefaciens* y *B. licheniformis*) y del producto de origen botánico Timorex Gold 22.25 EC, cuyo ingrediente activo es un aceite extraído del árbol de té (*Melaleuca alternifolia*). El Tacre-Bacillus se aplicó dos veces (21 y 35 días después del trasplante - DDT) y el Timorex Gold se aplicó tres veces (14, 28 y 42 DDT) durante el ciclo del cultivo. Ambos productos están formulados comercialmente y están registrados en el país. En el tratamiento 2 se evaluó el efecto del óxido de silicio aplicado dos veces (21 y 35 DDT) y un fosfito de potasio (Fosfitec-K) aplicado 3 veces (14, 28 y 42 DDT) como inductores de resistencia al agente causal del mildiú veloso del pepino (*Pseudoperonospora cubensis*). El tratamiento 3 sirvió como testigo y se manejó utilizando los productos Previmax 72.2 SL el cual se aplicó en tres ocasiones (21, 35 y 42 DDT) y clorotalonil en dos ocasiones (28 y 42 DDT) para el manejo de mildiú veloso. Se aplicó el fungicida carbendazim (Benzimidazol)

para el manejo de otros patógenos foliares. Las dosis utilizadas de estos fungicidas fueron las que recomienda el fabricante (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos que se evaluaron en el experimento

Tratamientos	Producto comercial (PC)	Ingrediente activo	Dosis PC <sup>1</sup>
T1	Tacre <i>Bacillus</i> Plus	<i>Bacillus</i> sp.	100 ml
	Timorex Gold 22.25 EC	<i>Melaleuca alternifolia</i>	100-150 ml
T2	Oxido de Silicio	Silicio	35 g
	Fosfitec K	Fosfito de potasio	100-200 ml
T3	Clorotalonil 72 SC	Clorotalonil	50-75 ml
	Previmax 72.2 SL	Propamocarb-HCl	6 ml

<sup>1</sup>La dosis de producto comercial está especificada para una bomba de mochila de 20 litros de capacidad.

Cada bloque se ubicó en un área efectiva de 231 m<sup>2</sup> (33 m de largo × 7 m de ancho). El área efectiva de cada tratamiento fue de 70 m<sup>2</sup> (10 m de largo × 7 m de ancho). Entre cada tratamiento y bloque hubo un espacio de 1 m, el cuál fue ocupado por una barrera de sorgo. El área efectiva total del experimento fue de 693 m<sup>2</sup>. La distancia entre surco fue de 1.5 m y la distancia entre planta era 40 cm, lo que hizo un total de 25 plantas por surco y 75 plantas por tratamiento. El número de plantas por tratamiento fue de 225 plantas.

El área útil fueron 10 plantas del surco central, en las cuáles se hicieron las evaluaciones de las variables que se estimaron. Esto quiere decir que se evaluaron semanalmente 10 plantas por tratamiento, 30 plantas por bloque o repetición (10 plantas × 3 tratamientos) y 90 plantas en total (30 plantas × bloque × 3 bloques).

### 3.3.Verificación de la etiología de la enfermedad

Para confirmar si la enfermedad que se estaba evaluando era mildiú veloso (*P. cubensis*), se recolectaron en el campo diez hojas por cada repetición en diferentes niveles de severidad, se llevaron al laboratorio de microbiología y se colocaron dos hojas en cámaras húmedas por repetición (seis por tratamiento) por un tiempo de 24 horas para inducir la esporulación del patógeno e identificar las estructuras reproductivas típicas del oomicete.

### 3.4. Manejo del experimento

El material genético utilizado fue la variedad Tropicuke II la cual es resistente a plagas y enfermedades, sus frutos llegan a medir de 21 a 27 centímetros de largo, peso promedio de 0.80 libra por fruto, inicio de cosecha a los 45 a 50 días, color verde intenso y frutos uniformes, se puede obtener un rendimiento promedio de 76 toneladas por hectárea en cultivos tradicionales, siempre y cuando el cultivo reciba el manejo adecuado (Carballo y Díaz, 2013). Es un híbrido ginóico es tolerante a *Cucumber Mosaic Virus* (CMV), *Sphaerotheca fuliginea* (PM), *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* (ALS), *Zucchini Yellow Mosaic Virus* (ZYMV), *Watermelon Mosaic Virus* (WMV) y *Papaya Ring Spot Virus* (PRSV) (Perdomo, 2013).

El establecimiento del semillero se realizó el 04 de noviembre del 2016 en bandejas plásticas con 53.2 de largo y 27.2 de ancho con 98 celdas, las cuales fueron llenadas con substrato Kekkila. Se colocó una semilla por cada celda, las plántulas permanecieron dos semanas en las bandejas y se les aplicó riego diario (Anexo 2).

El trasplante se realizó el 18 de noviembre a los 14 días después de la siembra (ddt) en las bandejas. Se utilizó riego por goteo y la frecuencia del riego fue diaria conforme las necesidades de la planta (Anexo 3). El sistema de tutorado se realizó con una distancia de 3.3 metros entre tutores con tres tutores por hilera y 9 por repetición. El tutorado es una práctica imprescindible que se ha generalizado para mantener la planta erguida, para mejorar la aireación, aprovechar mejor la radiación y la realización de las labores culturales con mucha mayor eficiencia, todo esto repercute positivamente en la producción, calidad de fruta y control de plagas y enfermedades (Torres, 2007).

La primera fertilización se realizó con una solución arrancadora que contenía el fertilizante 18-46-0 (N-P-K), la cual se aplicó a los tres días después del trasplante. La solución arrancadora se elaboró de la siguiente manera: se colocaron 6 libras del fertilizante 18-46-0 en un bidón con 200 litros de agua y se dejó reposar por tres días. Después de este tiempo se aplicó un cuarto de litro a cada planta (250 ml). A los cuatro días después del trasplante, se aplicó una mezcla de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en forma líquida (30 gramos de cada uno de los entomopatógenos en 20 litros de agua más 20 ml de Tween 80

como dispersante). Esta aplicación de entomopatógenos se realizó con el fin de prevenir o combatir posibles plagas insectiles de suelo (Anexo 4). La segunda fertilización se realizó a las dos semanas después del trasplante y se aplicó una dosis de 12 gramos por planta del fertilizante 12-30-10 (N-P-K).

Durante el período vegetativo del cultivo, el manejo de malezas se realizó de forma manual en los camellones y el manejo mecánico entre los surcos con ayuda de herramientas livianas (machetes y azadones) semanalmente. Para el manejo de plagas insectiles tales como mosca blanca, áfidos y *Halticus* se utilizó el insecticida Renova 25 WG (thiamethoxam), en una dosis de 2 gramos por litro de agua el cual se aplicó a las plántulas en las bandejas antes de realizar el trasplante y durante el período de crecimiento del cultivo (una sola aplicación). Además, se utilizó el insecticida Engeo 24.7 SC (thiamethoxam + lambda cyhalotrina), con el cual se realizaron dos aplicaciones foliares a una dosis de 5 cc del producto en 20 litros de agua para el manejo de insectos masticadores y chupadores. Se aplicó también Dipel 6.4 WG (*Bacillus thuringiensis*) a una dosis de 14 gramos en 20 litros de agua para el manejo de *Diaphania* sp y otros insectos en el cultivo. Para el manejo de enfermedades diferentes al mildiú veloso se utilizó el fungicida Helmistin 50 SC (carbendazim) en una dosis de 6 ml en 20 litros agua (se hicieron dos aplicaciones generales).

La cosecha se realizó manualmente a los 37 días después del trasplante cada 7 días, con un total de 4 cortes los cuales se realizaron por la mañana y se recolectaban por repetición, para luego ser llevados al laboratorio y tomar las variables de rendimiento y posteriormente ser clasificados en categorías para cumplir con las exigencias del mercado.

### **3.5. Análisis económico**

#### **3.5.1. Presupuesto parcial**

Para la realización del presupuesto parcial se siguió la metodología del CIMMYT (1988) con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos que se estaban proponiendo en este estudio para el manejo del mildiú veloso en pepino. El término "presupuesto parcial" hace referencia al hecho que este análisis no incluye todos los costos

de la producción, sino que solamente aquellos que son influenciados por los tratamientos alternativos que se están proponiendo.

### **3.5.2. Análisis de dominancia**

El análisis de dominancia se llevó a cabo, en primer lugar, ordenando los tratamientos de menor a mayor los costos totales que varían. De este ordenamiento se dedujo que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos (CIMMYT, 1988).

### **3.5.3. Tasa de retorno marginal (TRM)**

Para calcular la tasa de retorno marginal (TRM) se utilizó el procedimiento sugerido por el CIMMYT (1988) y consistió en dividir el valor de los beneficios netos marginales de los tratamientos no dominados sobre el valor de los costos variables marginales de cada uno de los tratamientos no dominados mediante la siguiente fórmula:

$$TRM = \frac{\textit{Beneficios neto marginal}}{\textit{Costos variable marginal}} \times 100$$

## **3.6. Variables evaluadas**

Las variables tanto de rendimiento como las epidemiológicas fueron evaluadas semanalmente desde la emergencia de las plántulas hasta la cosecha.

### **3.6.1. Variables de rendimiento**

- Número de frutos por planta: se registró el número de frutos en las plantas muestreadas.
- Frutos cosechados por planta
- Peso de frutos (gramos): se evaluó al momento de la cosecha
- Longitud de frutos (centímetros): se evaluó al momento de la cosecha
- Diámetro de frutos: se evaluó al momento de la cosecha
- Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)

### 3.6.2. Variables epidemiológicas

- a) **Incidencia de mildiú veloso:** se evaluó semanalmente en todas las plantas por tratamiento a través de la fórmula propuesta por James (1974):

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

- b) **Severidad de mildiú veloso:** se registró semanalmente a partir de la emergencia de la tercera hoja verdadera en 10 plantas con 5 hojas (estaciones fijas) utilizando el diagrama de área estandar propuesto por Michereff *et al.*, (2009) (Figura 1).

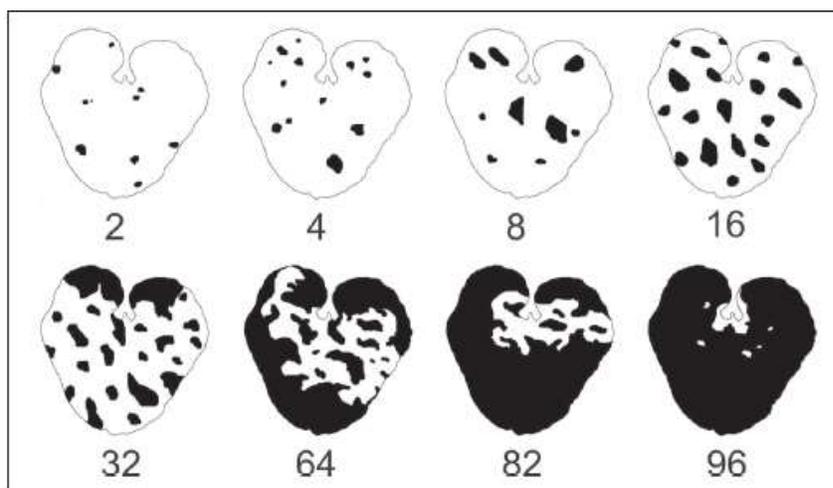


Figura 1. Diagrama de área estandar para la evaluación de mildiú veloso en cucurbitáceas (Michereff *et al.*, 2009).

- c) **Area bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)**

Los valores de severidad se utilizaron para calcular el ABCPE utilizando la fórmula propuesta por Shaner y Finney (1977):

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

Donde,  $n$  es el número de observaciones,  $y_i$  es la evaluación de la enfermedad en la  $i$ -ésima observación,  $y_{i+1}$  es la evaluación en la  $i+1$ -ésima observación (segunda, tercera, etc.) y  $t$  es el tiempo (inicial y posterior). La unidad de medida del ABCPE es %-días.

#### **d) Tasa de incremento de mildiú veloso ( $r$ )**

Los datos de severidad de *Pesudoperonospora cubensis* se graficaron con respecto al tiempo para obtener las curvas de progreso de la severidad del patógeno y se ajustaron a cuatro modelos linealizados: i) exponencial,  $\ln(y) = \ln(y_0) + rEt$ ; monomolecular,  $\ln[1/(1-y)] = \ln[1/(1-y_0)] + rMt$ ; logístico,  $\ln[y/(1-y)] = \ln[y_0/(1-y_0)] + rLt$ ; y Gompertz,  $-\ln[-\ln(y)] = -\ln[-\ln(y_0)] + rGt$ . Los criterios para determinar cuál de los modelos ajustaba mejor los datos del progreso de la enfermedad fueron el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), significancia estadística ( $Pr > F$ ), cuadrado medio del error (CME). El modelo que mejor ajustó los datos de progreso temporal de la enfermedad, permitió conocer la tasa de progreso de enfermedad o la velocidad del progreso temporal de la enfermedad (Campbell y Madden, 1990).

### **3.7. Análisis de datos**

Todas las variables a evaluar en este estudio fueron sometidas a un análisis de varianza (ANDEVA). En el caso de las variables epidemiológicas, antes de proceder con cualquier tipo de análisis estadístico, se realizó una transformación de los datos de incidencia y severidad con el fin de satisfacer los criterios de normalidad requeridos para el análisis de varianza (ANDEVA). La incidencia se transformó al *arcoseno*  $\sqrt{\frac{y(\%)}{100}}$  y la severidad se transformó a la  $\sqrt{SMV + 0.5}$ , donde  $y(\%)$  es la incidencia de las enfermedad (mildiú veloso) y SMV es el valor en la escala de la severidad de mildiú veloso (Quinn y Keough, 2009). Posteriormente se realizó el ANDEVA con el procedimiento Modelo General Lineal (GLM, por sus siglas en inglés) del programa estadístico SAS versión 9.1. Para determinar cual de los modelos se ajustaba mejor a los datos de epidemia de mildiú veloso se realizó análisis de regresión.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Intensidad del mildiú veloso (*Pseudoperonospora cubensis*)

#### 4.1.1. Verificación de la etiología de la enfermedad

El resultado del diagnóstico fue la presencia de esporangios con forma de limón, papilados, de color purpura-grisáceos y esporangióforos ramificados con esterigmas en grupos de 1 a 6, característicos de *Pseudoperonospora cubensis* (Savory *et al.*, 2011; Figura 2).

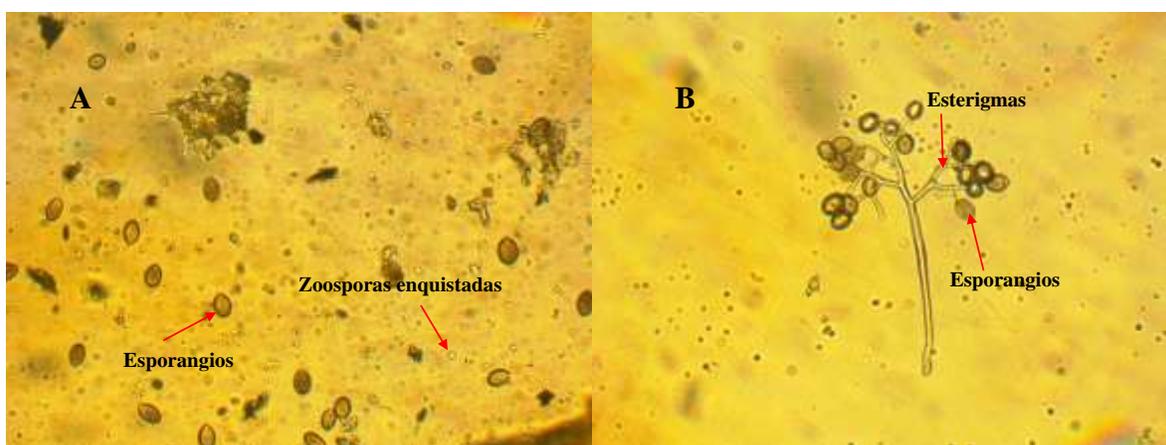


Figura 2. Esporangios ovoides con presencia de zoosporas enquistadas (A) y esporangióforos ramificados con esterigmas y esporangios en sus puntos terminales (B).

El agente causal del mildiú veloso de las cucurbitáceas (*P. cubensis*) es un oomicete heterotálico, es decir, que puede reproducirse sexualmente, cuando los micelios de los dos tipos de compatibilidad (A1 y A2) se aparean y dan origen a esporas sexuales llamadas oosporas (Cohen y Rubin, 2012).

En este estudio no se buscó la presencia de oosporas, ya que no era objetivo de la investigación, sin embargo, el hecho de que el patógeno produzca esporas sexuales como ha sido reportado recientemente en algunas otras partes del mundo (Cohen *et al.*, 2003; Zhang *et al.*, 2008), es de gran importancia desde el punto de vista epidemiológico, ya que las oosporas representan estructuras de resistencia que le garantizan al patógeno sobrevivir por mucho tiempo en el suelo o en restos vegetales. Además, la reproducción sexual es una de

las cinco fuerzas evolutivas que incorporan variabilidad genética en los organismos (McDonald y Linde, 2002).

Existen reportes que indican que el tipo de compatibilidad A1 está asociado con el cultivo de pepino, mientras que el A2 está asociado a otras especies de cucúrbitas (Cohen et al., 2013; Thomas et al., 2014). En Nicaragua, probablemente esta misma situación pudiera estar ocurriendo, no obstante, esta hipótesis debería ser corroborada con un estudio más exhaustivo sobre la biología de *P. cubensis* en distintas especies de cucurbitáceas.

#### 4.1.2. Incidencia de mildiú veloso

A partir de la segunda semana después de la siembra se empezaron a observar lesiones típicas de *Pseudoperonospora cubensis* en las hojas inferiores de la planta. El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre los diferentes períodos de evaluación ( $p = <0.0001$ ;  $\alpha=0.05$ ; Anexo 5). A medida que avanzó el tiempo durante el ciclo vegetativo y reproductivo del cultivo de pepino, también se incrementó la incidencia de la enfermedad. El mildiú veloso se comportó de forma similar en cada uno de los tratamientos evaluados. A partir del día 44 después de la siembra (ddt) se observó que las curvas comienzan a estabilizarse en el tiempo (Figura 3).

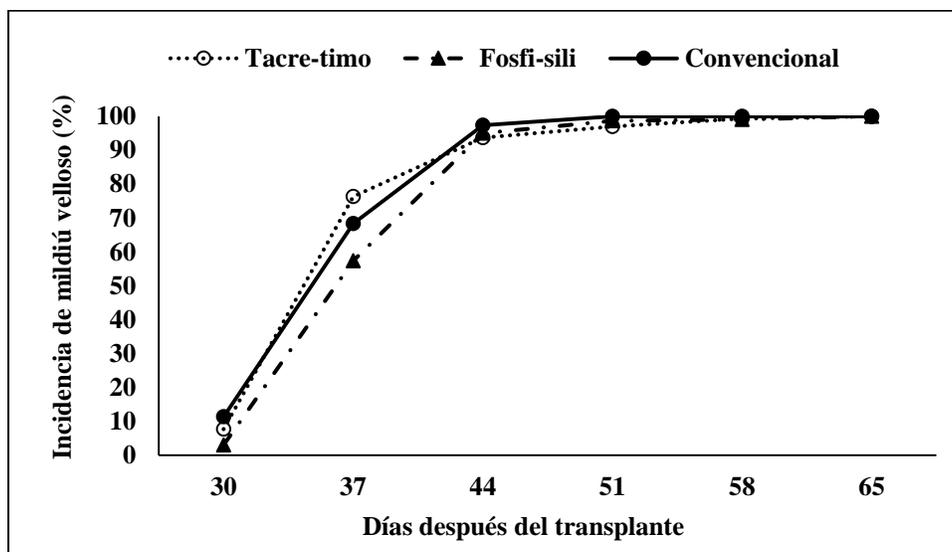


Figura 3. Incidencia de mildiú veloso (*Pseudoperonospora cubensis*) en el cultivo de pepino cv. Tropicuke II a través del tiempo.

### 4.1.3. Severidad de mildiú veloso

Según el análisis de varianza realizado, no se encontró diferencias significativas ( $p = 0.4379$ ;  $\alpha = 0.05$ ; Anexo 6) entre los tratamientos evaluados con respecto a la severidad de mildiú veloso. Sin embargo, se encontró diferencias significativas entre los diferentes períodos de evaluación y la severidad de la enfermedad ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ; Anexo 6). La severidad tuvo un comportamiento muy similar en los primeros 44 ddt, sin embargo, a partir de ahí comenzó a diferenciarse en cada uno de los tratamientos. Al final del período de evaluación, las parcelas que presentaron un menor porcentaje de severidad fueron las que se trataron con el fungicida botánico Timorex Gold en alternancia con el fungicida biológico Tacre-Bacillus Plus. En el presente estudio, la severidad de la enfermedad presentó curvas sigmoideas en cada uno de los tratamientos, por lo tanto, la enfermedad tuvo un comportamiento policíclico a través del tiempo, tal y como ha sido reportado en otros estudios (Lebeda y Cohen, 2011) (Figura 4).

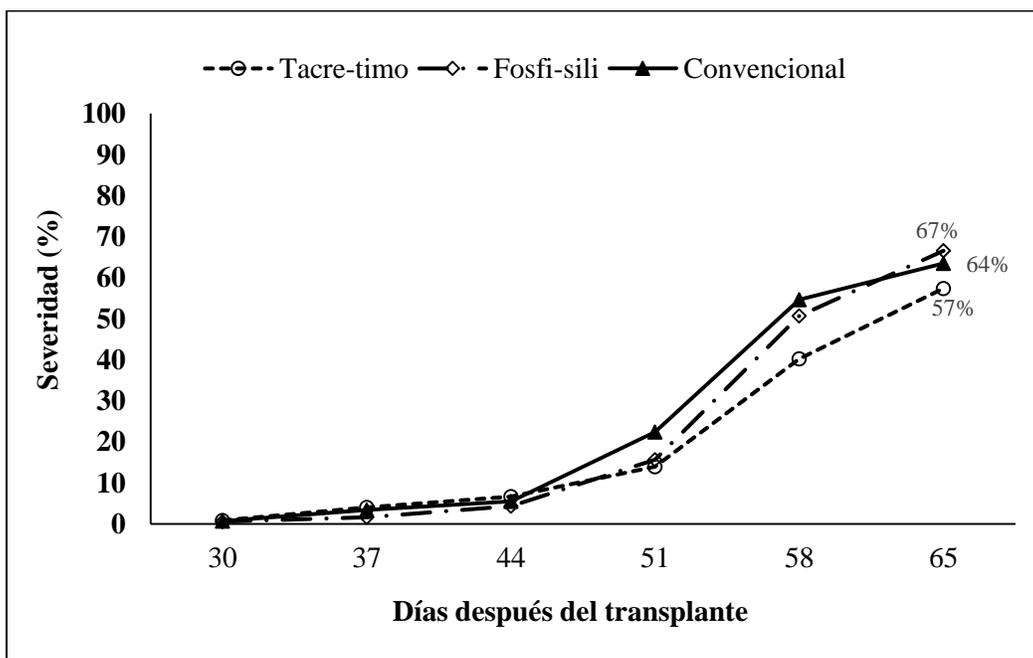


Figura 4. Severidad de mildiú veloso (*P. cubensis*) en el cultivo de pepino a través del tiempo (días después del trasplante).

#### **4.1.4. Área bajo la curva de progreso de mildiu veloso (ABCPMV)**

El análisis de varianza no detectó diferencias significativas ( $p = 0.1141$ ; Anexo 7) entre tratamientos con respecto al área bajo la curva de progreso de mildiú veloso (ABCPMV), ni entre bloques o repeticiones ( $p = 0.0743$ ; Anexo 7).

Sin embargo, hubo una tendencia de menor severidad y por lo tanto de menor ABCPMV (131.74 %-días) en las parcelas donde se aplicó el producto biológico Tacre Bacillus alternado con el producto botánico Timorex Gold en comparación con el tratamiento donde se aplicó Fosfitec K en alternancia con Oxido de silicio (ABCPMV = 155.61 %-días) y la parcela que tuvo un manejo convencional (ABCPMV = 161.82 %-días).

Al comparar los diferentes tratamientos en el tiempo días después del trasplante (ddt) se observó que en los primeros 44 días ddt, la enfermedad tuvo un comportamiento similar en todas las parcelas donde se aplicaron los tratamientos, sin embargo, a partir del día 51 ddt se observó que en el tratamiento donde se aplicó Tacre Bacillus alternado con Timorex Gold el desarrollo de la enfermedad, medido a través del ABCPMV, disminuyó en comparación con los otros dos tratamientos evaluados. Esta tendencia se mantuvo hasta el final del período de la evaluación (Figura 5).

El análisis de varianza encontró diferencias altamente significativas en los días después del trasplante (ddt) ( $p < 0.0001$ ;  $\alpha = 0.05$ ; Anexo 7) en los valores del ABCPMV.

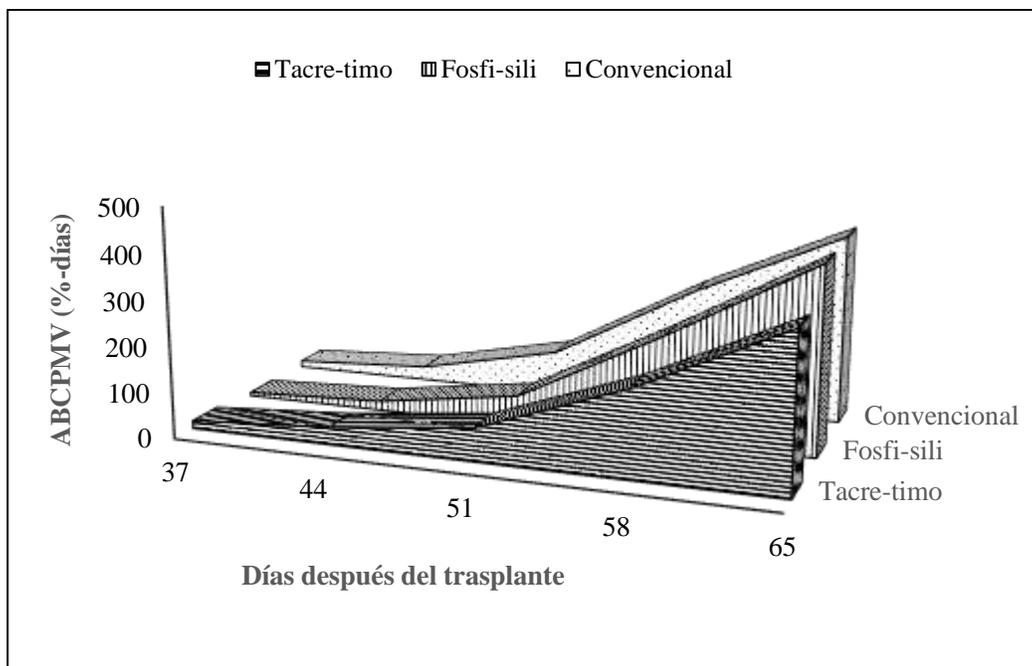


Figura 5. Área bajo la curva de progreso de mildiú vellosa (ABCPMV) a través del tiempo de evaluación de la enfermedad en los tratamientos.

Los valores del ABCPMV a través del tiempo (ddt) aumentaron de forma general, con algunas leves diferencias entre los tratamientos como ya se mencionó anteriormente. A partir del día 51 ddt, la enfermedad se incrementó rápidamente (Figura 6).

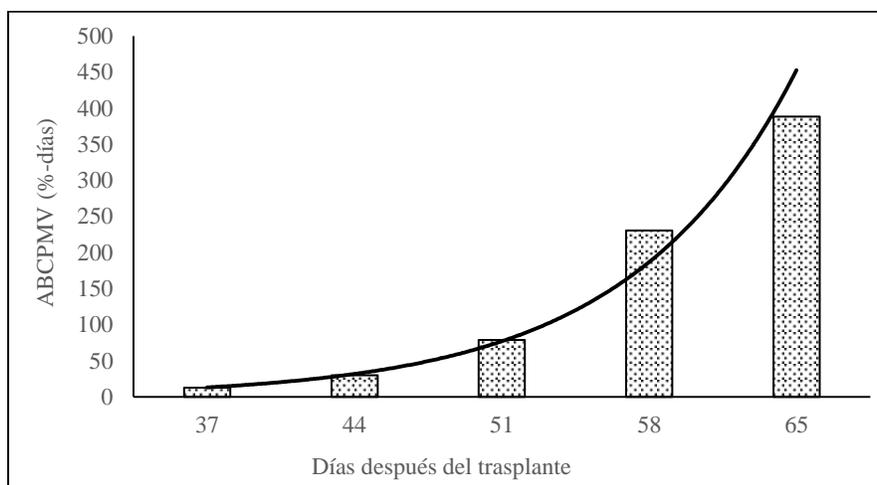


Figura 6. Progreso de la enfermedad en el tiempo (días después del trasplante) medido a través del área bajo la curva de progreso de mildiú vellosa (ABCPMV).

Así mismo, el análisis de varianza detectó diferencias significativas en la interacción tratamiento  $\times$  bloque ( $p = 0.0057$ ;  $\alpha = 0.05$ ; Anexo 7). El desarrollo de la enfermedad experimentó un incremento exponencial a partir del día 51 ddt. Es de suponer que a partir de esa fecha hubo condiciones ambientales muy favorables para el patógeno (Figura 7).

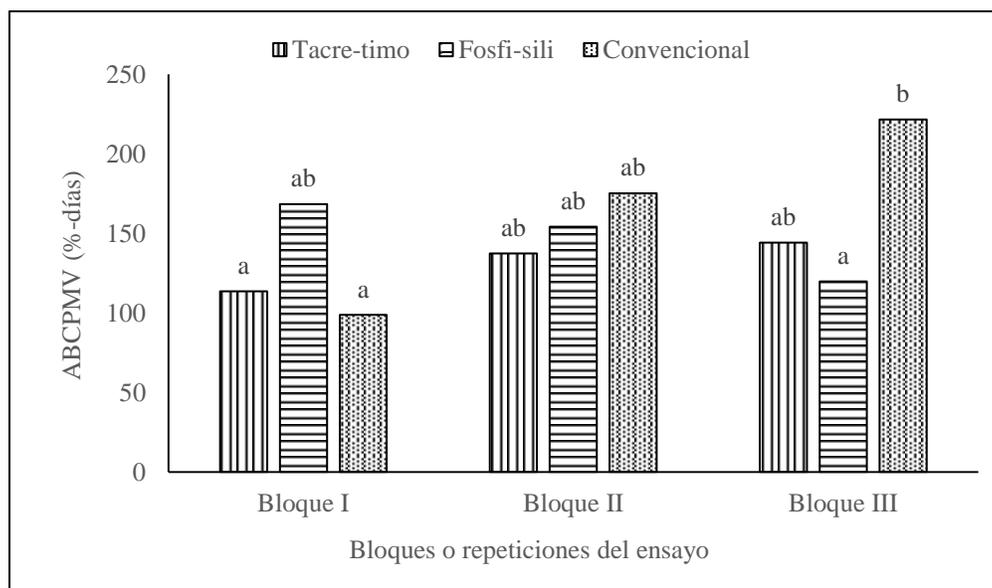


Figura 7. Representación de la interacción entre tratamientos y bloques (repeticiones) para la variable área bajo la curva de progreso de mildiú veloso (ABCPMV).

Los valores más altos en la interacción tratamiento  $\times$  bloque (repetición) se obtuvo con el tratamiento convencional (ABCPMV = 221.55%-días), mientras que en el tratamiento Tacre-timo se observó el menor valor del ABCPMV (113.61%-días). Los valores del ABCPMV en éste último tratamiento (Tacre-timo) tuvieron una tendencia a ser bajos en comparación con los otros tratamientos donde se refleja que el progreso de la enfermedad incrementó aceleradamente.

De forma general, se observó un mejor efecto de control en las parcelas donde se aplicó el producto botánico Timorex Gold en alternancia con el producto biológico Tacre-Bacillus en comparación con las parcelas donde se aplicaron los inductores de resistencia Fosfitec-K y el óxido de silicio y las parcelas que se manejaron con el fungicida protectante Clorotalonil 72 SC (clorotalonil) y el fungicida sistémico Previmax 72.2 SL (propamocarb-HCl). Esta es

la primera vez en Nicaragua que Timorex Gold, Tacre-Bacillus, Fosfitec-K y Oxido de Silicio son utilizados en el cultivo de pepino para el manejo del mildiú veloso.

El producto botánico Timorex Gold actúa en forma preventiva y curativa, a través de la inhibición del desarrollo de la germinación de esporas, inhibición del crecimiento del micelio y limitando la expansión de la lesión (<https://www.syngenta.com.mx>). El producto biológico Tacre-Bacillus contiene cuatro especies del género *Bacillus* (*subtilis*, *megaterium*, *licheniformis* y *amyloliquefaciens*), las cuales son muy eficientes en la producción de moléculas antibióticas y esta actividad antibiótica o antibiosis es probablemente el mecanismo mejor conocido y el más importante que usan estas bacterias para limitar la invasión del patógeno en los tejidos vegetales (Stein, 2005). En el presente estudio, la aplicación del producto botánico y el biológico no eliminó completamente la infección de mildiú veloso, pero los valores de severidad de la enfermedad fueron menores en comparación con los otros tratamientos. Una tendencia igual fue encontrada en una investigación realizada en Australia por (Akem y Jovicich 2011) donde se observó que las parcelas tratadas con Timorex Gold tuvieron una severidad de mildiú veloso similar a la de las parcelas manejadas con fungicidas convencionales.

En el presente estudio también se evaluó el producto Fosfitec-K (fosfito de potasio) y el óxido de silicio como inductores de resistencia contra el mildiú veloso. Estos tratamientos tuvieron un comportamiento intermedio con respecto a la severidad de la enfermedad, la cual fue más baja en comparación con la severidad observada en las parcelas convencionales. La eficacia de los fosfitos contra las infecciones de oomicetes ha sido demostrada en algunos estudios (Brown *et al.*, 2004). Sin embargo, Méndez Leiva *et al.*, (2010), reportan que el fosfito y el inductor de resistencia que ellos usaron para el manejo de *P. cubensis* en melón no redujo la enfermedad cuando se comparó con el testigo.

Aunque el silicio (Si) no se considera un nutriente esencial para las plantas, destaca por su potencial para disminuir la intensidad de enfermedades en muchos cultivos. El mecanismo de acción del Si en la resistencia de las plantas aún no está claro. La deposición de silicio en las paredes celulares de las plantas ha planteado la hipótesis de una posible barrera física a la

penetración de patógenos. Sin embargo, la mayor actividad de compuestos fenólicos, polifenol-oxidasas y peroxidasas en plantas tratadas con Si demuestra la implicación de este elemento en la inducción de respuestas de defensa de plantas (Pozza *et al.*, 2015).

Por ejemplo, en un estudio llevado a cabo por Liang *et al.*, (2005), se concluyó que el Silicio aplicado foliarmente controló eficazmente las infecciones por *Podosphaera xanthii* (mildió polvoso) sólo a través de la barrera física de Silicio depositada sobre las superficies foliares y/o el efecto osmótico del silicato aplicado, pero no mejoró la resistencia sistémica adquirida inducida por la inoculación, mientras que las aplicaciones continuas de Silicio a la raíz aumentó la resistencia en respuesta a la infección por *P. xanthii* en el pepino. Por lo tanto, en base a estos resultados obtenidos por Liang *et al.*, (2005) se puede deducir que el sitio de aplicación del Si en la planta influye sobre la inducción de las respuestas de defensa ante el ataque de fitopatógenos.

#### 4.1.5. Tasa de incremento de mildió veloso

El modelo que mejor ajustó los datos de progreso temporal de la enfermedad fue el modelo logístico por lo tanto permitió conocer la tasa de progreso de enfermedad o la velocidad del progreso temporal de la enfermedad. Los criterios que se tomaron en cuenta para seleccionar el modelo logístico fueron valores altos del coeficiente de determinación,  $R^2$ , valores bajos del cuadrado medio del error (CME) (Cuadro 2; Anexo 8).

Cuadro 2. Criterios para la selección del modelo logístico como el modelo que mejor ajustó los datos del progreso temporal de mildió veloso en el cultivo de pepino cv. Tropicuke II.

Tratamiento	$R^2$	CME	$R^{*2}$	Intercepto	DEI	TIE (pendiente)	DE-TIE
Tacre-timo	0.96	0.04	0.96	-8.75	0.36	0.14	0.007
Fosfi-sili	0.96	0.07	0.93	-10.47	0.45	0.17	0.009
Convencional	0.89	0.11	0.83	-9.72	0.70	0.16	0.014

Nota:  $R^2$  = coeficiente de determinación; CME = cuadrado medio del error;  $R^{*2}$  = coeficiente de determinación para la concordancia entre la severidad (y) observada y predicha y no entre la severidad (y) observada y predicha transformada, es decir,  $y^*$ ; DEI = desviación estándar del intercepto; TIE = tasa de incremento de la enfermedad; DE-TIE = desviación estándar de la tasa de incremento de la enfermedad.

La enfermedad avanzó más rápidamente en las parcelas donde se aplicó el producto Fosfitec-K en alternancia con el óxido de silicio ( $r = 0.17$ ), este avance fue de aproximadamente 17% por día. En las parcelas que se manejaron de forma convencional la enfermedad tuvo un avance de 16% por día ( $r = 0.16$ ) y en las parcelas donde se aplicó el producto botánico

Timorex Gold alternado con el producto biológico Tacre-Bacillus, la enfermedad alcanzó un avance de 14% por día ( $r = 0.14$ ). Por consiguiente, el mildiú avanzó más lentamente en las parcelas tratadas con el producto botánico y el producto biológico (Figura 8).

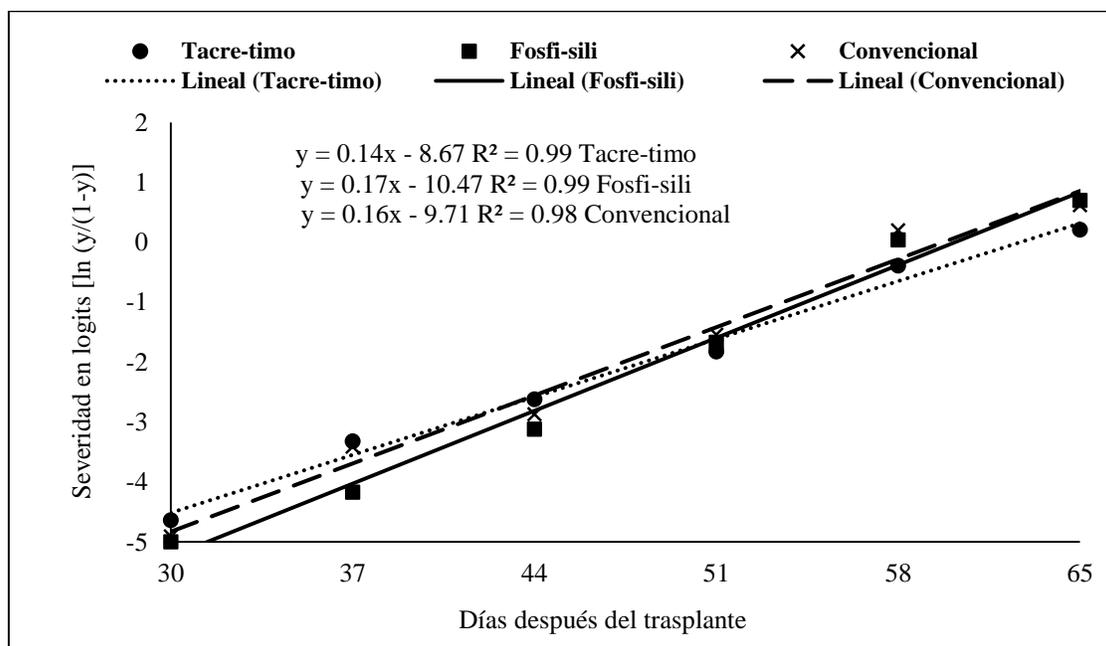


Figura 8. Tasa de incremento ( $r$ ) de mildiú veloso (*Pseudoperonospora cubensis*) en el cultivo de pepino manejado con diferentes tratamientos.

En este estudio también se incluyeron variables climáticas tales como temperatura, precipitación y humedad relativa para conocer la influencia que tenían éstas sobre el desarrollo del mildiú veloso en pepino. La temperatura promedio fue de 25.5°C, la precipitación fue de 1.2 mm y la humedad relativa de 78.2%. No se encontró correlación entre la temperatura, la precipitación y la severidad de la enfermedad. Sin embargo, se encontró una fuerte correlación negativa promedio de -0.84 entre la humedad relativa y la severidad de la enfermedad, esto indica, que en condiciones de alta humedad relativa tendió a disminuir y viceversa, cuando la humedad relativa fue baja, la enfermedad tuvo tendencia a aumentar (Figura 9). Varios aspectos analizados en un estudio sobre el comportamiento de la humedad relativa la relacionan con el comportamiento de la temperatura del aire, el incremento de la temperatura lleva, en general, a la disminución de la humedad relativa (Cabral, 1997).

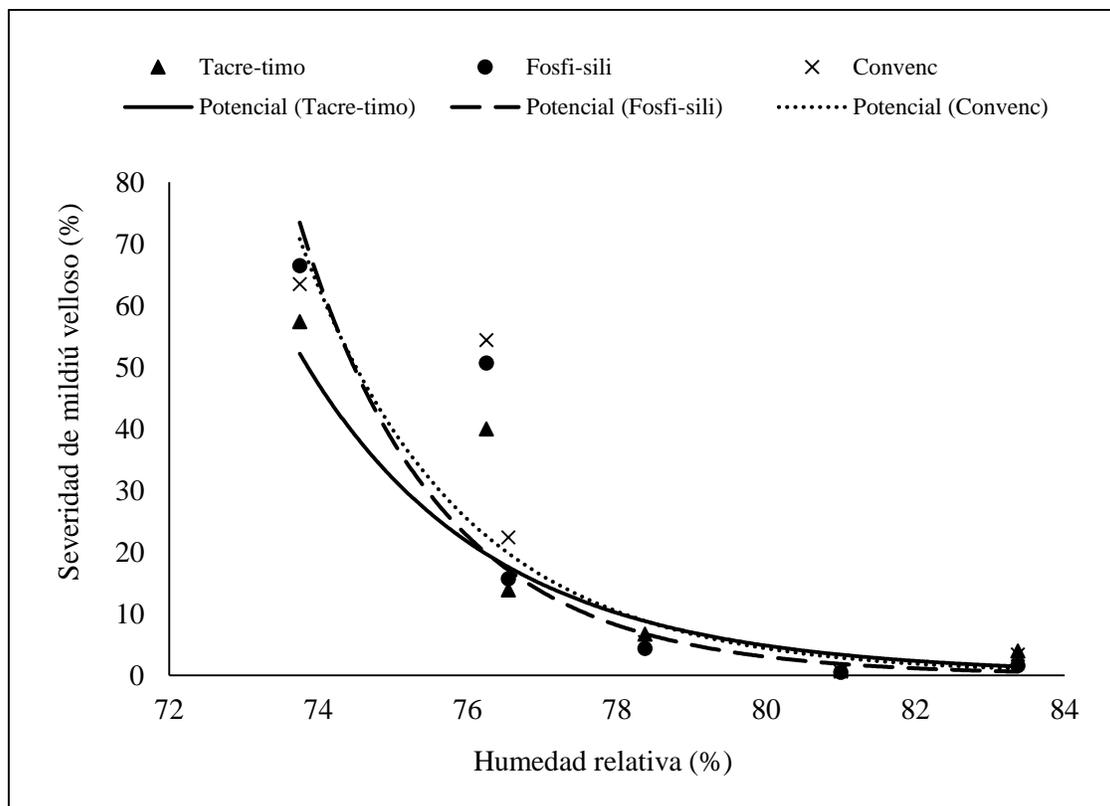


Figura 9. Relación entre la humedad relativa y la severidad de mildiú veloso (*Pseudoperonospora cubensis*) en el cultivo de pepino.

Diversos estudios han demostrado que la temperatura de infección de este oomicete varía de 5°C a 30°C. Sin embargo, hay algunos reportes que indican que la temperatura de germinación e infección pueden ser de hasta 30°C-35°C (Arauz et al., 2010; Neufeld y Ojiambo, 2012). La colonización del tejido, el desarrollo de síntomas y la esporulación están influenciados por la temperatura. La colonización de los tejidos es favorecida por las bajas temperaturas, mientras que las altas temperaturas y la intensidad de la luz favorecen el desarrollo de los síntomas (Cohen, 1981). Aunque algunos autores señalan que la infección del patógeno puede ocurrir a humedades relativas bajas, tal y como sucedió en este estudio, es necesario que ocurra la presencia de agua libre en las hojas para que se produzca la infección (Lebeda y Cohen, 2011).

#### 4.2. Efecto del mildiú vellosa sobre los parámetros de rendimiento

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza sobre el peso, longitud y diámetro demuestran que no hay diferencia estadística en los tres tratamientos, sin embargo el tratamiento Tacre Bacillus + Timorex Gold es el que obtuvo mejores resultados, con un peso de (275.7 g), longitud (18.4 cm) y con un diámetro (4.9 cm), debido a que Tacre Bacillus es un promotor de crecimiento y el Timorex Gold es un fungicida biológico que actúa en forma preventiva e inhibe la producción de esporangios (Syngenta, 2014). Seguido de Fosfitec + óxido de silicio con un peso de (273.8 g), longitud (18.2 cm) y un diámetro (4.8 cm), porque los dos productos estimulan el fortalecimiento de las plantas que influye en el rendimiento del cultivo y en el convencional con un tercer lugar con un peso de 258.8 g, longitud de 17.7 cm y un diámetro de 4.6 cm, porque no logro un mayor control de la enfermedad, en esta investigación, coincidiendo con otros estudios realizados en diferentes cultivos (Castillo et al., 2010) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores promedios de peso (g), longitud (cm) y diámetro (cm) de frutos de pepino.

Tratamiento	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
Tacre-Timo	275.7 a	18.4 a	4.9 a
Fosfi-Sili	273.8 a	18.2 a	4.8 a
Convencional	258.8 a	17.7 a	4.6 a

De acuerdo al análisis de varianza, se observaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0.0352$ ;  $\alpha = 0.05$ ). El rendimiento promedio más alto se obtuvo en las parcelas tratadas con el producto botánico Timorex Gold y el producto biológico Tacre-Bacillus (Tacre-timo), con un rendimiento promedio de 23807.27 kg ha<sup>-1</sup> (23.81 t ha<sup>-1</sup>); en las parcelas manejadas de forma convencional se obtuvo un rendimiento promedio de 21850.90 kg ha<sup>-1</sup> (21.85 t ha<sup>-1</sup>) y los valores promedios más bajos de rendimiento correspondieron a las parcelas tratadas con el óxido de silicio y el Fosfitec-K (Fosfi-Sili) con 21436.33 kg ha<sup>-1</sup> (21.44 t ha<sup>-1</sup>) (Figura 10; Anexo 9).

En un estudio realizado por Perdomo (2013), encontró que el rendimiento promedio de la variedad Tropicuke II fue de 32306 kg ha<sup>-1</sup>. Este valor promedio de rendimiento en la variedad Tropicuke II, es mucho más alto en comparación con los valores promedio

observados en el presente estudio. Se debe señalar, que en el trabajo de Perdomo (2013) se hizo uso de una mayor cantidad de agroquímicos para el manejo agronómico del cultivo, así como también para el manejo fitosanitario. Este hecho podría explicar la diferencia en cuanto a los rendimientos obtenidos en ambos estudios.

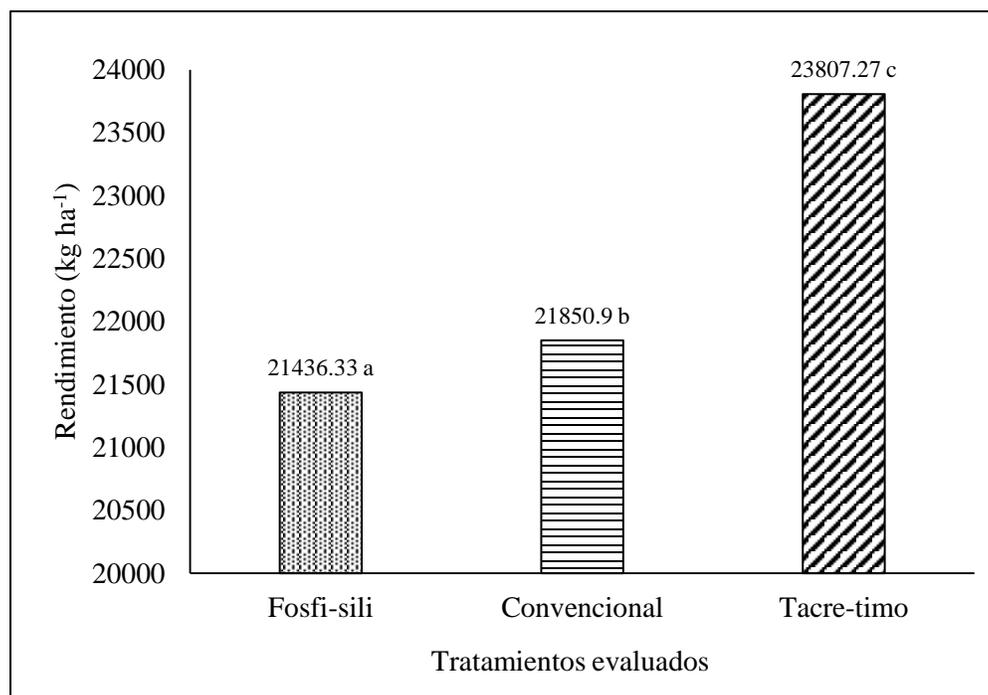


Figura 10. Valores de rendimiento promedio (kg ha<sup>-1</sup>) de pepino cv. Tropicuke II cultivado bajo de forma convencional y dos tratamientos alternativos.

El análisis de varianza también detectó diferencias significativas entre los bloques ( $p = 0.0458$ ;  $\alpha = 0.05$ ) en cuanto a los rendimientos. En el Bloque I se obtuvieron valores promedios de 25719.97 kg ha<sup>-1</sup>, en el Bloque II el rendimiento fue de 22859.40 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que en el Bloque III se obtuvieron los menores rendimientos por el orden de 18515.13 kg ha<sup>-1</sup> (Anexo 5). Esta variación en los rendimientos por bloque podría indicar que el efecto de bloqueo tuvo un efecto positivo, lo cual se puede atribuir a la heterogeneidad del suelo y a otros factores tales como la cantidad de agua y luz solar a la cual tengan acceso las plantas durante su período vegetativo y reproductivo.

Se encontró una correlación negativa fuerte (-0.99) entre los valores promedios de rendimiento y los valores promedios de severidad del mildiú veloso, es decir, cuanto más

alto son los valores de severidad más bajo fueron los valores de rendimiento. Se logró determinar que la severidad de mildiú veloso afectó negativamente el rendimiento en el cultivo de pepino de forma lineal (Figura 11). Esta misma observación se encontró en el estudio realizado por Ruíz-Sánchez et al., (2008) en el cual se evaluó el efecto de fungicidas sistémicos para el manejo de mildiú veloso (*P. cubensis*) en el cultivo de melón (*Cucumis sativus*).

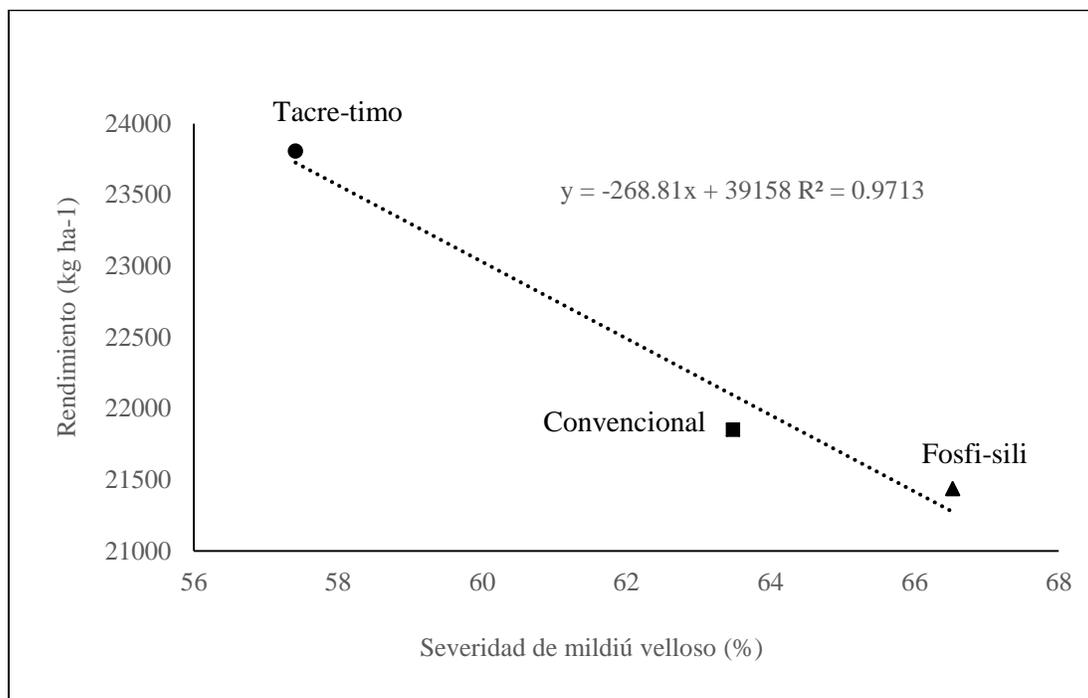


Figura 11. Relación entre los valores promedios de rendimiento en el cultivo de pepino (kg ha<sup>-1</sup>) y los valores promedios de severidad de mildiú veloso (%).

### 4.3. Análisis económico

#### 4.3.1. Presupuesto parcial

El análisis de presupuesto parcial reveló que el beneficio neto más alto se obtuvo con el tratamiento Tacre-timo (Tacre Bacillus + Timorex Gold), siendo el tratamiento Fosfi-sili donde se obtuvo el menor beneficio neto (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de presupuesto parcial tratamientos para el manejo de mildiú veloso en el cultivo de pepino cv. Tropicuke II.

Descripción	Tacre-timo	Fosfi-sili	Convencional
Rendimiento (kg/ha)	23807.27	21436.33	21850.9
Rendimiento ajustado (10%)	21426.54	19292.70	19665.81
Precio de campo (US\$ kg <sup>-1</sup> )	0.60	0.60	0.60
Beneficio bruto (US\$ ha <sup>-1</sup> )	12855.93	11575.62	11799.49
Costos variables			
Fungicidas botanico-biologico	19.4		
Inductores de resistencia		6.6	
Manejo químico			9.6
Costo de aplicación (US\$/D/H/ha)	3.88	1.32	1.6
Costo total de aplicaciones	23.28	7.92	11.2
Costos fijos			
Depreciación bomba mochila	7.59	7.59	7.59
Depreciación bandejas / ciclo	3.5	3.5	3.5
Depreciación cinta de riego	32.5	32.5	32.5
Depreciación de azadón /ciclo	0.25	0.25	0.25
Costo de semilla (US\$ ha <sup>-1</sup> )	70	70	70
Costo de estacas (US\$ ha <sup>-1</sup> )	198.7	198.7	198.7
Costo de rafia de nylon (US\$ ha <sup>-1</sup> )	194	194	194
Costo total de mano de obra	650	650	650
Costos de otros agroquímicos	825	825	825
Total de costos fijos (US\$ ha <sup>-1</sup> )	1981.54	1981.54	1981.54
Total de costos variables (US\$ ha <sup>-1</sup> )	23.28	7.92	11.2
Beneficio neto (US\$ ha <sup>-1</sup> )	12832.65	11567.70	11788.29

#### 4.3.2. Análisis de dominancia

Al ordenar los valores de los costos variables en orden ascendente, ninguno de los tratamientos resultó ser dominado, ya que al aumentar los costos variables se observó un incremento en los beneficios netos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de dominancia en tratamientos ensayados para el manejo de mildiú veloso en el cultivo de pepino cv. Tropicuke II.

Tratamiento	Costo variable	Beneficio neto	Dominancia
Fosfi-sili	7.92	11567.70	No dominado
Convencional	11.2	11788.29	No dominado
Tacre-timo	23.28	12832.65	No dominado

### 4.3.3. Tasa de retorno marginal (TRM)

Al comparar las TRM de cada uno de los tratamientos se pudo determinar que el tratamiento Tacre-timo (Tacre Bacillus + Timorex Gold) fue el más rentable, ya que presentó una TRM de 865%, es decir, por cada dólar invertido al pasar de los tratamientos Convencional y Fosfi-sili al tratamiento Tacre-timo el productor podría recuperar ese dólar y 8.65 dólares más. En cambio, con el tratamiento convencional, aun cuando se recupera el dólar invertido más 6.71 dólares (Cuadro 6), no es la mejor opción ya que en ese tratamiento se utilizaron productos químicos sintéticos que ejercen una gran presión sobre el medio ambiente y la salud humana. No obstante, los resultados obtenidos en este estudio necesitan ser corroborados con investigaciones posteriores donde se utilicen los mismos productos por varios ciclos del cultivo de pepino a fin de ofrecer una recomendación más fundamentada con respecto al uso de productos alternativos al control químico del mildiú veloso en el cultivo de pepino.

Cuadro 6. Tasa de retorno marginal (TRM) de cada uno de los tratamientos evaluados en el patosistema *Cucumis sativus* – *Pseudoperonospora cubensis*.

Tratamientos	CV	CVM	Beneficio neto	BNM	TRM
Fosfi-sili	7.92	15.36	11568	1265	824
Convencional	11.2	3.28	11788	220	671
Tacre-timo	23.28	12.08	12833	1045	865

CV = Costos variables; CVM = Costos variables marginales; BNM = Beneficios netos marginales

En un estudio realizado en Guatemala por Perdomo (2013), donde se evaluó el potencial de rendimiento de cinco variedades de pepino en dos localidades, encontró que la variedad Tropicuke I obtuvo una TRM de 4.74, la cual se puede considerar baja si se compara con el tratamiento convencional del presente estudio en donde se obtuvo una TRM de 6.71. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que en el estudio de Perdomo (2013), el ensayo se manejó de forma convencional y no evaluaron mildiú veloso, sino que estimaron la incidencia de virosis en las cinco variedades incluidas en el estudio.

Con respecto al número de ensayos que se requieren para ofrecer una recomendación científicamente fundamentada para el manejo de plagas, y en este caso particular para el manejo de mildiú veloso en el cultivo de pepino, el CIMMYT (1988), recomienda establecer

ensayos en por lo menos 20 sitios y en al menos dos años consecutivos en ambientes relativamente homogéneos. Una alternativa que se plantea al gran número de ensayos requeridos para la formulación de recomendaciones, es el uso del concepto de “dominios de recomendación”, el cual consiste en la selección de áreas que contengan unidades productivas ubicadas en ambientes relativamente homogéneos y que sean manejadas por agricultores, cuyas características socioeconómicas sean poco variables (Reyes Hernández, 2002).

Con una única práctica de cultivo (por ejemplo, el uso de un cultivar resistente o fungicidas protectantes o sistémicos) no se puede manejar eficazmente el mildiú veloso en el cultivo de pepino a largo plazo. Una eficacia más duradera de un programa de manejo de mildiú veloso debe integrar varias prácticas disponibles, donde cada práctica contribuya a un nivel aceptable global de control de la enfermedad. La integración de diferentes prácticas debería tener como objetivo mantener el uso de plaguicidas al mínimo, con el fin de evitar residuos de plaguicidas en los frutos de pepino cosechados y el efecto nocivo que ejercen los plaguicidas en organismos que no son el objetivo de la aplicación y el efecto negativo sobre el medio ambiente. El costo del programa de manejo de la enfermedad también debe ser económicamente factible para el productor.

Dos prácticas de manejo de enfermedades que se complementan entre sí y que al mismo tiempo reducen la dependencia de los fungicidas son cultivares con resistencia moderada a mildiú veloso y utilizando productos alternativos como es el caso de los productos botánicos, productos biológicos e inductores de resistencia utilizados en este estudio. Estos productos alternativos afectan directamente al patógeno a través de la actividad de contacto, pero algunos también entrarán en los órganos de las plantas y tienen actividad sistémica; otros pueden beneficiar la salud de la planta para que ésta tenga menos probabilidades de ser infectada. En general, estos productos tienen menor toxicidad que los fungicidas convencionales. El riesgo de desarrollo de cepas patógenas resistentes a estos productos es menor que con los fungicidas sistémicos.

La mayoría de los cultivares comerciales de pepino han sido creados en el extranjero y han sido categorizados como resistentes o tolerantes a una o más enfermedades en el cultivo de pepino, tal es el caso del cultivar Tropicuke II, que se cree tiene resistencia a mildiú veloso

(<http://trisanagro.com/product/pepino-tropicuke-ll/>). Estos cultivares todavía necesitan ser evaluados junto con otros cultivares en ensayos de campo en las regiones donde se cultivan comercialmente no solamente en Nicaragua, sino también en otras partes del mundo donde está presente el patosistema *Cucumis sativus* – *Pseudoperonospora cubensis*.

## V. CONCLUSIONES

- El tratamiento que ejerció un efecto negativo desde el punto de vista biológico, pero no desde el punto de vista estadístico, sobre el progreso temporal del mildiu vellosa en el cultivo de pepino fue el tratamiento donde se alternó el uso del producto biológico Tacre Bacillus y el producto botánico Timorex Gold, ya que los valores de severidad y la tasa de incremento de la enfermedad fueron más bajos en las parcelas tratadas con estos productos.
- Los valores promedios de los parámetros de rendimiento fueron mayores en las parcelas tratadas con el producto biológico Tacre-Bacillus y el producto botánico Timorex Gold en comparación con las parcelas donde se aplicaron los inductores de resistencia y parcelas que se manejaron de forma convencional.
- Desde el punto de vista económico, el tratamiento donde se aplicó el producto biológico Tacre-Bacillus y el producto botánico Timorex Gold, resultó ser el más rentable en comparación con los tratamientos donde las parcelas fueron manejadas con inductores de resistencia y de forma convencional.

## VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar de forma separada la eficacia del producto biológico Tacre-Bacillus y la del producto botánico Timorex Gold sobre el mildiu veloso en pepino.
- Realizar más evaluaciones de campo para verificar la rentabilidad económica del producto biológico Tacre Bacillus y el producto botánico Timorex Gold de forma separada y en alternancia en el patosistema *Cucumis sativus* – *Pseudoperonospora cubensis*.
- Incluir en futuras investigaciones otros inductores de resistencia y/u otros productos biológicos para el manejo del mildiú veloso del pepino.

## VII. LITERATURA CITADA

- Akem, C., and Jovicich, E. 2011. Integrated management of foliar diseases in vegetable crops. Final Report. Department of Employment, Economic Development and Innovation (Agri-Science Queensland). Horticulture Australia Ltd. 207 p.
- Arauz, L.F., Neufeld, K.N., Lloyd, A.L., Ojiambo, P.S. 2010. Quantitative models for germination and infection of *Pseudoperonospora cubensis* in response to temperature and duration of leaf wetness. *Phytopathology* 100:959-967.
- Arias, S. 2007. Manual para la producción de pepino. USAID, (RED). 34 p.
- Arauz, F. 1998. Fitopatología un enfoque agroecológico. 1 ed. San José Costa Rica. p. 118.
- Berk y Curt Rost. 1980. El mildiu de las cucurbitáceas causado por *Pseudoperonospora cubensis* señalado en gran canaria. 4 p.
- Bio Nica- Cultivos suelos/ Red semillas. Consultado el 12 de Septiembre de 2016. En línea: <http://bionica.org/es/actividades/centro-capacitacion/>.
- Blake H., Keinath A.P. 2007. Cucumber, squash, melon and other cucurbit diseases. Disponible en: <http://hgic.clemson.edu/>.
- Brown, S., Koike, S. T., Ochoa, O. E., Laemmlen, F., and Michelmore, R. W. 2004. Insensitivity to the fungicide fosetyl-aluminum in California isolates of the lettuce downy mildew pathogen *Bremia lactucae*. *Plant Disease* 88:502-508.
- Cabral, Y. 1997. Análise das alterações climáticas da Cidade de São Paulo (1887-1995) no contexto da expansão de sua mancha urbana. Dissertação (Mestrado em Geo-Estudo del comportamiento de la humedad relativa del aire en centros urbanos. Departamento de Geografía. Facultad de Filosofía, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. 170 p.
- Campbell, C.L., and Madden, L.V. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. United States of America. John Wiley & Sons, Inc. 532 p.
- Carballo, Y., y Díaz, S. 2013. Evaluación de la aplicación de dos soluciones inorgánicas en diferentes sustratos en el rendimiento de cultivo de pepino (*cucumis sativus*) en condiciones hidropónicas sin suelo. Trabajo para optar al título de Lic en ciencias químicas. Universidad de el Salvador. Facultad Multidisciplinaria Oriental. 76 p.
- Castillo, F. Álvarez, E. Gómez, E. Llano, A y Castaño, J. 2010. Mejoramiento nutricional de la rosa para el manejo de *Peronospora sparsa* Berkeley, causante del mildiu velloso. *Rev. Acad. Colomb. Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 34: 137-142.

- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Mexico, D.F., Mexico. CIMMYT. 86 p.
- Cherif, M. y R.R. Belanger. 1992. Use of potassium silicate amendments in recirculating nutrient solutions to suppress *Pythium ultimum* on long English cucumber. Plant Disease 76:1008-1011.
- Cohen, Y. 1981. Downy mildew of cucurbits. In: The Downy Mildews. D.M. Spencer (ed), London Academic Press, New York. pp. 341-354.
- Cohen, Y., Meron, I., Mor, N., & Zuriel, S. 2003. A new pathotype of *Pseudoperonospora cubensis* causing downy mildew in cucurbits in Israel. Phytoparasitica 31:458–466.
- Cohen, Y., and Rubin, A.E. 2012. Mating type and sexual reproduction of *Pseudoperonospora cubensis*, the downy mildew agent of cucurbits. European Journal of Plant Pathology 132:577-592.
- Cohen Y., Rubin, A.E., and Galperin, M. 2013. Host preference of mating type in *Pseudoperonospora cubensis*, the downy mildew causal agent of cucurbits. Plant Disease 97:292
- Colucci, S and Holmes, G. 2010. Downy Mildew of Cucurbits. The Plant Health. Consultado en línea [http:// www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/oomycetes](http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/oomycetes).
- Cristobal Alejo, J. Caamal Eb, L., Tun Suárez, J.M., Pérez Gutiérrez, A., Latournerie Moreno, L., y Gutiérrez Alonso, O. 2006. Epidemiología del mildiu de las cucurbitáceas (*Pseudoperonospora cubensis* Bert & Curt) en materiales de melón (*Cucumis melo* L.). Fitosanidad 10:197-201.
- Dios-Delgado, I., Sandoval-Villa, Manuel., Rodríguez-Mendoza, M.Nieves., Cárdenas-Soriano, E. 2006. Aplicaciones foliares de calcio y silicio en la incidencia de mildiu en lechuga. Terra Latinoamericana 24:91-98.
- EcuRed, 2016. Consultado el 26 de Octubre de 2016. En línea: <https://www.ecured.cu/Mildiu-velloso>.
- González, N. Martínez, B. Martínez, D. 2010. Mildiu Polvoriento en las Cucurbitáceas. Vol. 25 No. 1. Grupo de Fitopatología, División de Protección de Plantas, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Apartado 10, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. p. 44-50.
- Hortomallas, 2015. Enfermedades por Hongos fitopatógenos en el cultivo de Pepino. Consultado el 24 de octubre de 2016. En línea: <https://www.hortomallas.com>.

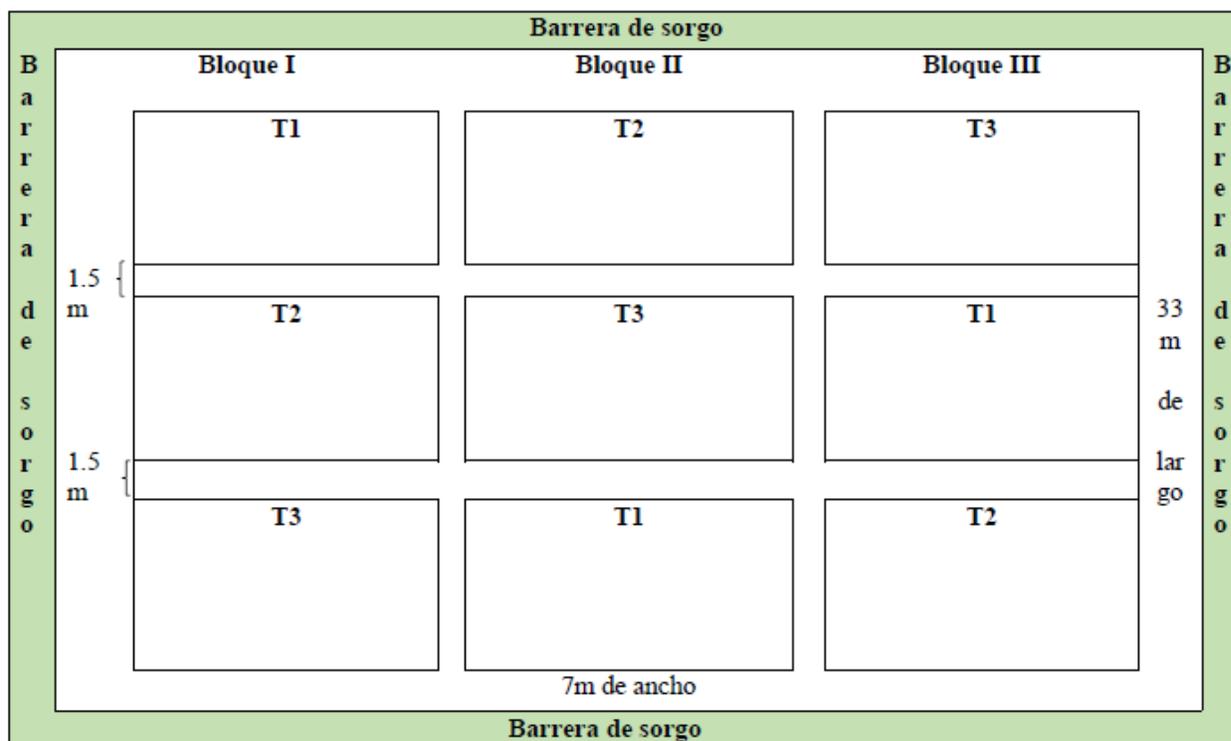
- Innark, P., Khanobdee, C., Samipak, S., and Jantasuriyarat, C. 2013. Evaluation of genetic diversity in cucumber (*Cucumis sativus* L.) germplasm using agro-economic traits and microsatellite markers. *Scientiae Horticulturae-Amsterdam* 162: 278-284.
- James, W.C. 1974. Assessment of plant diseases and losses. *Annual Review of Phytopathology* 12:27-48.
- Jirón-Mairena, V. A., y Jirón-Torres, A. M. 2014. Métodos de desinfección térmica del mosaico del pepino (Cucumber Mosaic Virus) en semillas de pipián (*Cucurbita pepo*). Tesis Ingeniero en Agroecología Tropical. UNAN-León. 25 p.
- Lebeda, A., and Cohen, Y. 2011. Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) - biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control. *European Journal of Plant Pathology* 129:157-192.
- Liang, Y.C., Sun, W.C., Si, J., and Römheld, V. 2005. Effects of foliar- and root-applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*. *Plant Pathology* 54:678-685.
- Lv, J., Qi, J., Shi, Q., Shen, D., Zhang, S., Shao, G., Li, H., Sun, Z., Weng, Y., Shang, Y., Gu, X., Li, X., Zhu, X., Zhang, J., van Treuren, R., van Doijeweert, W., Zhang, Z., and Huang, S. 2012. Genetic Diversity and Population Structure of Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *PLoS ONE* 7(10): e46919.
- Meglic, V., and Staub, J.E. 1996. Genetic diversity in cucumber (*Cucumis sativus* L). II. An evaluation of selected cultivars released between 1846 and 1978. *Genetic Resources and Crop Evolution* 43:547-558.
- McDonald, B.A., and Linde, C. 2002. The population genetics of plant pathogens and breeding strategies for durable resistance. *Euphytica* 124:163-180.
- Méndez Leiva, W., Arauz, L.F., Ríos, R. 2010. Evaluación de fungicidas convencionales e inductores de resistencia para el combate de mildiú vellosa (*Pseudoperonospora cubensis*) en melón (*Cucumis melo*). *Agronomía Costarricense* 34:153-164.
- Michereff, S.J., Noronha, M.A., Lima, G.S.A., Albert, I.C.L., Melo, E.A., and Gusmao, L.A. 2009. Diagrammatic scale to assess downy mildew severity in melon. *Horticultura Brasileira* 27:76-79.
- Neufeld, K.N., and Ojiambo, P.S. 2012. Interactive effects of temperature and leaf wetness duration on sporangia germination and infection of cucurbit hosts by *Pseudoperonospora cubensis*. *Plant Disease* 96:345-353.
- Perdomo, J. 2013. Evaluación del potencial de rendimiento y adaptabilidad de cinco cultivares de pepino (*Cucumis sativus* L: Cucurbitaceae). Trabajo de graduación para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Guatemala. 57 p.

- Pozza, E. A., Alexandre Pozza, A. A., e dos Santos Botelho, D.M. 2015. Silicon in plant disease control. *Revista Ceres*, Viçosa 62:323-331.
- 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.
- Reyes Hernández, M. 2002. Análisis de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: re-enseñando el uso de este enfoque. *LA CALERA* 3:40-48.
- Ruíz-Sánchez, E., Tun-Suárez, J.M., Pinzón-López, L.L., Valerio-Hernández, G., y Zavala-León, M.J. 2008. Evaluación de fungicidas sistémicos para el control del mildiú velloso (*Pseudoperonospora cubensis* Bert & Curt.) Rost., en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14:79-84.
- Salvador, F. 2015. Gestión integrada de plagas en pepino bajo invernadero. Documentos Técnicos n° 08. 32 p.
- Sánchez, R., Pino, B., Iznaga, Y., Malpartida, F. 2002. Efecto del fungicida natural F20 contra la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* M) en plátano AAS y banano AAA. Turrialba Costa Rica: Infomusa.
- Savory, E.A., Granke, L.L., Quesada-Ocampo, L.M., Varbanova, M., Hausbeck, M.K., and Day, B. 2011. The cucurbit downy mildew pathogen *Pseudoperonospora cubensis*. *Molecular Plant Pathology* 12:217-226.
- Sebastian, P., Schaefer, H., Telford, I.R.H., Renner, S.S. 2010. Cucumber (*Cucumis sativus*) and melon (*C. melo*) have numerous wild relatives in Asia and Australia, and the sister species of melon is from Australia. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 107:14269–14273.
- Shaner, G., and R. E., Finney. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology* 67: 1051-1056.
- Smith, I. 1988. *European Handbook of Plant Diseases*. Palo alto California 582 p.
- Staub, J.E., Serquen, F.C. and McCreight, J.D. 1997. Genetic diversity in cucumber (*Cucumis sativus* L). III. An evaluation of Indian germoplasm. *Genetic Resources and Crop Evolution* 44:315-326.
- Stein, T. 2005. *Bacillus subtilis* antibiotics: structures, syntheses and specific functions. *Molecular Microbiology* 56:845-857.
- Syngenta 2014. Timorex Gold: Fungicida Natural Concentrado Emulsionable (EC). 8 p.
- Thomas, A., Carbone, I., Ojiambo, P.S. 2014. Comparative genomic analysis of *Pseudoperonospora cubensis* to elucidate the genetic basis of host specialization. *Phytopathology* 104:S3.118

- Torres, M. 2007. Producción de hortalizas todo el año (Boletín 10) 42 p.
- Valle, N.A. y Moran, J.C. 2012. Manual técnico para la producción de cucurbitáceas. Programa de Desarrollo Participativo Integral Rural (DEPARTIR). Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. 28 p.
- Zamudio, B., y Felix, A. 2014. Producción de pepino bajo invernadero en Valles Altos del Estado de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 56 Pág.
- Zhang, X., Chen, Y., Zhang, Y. J., & Zhou, M. G. 2008. Occurrence and molecular characterization of azoxystrobin resistance in cucumber downy mildew in Shandong province in China. *Phytoparasitica* 36:136–143.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Plano de campo de la parcela del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L).



**T1:** Timorex Gold + Tacre Bacillus  
**T2:** Oxido de Silicio + fosfito de potasio  
**T3:** Clorotalonil + Previmax

Área Total: 693 m<sup>2</sup>  
Distancia entre Bloque: 1.5 m  
Distancia entre planta: 40 cm  
Distancia entre surco: 1.5 m  
Distancia de barrera de Sorgo: 1.5 m

**Anexo 2. Establecimiento del semillero del cultivo de pepino (llenado de bandejas – A; plántulas de pepino – B; aplicación del insecticida Renova 25 WG – C).**



**Anexo 3. Establecimiento del cultivo Tres semanas – A; Cultivo a los tres meses – B.**



**Anexo 4. Aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium* para combatir plagas de suelo (Restos de la preparación – A; Llenado de bomba con la solución para aplicar al cultivo de pepino – B)**



## Anexo 5. Análisis de varianza de la incidencia de MV en pepino (trat-ddt)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
incid	54	0.95	0.92	12.69

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	61656.00	17	3626.82	37.01	<0.0001
trat	171.00	2	85.50	0.87	0.4266
dds	60969.56	5	12193.91	124.43	<0.0001
trat*dds	515.44	10	51.54	0.53	0.8603
Error	3528.00	36	98.00		
Total	65184.00	53			

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.06577**

Error: 98.0000 gl: 36

trat	Medias	n	E.E.
Fosfi-sili	75.50	18	2.33 A
Tacre-timo	79.00	18	2.33 A
Convencional	79.50	18	2.33 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=14.04002**

Error: 98.0000 gl: 36

dds	Medias	n	E.E.
30.00	7.33	9	3.30 A
37.00	67.33	9	3.30 B
44.00	95.33	9	3.30 C
51.00	98.56	9	3.30 C
58.00	99.44	9	3.30 C
65.00	100.00	9	3.30 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Anexo 6. Análisis de varianza de la severidad de mildiú veloso

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Severidad	54	0.93	0.89	35.90

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	531.01	17	132.75	2.10	<0.0001
Tratamiento	182.53	2	91.26	1.35	0.4379
DDS	31001.82	5	6200.36	91.53	<0.0001
Tratamiento*DDS	417.74	10	41.77	0.62	0.7895
Error	2438.82	36	67.74		
Total	34040.91	53			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=23.12582**

Error: 63.1557 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Tacre-timo	57.41	3	4.59 A
Convencional	63.48	3	4.59 A
Fosfi-sili	66.53	3	4.59 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=11.67329**

Error: 67.7450 gl: 36

DDS	Medias	n	E.E.
30.00	0.69	9	2.74 A
37.00	3.01	9	2.74 A
44.00	5.52	9	2.74 A
51.00	17.34	9	2.74 B
58.00	48.52	9	2.74 C
65.00	62.48	9	2.74 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Anexo 7. Análisis de varianza para el área bajo la curva de progreso de mildiú veloso

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
abcpe	45	0.97	0.93	27.74

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	989905.34	28	35353.76	20.94	<0.0001
trat	8419.77	2	4209.89	2.49	0.1141
bloque	10373.78	2	5186.89	3.07	0.0743
ddt	914724.76	4	228681.19	135.45	<0.0001
trat*bloque	36882.38	4	9220.59	5.46	0.0057
trat*ddt	13250.26	8	1656.28	0.98	0.4847
bloque*ddt	6254.40	8	781.80	0.46	0.8644
Error	27011.96	16	1688.25		
Total	1016917.31	44			

#### Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=38.71354

Error: 1688.2477 gl: 16

trat	Medias	n	E.E.	
Tacre-timo	131.74	15	10.61	A
Fosfi-sili	147.42	15	10.61	A
Convencional	165.22	15	10.61	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=38.71354

Error: 1688.2477 gl: 16

bloque	Medias	n	E.E.	
1.00	126.96	15	10.61	A
2.00	155.61	15	10.61	A
3.00	161.82	15	10.61	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=59.34091

Error: 1688.2477 gl: 16

ddt	Medias	n	E.E.	
37.00	12.95	9	13.70	A
44.00	29.87	9	13.70	A B
51.00	78.79	9	13.70	B
58.00	230.53	9	13.70	C
65.00	388.50	9	13.70	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=92.44598

Error: 1688.2477 gl: 16

trat	bloque	Medias	n	E.E.	
Convencional	1.00	98.84	5	18.38	A
Tacre-timo	1.00	113.61	5	18.38	A
Fosfi-sili	3.00	119.70	5	18.38	A
Tacre-timo	2.00	137.41	5	18.38	A B
Tacre-timo	3.00	144.20	5	18.38	A B
Fosfi-sili	2.00	154.14	5	18.38	A B
Fosfi-sili	1.00	168.42	5	18.38	A B
Convencional	2.00	175.28	5	18.38	A B
Convencional	3.00	221.55	5	18.38	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 8. Parámetros para la comparación de modelos y análisis de las epidemias de mildiú veloso en el cultivo de pepino.**

Modelo	R <sup>2</sup>	CME	R* <sup>2</sup>	Intercepto	DEI	TIE (pendiente)	DE-TIE
Tratamiento Tacre-timo							
Exponencial	0.94	0.08	0.92	-7.91	0.35	0.12	0.007
Monomolecular	0.78	0.12	0.75	-0.84	0.15	0.02	0.003
Logístico	0.96	0.04	0.96	-8.75	0.36	0.14	0.007
Gompertz	0.93	0.05	0.94	-3.50	0.21	0.08	0.004
Tratamiento Fosfi-sili							
Exponencial	0.96	0.14	0.83	-9.31	0.38	0.14	0.007
Monomolecular	0.75	0.17	0.69	-1.16	0.23	0.03	0.004
Logístico	0.96	0.07	0.93	-10.47	0.45	0.17	0.009
Gompertz	0.90	0.07	0.92	-4.20	0.31	0.07	0.006
Tratamiento Convencional							
Exponencial	0.89	0.18	0.72	-8.55	0.57	0.13	0.011
Monomolecular	0.68	0.17	0.68	-1.66	0.27	0.03	0.005
Logístico	0.89	0.11	0.83	-9.72	0.70	0.16	0.014
Gompertz	0.83	0.10	0.85	-4.01	0.40	0.07	0.008

Nota: R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación; CME = cuadrado medio del error; R\*<sup>2</sup> = coeficiente de determinación para la concordancia entre la severidad (y) observada y predicha y no entre la severidad (y) observada y predicha transformada, es decir, y<sup>\*</sup>; DEI = desviación estándar del intercepto; TIE = tasa de incremento de la enfermedad; DE-TIE = desviación estándar de la tasa de incremento de la enfermedad.

## Anexo 9. Análisis de varianza para el peso total (kg ha<sup>-1</sup>)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Pesototal	9	0.80	0.61	10.36

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	88585678.81	4	22146419.70	4.12	0.0995
Tratamiento	9620560.93	2	4810280.46	0.90	0.0352
Repetición	78965117.89	2	39482558.94	7.35	0.0458
Error	21490747.31	4	5372686.83		
Total	110076426.12	8			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.21543**

Error: 5372686.8267 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.
-------------	--------	---	------

Fosfi-sili	21436.33	3	1338.24 A
------------	----------	---	-----------

Convencional	21850.90	3	1338.24 B
--------------	----------	---	-----------

Tacre-timo	23807.27	3	1338.24 C
------------	----------	---	-----------

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.21543**

Error: 5372686.8267 gl: 4

Repetición	Medias	n	E.E.
------------	--------	---	------

3.00	18515.13	3	1338.24 A
------	----------	---	-----------

2.00	22859.40	3	1338.24 B
------	----------	---	-----------

1.00	25719.97	3	1338.24 C
------	----------	---	-----------

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )