



Universidad Nacional Agraria Facultad de Agronomía

Trabajo de Graduación

**Comportamiento agronómico y epidemiológico de
germoplasma de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)
manejado con enmienda orgánica e inorgánica, El
Plantel 2017**

Autores

**Br. Tania del Carmen Orozco
Br. Zurama Belén Briones Úbeda**

Asesor

Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz

Managua, Nicaragua

Octubre 2017



Universidad Nacional Agraria Facultad de Agronomía

Trabajo de Graduación

**Comportamiento agronómico y epidemiológico de
germoplasma de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)
manejado con enmienda orgánica e inorgánica, El
Plantel 2017**

Autores

**Br. Tania del Carmen Orozco
Br. Zurama Belén Briones Úbeda**

Asesor

Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz

Presentado al honorable Tribunal Examinador como requisito
parcial para optar al grado de Ingeniero en Sistemas de
Protección Agrícola y Forestal

Managua, Nicaragua

Octubre 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:

Miembros del Tribunal Examinador

Presidente

Secretario

Vocal

Lugar y Fecha (día/mes/año) _____

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE FIGURAS	vi
INDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3.1. Ubicación del área de estudio	4
3.2. Diseño metodológico	4
3.2.1. Comportamiento del inóculo de <i>Ralstonia solanacearum</i> en el suelo	4
3.2.2. Incorporación de enmienda orgánica (lombrihumus) e inorgánica (cal).....	5
3.2.3. Establecimiento de semillero.....	5
3.2.4. Diseño experimental	5
3.2.5. Manejo del experimento	6
3.3. Identificación de enfermedades foliares y radiculares.....	7
3.4. Variables evaluadas	8
3.4.1. Variables de crecimiento y desarrollo	8
3.4.2. Potencial de rendimiento	8
3.4.3. Variables epidemiológicas.....	8
3.5. Recolección de datos	11
3.6. Análisis de datos	11
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
4.1. Características agronómicas de las variedades de tomate.....	12

4.1.1.	Variables de crecimiento y desarrollo	12
4.1.2.	Potencial de rendimiento por parcelas.....	13
4.1.3.	Potencial de rendimiento y grados Brix de variedades.....	14
4.2.	Identificación de enfermedades foliares y radiculares.....	17
4.3.	Intensidad de las enfermedades sobre las variedades de tomate.....	20
4.3.1.	Intensidad de la marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>).....	20
4.3.2.	Intensidad de virosis	26
4.4.	Patrón espacial de las enfermedades.....	33
4.4.1.	Patrón espacial de la marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>)	33
4.4.2.	Patrón espacial de virosis	35
4.5.	Comportamiento del inóculo de <i>R. solanacearum</i> en el suelo.....	37
4.5.1.	Medición de las unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de suelo antes y después de la aplicación de las enmiendas.....	37
4.5.2.	Relación entre la incidencia de marchitez bacteriana y las unidades formadoras de colonias (ufc) por gramo de suelo en los bloques o repeticiones.....	40
V.	CONCLUSIONES	41
VI.	RECOMENDACIONES	42
VII.	LITERATURA CITADA	43
VIII.	ANEXOS	50

DEDICATORIA

Con mucho amor y respeto dedico a **Dios** este trabajo que he realizado con mucho esfuerzo, por ser la fuente de luz divina en todo momento, por ser el quien me dio la fuerza he inteligencia para culminar. Porque Jehová da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia (Proverbios 2.6).

A mi madre **Epifanía Orozco Manzanares** por ser mi benefactora de vida, por enseñarme que la mejor herencia que un padre puede dejar a un hijo, es su formación, y por ser mi ejemplo de “mujer virtuosa”. A mi hermana **Gloria Elizabeth Orozco** quien ha estado siempre brindándome su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida, que felicidad poder compartir la vida contigo, gracias por ser mi pilar, mi mayor ejemplo a seguir. Las amo.

Al padre de mi hija **Oscar Arnulfo Laguna López** eres la llama de amor que nace en mi corazón, y que nadie la puede apagar, doy gracias a Dios, por darme un hombre sencillo y virtuoso, eres mi camino de amor en mi vida, Que alegría poder compartir contigo este momento de metas cumplidas. Te Amo. A mi pequeño milagro, nuestra hija **Atena Yahoska Laguna Orozco** porque eres nuestro mayor motor de vida, la luz de nuestros ojos y la mejor bendición que Dios nos ha enviado.

Mi familia que Dios les bendiga y multiplique todas sus bondades. Que la felicidad de momentos como este nos permita soñar, y nos fortalezca en cada nueva meta que emprendamos; el éxito está en nuestras manos y sobre todo en las de Dios. Los quiero.

A mi compañera de tesis y amiga **Zurama Belén Briones Úbeda** por su confianza, tolerancia y por su gran y profunda colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Br. Tania del Carmen Orozco

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de tesis primeramente a Dios padre el creador de la vida por haber concluido con mi carrera universitaria porque es el que nos da la inteligencia y sabiduría nos guía por el camino del bien para que no nos tropecemos y logremos alcanzar nuestras metas que desde niña me he propuesto y con ayuda de El lograr ser una profesional para honra y orgullo de mi familia.

A mis padres María Jesús Úbeda Herrera y Evelio José Briones Herrera a quienes les agradezco por haberme apoyado en todos estos 5 años de la carrera que a pesar de tantos obstáculos nunca me dieron la espalda y con mucho sacrificio ello siempre me apoyaron para lograr concluir y gracias por haberme enseñado a ser una mujer de bien que con todos sus valores y consejos culmine con mis estudios que el ser una profesional es la mejor herencia que me pueden dejar ya que esto nos dura para toda la vida y así superarnos día a día gracias a mis padres por todo su amor y consejos brindados.

A mi familia que ellos estarán orgullosos de este triunfo y que el señor siga derramando bendiciones y siempre logremos triunfar en todo lo que nos proponamos unidos podemos vencer cualquier obstáculo.

Bueno sin más que mencionar a mi compañera de tesis Tania del Carmen Orozco por toda esa paciencia que nos hemos tenido la una a la otra gracias por ayudarme en todas las dificultades que tuve siempre estuviste ahí sin decirme que no gracias amiga.

Br. Zurama Belén Briones Úbeda

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecemos a **Dios** por habernos dado la sabiduría, el entendimiento y la armonía necesaria, para desempeñarnos en el transcurso de nuestros estudios.

A nuestro asesor **Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz** que Dios le bendiga e ilumine por sus conocimientos, le permita cosechar abundantes frutos de su buen trabajo, por ser la persona que nos enseñó no solo conocimientos científicos, sino, disciplina, responsabilidad, eficiencia, perseverancia, ética y profesionalismo.

Gracias por su apoyo y compañerismo, en el desarrollo simultaneo de esta investigación, que siempre coseche el fruto de su trabajo. Un honor para nosotras haber tenido la oportunidad de su guía durante la carrera y en el ejercicio profesional supervisado, por brindarnos calidad de enseñanza, por forjar en nosotros valores de sencillez y llevarlos a la práctica.

Por su apoyo incondicional y los conocimientos compartidos, por su apoyo al desarrollo de esta investigación, damos gracias a Dios por su amistad y colaboración.

A la Universidad Nacional Agraria (**UNA**) por brindarnos la oportunidad de realizarnos como profesionales bajo esta alma mater.

Br. Tania del Carmen Orozco

Br. Zurama Belén Briones Úbeda

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Distribución de los diferentes tratamientos en diseño de parcelas divididas del experimento en campo.	6
2.	Valores promedios de altura de planta (cm) y diámetro de tallo (cm) de variedades de tomate en parcelas con enmiendas y sin enmiendas.	12
3.	Numero de botones florales por planta (NBFP), numero de flores por planta (NFLP), numero de racimos florales por planta (NRFP), numero de frutos por planta (NFRP), de variedades de tomate sembradas en parcelas tratadas con enmiendas (lombrihumus y cal) y sin enmiendas (convencional).	13
4.	Número de botones florales por planta (NBFP), número de flores por planta (NFLP), número de racimos florales por planta (NRFP), y número de frutos por planta (NFRP) en cuatro variedades de tomate.	14
5.	Valores promedios de diámetro ecuatorial (cm), diámetro polar (cm), peso de fruto (g) y grados Brix (°Brix) de frutos de tomate por parcelas y variedades.	15
6.	Incidencia de marchitez bacteriana en cuatro variedades de tomate por bloque o repeticiones.	22
7.	Incidencia de virosis en las variedades de tomate Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98 en parcelas con enmiendas de lombrihumus, cal y sin enmiendas (convencional).	30
8.	Valores de incidencia de virosis (expresados en porcentajes) en cuatro variedades de tomate por bloques o repeticiones.	30
9.	Patrón espacial de la marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>) en el campo.	33
10.	Patrón espacial de virosis en el campo.	35

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Comparación de rendimientos (kg ha ⁻¹) de variedades de tomate en parcelas con enmiendas y sin enmiendas (convencional).	16
2.	Síntomas de marchitez bacteriana (<i>R. solanacearum</i>) en etapas iniciales de la enfermedad (A) y en etapa final (muerte de la planta) en la variedad Peto-98 (B).	18
3.	Presencia de mosca blanca en hojas de tomate (A), síntomas de mosaico rugoso severo en el follaje (B), síntomas de enrojecimiento de follaje (C) y presencia de secreciones de mosca en frutos de tomate (D).	19
4.	Porcentaje de incidencia de marchitez bacteriana, en cuatro variedades de tomate, Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega, Peto-98.	21
5.	Porcentaje de incidencia de marchitez bacteriana encontrada en cada uno de los bloques o repeticiones.	22
6.	Curvas de progreso de la incidencia de marchitez bacteriana en días después del trasplante (DDT) en cuatro variedades de tomate.	23
7.	Área bajo la curva de progreso de la marchitez bacteriana (ABCPMB) en las variedades Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98 en la parcela con enmienda de lombrihumus.	24
8.	Área bajo la curva de progreso de la marchitez bacteriana (ABCPMB) en las variedades Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98 en la parcela con enmienda de cal.	25
9.	Área bajo la curva de curva de progreso de la marchitez bacteriana (ABCPMB) en las variedades Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98 en la parcela sin enmiendas o parcela convencional.	26
10.	Incidencia de virosis en las parcelas con lombrihumus, con cal y sin enmiendas (convencional).	27
11.	Incidencia de virosis en la variedades de tomate Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98.	27
12.	Curvas de progreso de la incidencia de virosis en las variedades Inta-L5 (■), Inta-L7 (◆), Inta-Jinotega (×) y Peto-98 (●) desde los 28 días después del trasplante (DDT) hasta los 56 DDT.	29

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
13.	Área bajo la curva de curva de progreso de virosis (ABCPV) en las variedades Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98 en la parcela con enmienda de lombrihumus.	31
14.	Área bajo la curva de progreso de virosis (ABCPV), en las variedades Inta-L5, Inta-L7, Peto-98 y Inta-Jinotega, en la parcela con enmienda de cal.	31
15.	Área bajo la curva de progreso de virosis (ABCPV), en las variedades Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98, en la parcela sin enmiendas o parcela convencional.	32
16.	Dinámica del inóculo de <i>Ralstonia solanacearum</i> expresado como [Log10 (ufc g ⁻¹ de suelo seco) 30 días antes de la incorporación de las enmiendas (30DAIE) y 150 días después de la incorporación de enmiendas (150DDIE).	38
17.	Relación entre la incidencia de marchitez bacteriana y el inóculo de <i>R. solanacearum</i> expresado como [Log10 (ufc g ⁻¹ de suelo seco) por bloque o repeticiones.	40

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1.	Fotografía satelital de la parcela donde se estableció el ensayo en el centro de Experimentación y Validación “El Plantel”.	50
2.	Plano de campo del experimento de evaluación de variedades, enmiendas.	51
3.	Análisis de varianza de altura y diámetro de planta.	52
4.	Análisis de varianza del número de botones florales, número de racimos frutales, número de flores y frutos por planta.	54
5.	Andeva del diámetro polar, diámetro ecuatorial y grados Brix (°B).	57
6.	Análisis de varianza de rendimiento (kg ha ⁻¹)	59
7.	Andeva del porcentaje de incidencia de marchitez bacteriana en parcelas con enmiendas de lombrihumus, con cal y parcela sin enmiendas (convencional).	60
8.	Área bajo la curva de curva de progreso de la marchitez bacteriana (ABCPMB).	61
9.	Análisis de varianza para la incidencia de virosis	65
10.	Área bajo la curva de curva de progreso de virosis (ABCPV)	66
11.	Análisis de varianza de unidades formadoras de colonias (ufc) un mes antes de la incorporación de las enmiendas y cinco meses después de la incorporación de las enmiendas.	70

RESUMEN

En Nicaragua, el tomate es sembrado de forma convencional haciendo uso de plaguicidas sintéticos para el control de las principales plagas y enfermedades que afectan a este cultivo. Sin embargo, es de vital importancia la búsqueda de alternativas al uso de plaguicidas. Por consiguiente, este estudio se emprendió con el objetivo de generar información acerca del comportamiento agronómico y epidemiológico de diferentes variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en parcelas tratadas con enmiendas y microorganismos antagonistas. Se estableció un experimento en diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar y tres repeticiones. Las parcelas con lombrihumus, cal y sin enmiendas fueron ubicadas en las parcelas principales, mientras que en las subparcelas se ubicaron cuatro variedades de tomate. Se aplicó una fórmula comercial que contiene cuatro especies del género *Bacillus* como microorganismos antagonistas. Se evaluaron variables asociadas a rendimiento y variables epidemiológicas. Los parámetros de potencial de rendimiento fueron superiores en las parcelas donde se aplicaron las enmiendas. En la variedad Inta-L7 fue donde se observó el mayor valor promedio de rendimiento. Las enfermedades que prevalecieron fueron la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* y una enfermedad viral. La intensidad de la marchitez bacteriana y de la enfermedad viral fue mayor en la variedad Peto-98 que en las otras variedades. El patrón espacial de la marchitez bacteriana en el campo fue 67% aleatorio y 33% agregado. El patrón espacial de la virosis fue completamente aleatorio. La reducción del inóculo de *Ralstonia solanacearum* en el suelo fue notorio en las parcelas donde se aplicaron enmiendas y la bacteria antagonista *Bacillus*. El uso de enmiendas orgánicas e inorgánicas en combinación con microorganismos antagonistas representa una buena alternativa para el manejo de patógenos radiculares en el cultivo de tomate enmarcado dentro de un manejo integrado de enfermedades.

Palabras claves: *Ralstonia solanacearum*, epidemiología, enmiendas, antagonistas

ABSTRACT

In Nicaragua, tomato is planted in a conventional way using synthetic pesticides to control the main pests and diseases that affect this crop. However, the search for alternatives to the use of pesticides is of utmost importance. Therefore, this study was undertaken with the objective of generating information on the agronomic and epidemiological behavior of different tomato varieties (*Solanum lycopersicum* L.) in plots treated with antagonistic microorganisms and amendments. An experimental design was established in split plots into complete blocks at random and three replicates. The plots with lombrihumus, lime and without amendments were located in the main plots, while in the subplots four tomato varieties were located. A commercial formula was applied containing four species of the genus *Bacillus* as antagonistic microorganisms. Variables associated with yield and epidemiological parameters were evaluated. The potential yield parameters were higher in the plots where the amendments were applied. In the Inta-L7 variety, the highest average yield was observed. The diseases that prevailed were bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* and a viral disease. The intensity of bacterial wilt and viral disease was higher in the Peto-98 variety than in the other varieties. The spatial pattern of bacterial wilt in the field was 67% random and 33% aggregate. The spatial pattern of the viral disease was completely random. The reduction of *Ralstonia solanacearum* inoculum in the soil was notorious in the plots where amendments and the bacterial antagonist *Bacillus* were applied. The use of organic and inorganic amendments in combination with antagonistic microorganisms represent a good alternative for the management of soilborne pathogens in the tomato crop framed within an integrated management of diseases.

Key words: *Ralstonia solanacearum*, epidemiology, amendments, antagonist

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) fue domesticado en el continente Americano, sin embargo, el sitio original de domesticación y los primeros eventos de domesticación son en gran parte oscuros (Peralta y Spooner, 2007). Se han propuesto dos hipótesis para el lugar original de la domesticación del tomate, una peruana y otra mexicana. Aunque no existe una prueba definitiva del tiempo y el lugar de la domesticación, se presume que México es la región más probable de domesticación, con Perú como centro de diversidad para los parientes silvestres (Larry y Joanne, 2007).

El tomate cultivado, *Solanum lycopersicum* L., pertenece a la diversa Familia Solanaceae, que incluye más de 3000 especies, ocupando una amplia variedad de hábitats (Knapp 2002). Las solanáceas contienen muchas especies utilizadas como alimentos (tomates, papas, pimientos y berenjenas), de uso medicinal (hierba mora, hierba loca, estramonio) y ornamentales (petunias) (Knapp y Peralta, 2016). *Solanum lycopersicum* fue previamente reconocido como *Lycopersicon esculentum* Mill., sin embargo, datos morfológicos y secuencias moleculares apoyan su inclusión en el gran género *Solanum* L (Peralta y Spooner 2001; Peralta y Spooner, 2005; Spooner et al., 2005; Peralta et al., 2006; Peralta et al., 2008).

Según datos de la FAO (2017), en Nicaragua, en el año 2014 se cultivaron 1246 hectáreas de tomate para consumo fresco. El cultivo de tomate se siembra durante todo el año en Nicaragua, principalmente por pequeños productores, y es un importante cultivo comercial (Monger et al., 2008).

El tomate alberga más de 200 especies de plagas de artrópodos y fitopatógenos que pueden causar pérdidas económicas significativas (Bai y Lindhout, 2007). En Nicaragua, el cultivo de tomate es seriamente afectado por los begomovirus desde los años 90's y el número de moscas blancas en las plantas enfermas es por lo general muy alto (Polston & Anderson, 1997; Rojas, et al., 2000; Morales y Anderson, 2001; Ala-Poikela et al., 2005).

Con respecto a los patógenos de suelo, la bacteria *Ralstonia solanacearum* es uno de los patógenos más destructivos identificados hasta la fecha, considerando que su rango de hospedantes es extenso (abarca más de 200 especies de plantas), y es un patógeno que se distribuye por todo el mundo e induce un impacto económico significativo (Nion y Toyota, 2016; Gutarra et al., 2017).

La naturaleza ha proporcionado una gran riqueza de genes de resistencia a enfermedades en las especies silvestres, con los cuales se han logrado éxitos notables en la transferencia de esos genes en el cultivo de tomate para el manejo de enfermedades virales, fungosas y bacterianas (Bai y Lindhout, 2007).

En el manejo de la marchitez bacteriana (*R. solanacearum*) se han utilizado métodos físicos, químicos, biológicos y culturales (Nion y Toyota, 2015). Se ha demostrado que los agentes de control biológico emplean mecanismos tales como competencia por espacio y nutrientes, antibiosis, parasitismo y resistencia sistémica adquirida (Ding et al., 2006). La adición de enmiendas orgánicas, además de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas, también estimulan la actividad de microorganismos que son antagonistas de patógenos de suelo (Akhtar y Malik, 2000; Alfano et al., 2011).

En Nicaragua, el tomate es sembrado de forma convencional haciendo uso de productos químicos para el control de las principales plagas y enfermedades que afectan a este cultivo desde la etapa de semillero hasta la etapa de la cosecha. Con la realización del presente estudio se buscó determinar ciertas características agronómicas relacionadas a rendimiento y si existía o no tolerancia en las variedades de tomate a enfermedades virales, enfermedades fungosas del follaje y enfermedades del suelo. El uso de estas variedades estuvo acompañado del empleo de enmiendas de origen orgánico e inorgánico para verificar si existe alguna relación positiva en la combinación de variedades tolerantes y estas enmiendas a fin de reducir el efecto nocivo de las enfermedades que son claves en el cultivo de tomate y disminuir la frecuencia y las dosis de plaguicidas usados en este cultivo para combatir las plagas.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Generar información acerca del comportamiento agronómico y epidemiológico de diferentes variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en parcelas tratadas con enmienda orgánica e inorgánica en época de postrera.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar las características agronómicas relacionadas al potencial de rendimiento en las variedades de tomate Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98 en época de postrera en parcelas tratadas con enmienda orgánica e inorgánica.
- Identificar las enfermedades foliares y radiculares que afectan a las variedades de tomate Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98 en época de postrera en parcelas tratadas con enmienda orgánica e inorgánica.
- Determinar la intensidad de las enfermedades identificadas sobre las variedades de tomate Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98 en época de postrera en parcelas tratadas con enmienda orgánica e inorgánica.
- Determinar el patrón espacial de las enfermedades identificadas en las diferentes parcelas con las variedades de tomate Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98 en época de postrera.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

El experimento se estableció en la Unidad de Experimentación y Validación El Plantel 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 una altura de 120 metros sobre el nivel del mar (Anexo 1). El promedio de las temperaturas entre abril y mayo es levemente arriba de 28°C. La evaporación promedio 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, con un promedio de 1350 mm/año. 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, 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.

3.2. Diseño metodológico

3.2.1. Comportamiento del inóculo de *Ralstonia solanacearum* en el suelo

El comportamiento de la bacteria *R. solanacearum* en las parcelas experimentales se determinó mediante su detección en muestras de suelo. Este procedimiento fue necesario debido a que en las parcelas donde se estableció el experimento se había detectado la incidencia de este patógeno en un cultivo de chiltoma (*Capsicum annuum* L.) que se había sembrado en ese sitio. Se tomaron muestras de suelo de aproximadamente 1 kg por cada una de las tres parcelas donde se establecería el ensayo.

Para la obtención de cultivos puros de *R. solanacearum* a partir de muestras de suelo se hizo una dilución en serie, la cual se detalla a continuación. De las muestras de suelo extraídas se tomaron 10 gramos y se diluyeron en 90 ml de agua destilada estéril (ADE), se agitó con fuerza para homogenizar la solución. Posteriormente se transfirió 1 ml de la solución madre a un tubo con 9 ml de ADE obteniendo la dilución 10^{-2} . De la dilución 10^{-2} se transfirió 1 ml a otro tubo que contenía 9 ml ADE para obtener la dilución 10^{-3} . Este procedimiento se repitió hasta obtener las diluciones 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6} . De las diluciones 10^{-5} y 10^{-6} se sembró 0.1 ml

de cada dilución en platos Petri con medios nutritivos agar nutriente (AN) y medio selectivo cloruro de tetrazolium (TZC) (Tortora et al., 2007).

Las muestras de suelo para la detección de *R. solanaceum* se tomaron antes de la incorporación de las enmiendas (21 de Septiembre 2016) y a los 63 días después del trasplante (22 de Febrero 2017) a fin de conocer la dinámica del inóculo de la bacteria en el suelo y relacionarla con la incidencia del patógeno.

3.2.2. Incorporación de enmienda orgánica (lombrihumus) e inorgánica (cal)

Las enmiendas se incorporaron un mes antes del trasplante de las plántulas de tomate. La enmienda orgánica incorporada fue lombrihumus a razón de 20 toneladas por hectárea (0.396 toneladas en 198 m²) y la enmienda inorgánica cal se aplicó a razón de cinco toneladas por hectárea (0.09 toneladas en 198 m²). Estas dosis utilizadas se basaron en el estudio realizado por Michel y Mew (1998).

3.2.3. Establecimiento de semillero

Se utilizaron cuatro variedades de tomate: Inta-Jinotega (Inta-L4), Inta-L5, Inta-L7 (Inta-Valle Sébaco) y Peto-98. Las tres primeras variedades fueron desarrolladas por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Nicaragua. La variedad Peto-98 es una variedad comercial que sirvió como testigo. Antes de establecer el semillero, las semillas de las diferentes variedades fueron sometidas a un proceso de pre-germinación por cinco días en bandejas con papel húmedo y se cubrieron con plástico negro para acelerar el proceso de germinación. El semillero se estableció el 31 de octubre del año 2016. Se utilizaron bandejas de 98 posiciones, las cuales fueron llenadas con el sustrato Kekkila.

3.2.4. Diseño experimental

El experimento fue establecido en un diseño de parcelas divididas en arreglo factorial 3×4 en bloques completos al azar con tres repeticiones. En esta factorial, el número “3” representa a las parcelas principales (parcela con lombrihumus, parcela con cal, parcela sin enmiendas), mientras que el “4” representa a las variedades (Cuadro 1; Anexo 2). La combinación de

parcelas principales con subparcelas dio como resultado un total de 12 tratamientos con tres repeticiones, para un total de 36 unidades experimentales en todo el ensayo. El área de cada parcela principal se dividió en tres bloques para formar las repeticiones. El tamaño de cada repetición fue 40 m², por lo tanto el área de la parcela principal fue de 120 m².

Las variedades se azarizaron dentro de cada repetición y las plántulas se sembraron a 0.5 dentro del surco y a 1 m entre el surco. Se sembraron en promedio 20 plantas de las diferentes variedades por subparcela por repetición para un total de 60 plantas por parcela principal. Entre cada bloque o repetición se sembró una franja de sorgo de 1.5 m como barrera viva. El área efectiva del ensayo fue de 360 m² (120 m² de cada parcela principal × 3 parcelas principales).

Cuadro 1. Distribución de los diferentes tratamientos en diseño de parcelas divididas del experimento en campo.

Parcelas	Tratamiento (con y sin enmiendas)
Principales (grandes)	a) Lombrihumus b) Cal c) Sin enmiendas
	Variedades
Subparcelas (pequeñas)	1) Inta-L5 2) Inta-L7 (Valle Sébaco) 3) Inta-L4 (Inta-Jinotega) 4) Peto-98

3.2.5. Manejo del experimento

Las unidades experimentales fueron rotuladas para identificar cada una de las parcelas y subparcelas, y de esta manera poder realizar las aplicaciones correspondientes por cada tratamiento y realizar una recolección de datos exacta por tratamientos.

a) Prácticas agronómicas

La preparación del terreno antes del trasplante se hizo de forma manual (machetes, azadones, rastrillos), se delimitaron las parcelas principales y subparcelas del experimento. Se realizó el levantamiento de los camellones de forma manual con palas y azadones. Al momento del

trasplante se hizo una aplicación del fertilizante 18-46-0 (N-P-K; 6 libras diluidas en 200 litros de agua) como solución arrancadora. La dosis de fertilizante utilizada fue 250 ml por plántula. Cuando las plantas iniciaron la floración (30 ddt) se aplicó el fertilizante 12-30-10 alrededor de la planta, a una dosis de 15 gramos por planta.

b) Prácticas fitosanitarias

En las parcelas con enmiendas (lombrihumus y cal) se aplicaron los hongos entomopatógenos, *Beauveria bassiana* (Bb) y *Metarhizium anisopliae* (Ma), como controladores biológicos de plagas de suelo, en el hueco donde se colocó la plántula. La dosis que se utilizó de cada uno de los entomopatógenos fue de 5 gramos de (Bb + Ma). A los diez días después del trasplante (DDT) se aplicó a la base de la planta el producto comercial Tacre Bacillus Plus en dosis de 100 ml/bomba de 20 litros. El Tacre Bacillus Plus contiene cuatro especies del género *Bacillus* (*B. megaterium*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens* y *B. subtilis*), los cuales tienen propiedades antagonistas contra patógenos foliares y de suelo. Después del trasplante se realizaron tres aplicaciones más de este producto cada 8 días. En las parcelas con enmiendas (lombrihumus y cal) se realizó una sola aplicación del hongo antagonista *Trichoderma* al follaje a una dosis de 30 gramos en 20 litros de agua a los 27 DDT.

Para el manejo de posibles patógenos bacterianos de suelo en la parcela convencional (sin enmiendas), se realizó una sola aplicación del bactericida Starner 20 WP (ácido oxolínico) a la base de la planta a una dosis de 10 gramos en una bomba de 20 litros de agua a los 27 DDT. El manejo de malezas se realizó de forma manual.

3.3. Identificación de enfermedades foliares y radiculares

Durante el período vegetativo del cultivo, se tomaron muestras de plantas que se presentaban marchitez vascular para corroborar si se trataba de *Ralstonia solanacearum* o de otro patógeno que causa este tipo de síntoma. Estas muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Microbiología para obtener el cultivo puro del patógeno involucrado. La enfermedad foliar más importante que se presentó en el follaje fue una virosis transmitida por mosca blanca,

por lo tanto esta enfermedad solo fue identificada a través de la sintomatología de forma visual.

3.4. Variables evaluadas

3.4.1. Variables de crecimiento y desarrollo

- a) Altura de la planta (cm): se seleccionaron 5 plantas al azar por cada tratamiento midiendo desde la superficie del suelo hasta el área apical de la planta usando cinta métrica.
- b) Diámetro de tallo (mm): este dato se registró en el área basal de la planta mediante el uso de un vernier.
- c) Número de racimos y botones florales por rama: se tomaron 5 plantas al azar de cada tratamiento a las cuales se les contabilizó el número total de racimos y botones florales por planta.

3.4.2. Potencial de rendimiento

- a) Número de frutos cosechados por planta: se contó la cantidad de frutos producidos por planta y el rendimiento se extrapoló a número de frutos por hectárea.
- b) Diámetro polar y ecuatorial de los frutos (cm): este dato se registró a partir de los diámetros que presenta el tomate mediante el uso de un vernier.
- c) Peso promedio de frutos cosechados por planta (g).
- d) Grados Brix: este dato se midió con la ayuda de un refractómetro.
- e) Rendimiento (kg ha^{-1}): En cada cosecha se tomó el peso en kilogramos de todos los frutos de cada planta.

3.4.3. Variables epidemiológicas

a) Intensidad de enfermedades foliares y radiculares

La intensidad de las enfermedades fue estimada a través de la incidencia, la cual fue evaluada semanalmente desde el trasplante hasta el período que inició la cosecha. En la evaluación de

la incidencia se tomaron en cuenta todas las plantas de cada subparcela. Para medir esta variable se utilizó la fórmula propuesta por James (1974):

$$Incidencia = \frac{\text{Número de plantas afectadas}}{\text{Número total de plantas evaluadas}} \times 100$$

b) Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)

Se utilizaron los valores de incidencia de la enfermedad para calcular el ABCPE con la ecuación (Shaner y Finney, 1977):

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

Donde, 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).

El ABCPE es una variable que estima el área bajo la curva de infección real y se expresa en % días, es decir, la acumulación de valores de infección diarios expresados en porcentajes. Entre más altos son los valores del ABCPE más susceptible es la variedad que se está evaluando, al contrario, cuanto más bajos son los valores del ABCPE más tolerante es la variedad a determinado patógeno (Shaner y Finney, 1977).

c) Patrón espacial de las enfermedades

El patrón espacial de la marchitez bacteriana y una enfermedad viral se realizó mediante el Análisis de Corridas Ordinarias (ACO) (Stevenson y Jeger, 2015). Una “corrida ordinaria” se puede definir como una secuencia ininterrumpida de plantas enfermas o sanas en un surco. El número total de corridas en el surco se representa por la letra U . Bajo la hipótesis nula de que el patrón de las plantas enfermas en el surco es aleatorio, el número esperado de corridas, $E(U)$, se calculó con la siguiente fórmula:

$$E(U) = 1 + \frac{2m(N - m)}{N}$$

Donde, m es el número de plantas infectadas en el surco y N es el número de plantas en el surco. Nótese que $(N - m)$ es el número de plantas sanas en el surco y $(N - m)/N$ es la proporción de plantas sanas. De esta manera, $m(N - m)/N$, es esencialmente el número de veces esperado que habrá un cambio de una planta afectada a una sana conforme se avanza en el surco. Ese número esperado se multiplica por 2 para incluir el número esperado de cambios de una planta sana a una planta infectada. El número 1 en la ecuación se agrega para representar la planta que se encuentra al final del surco.

Si el patrón de plantas enfermas en el surco es aleatorio, el número observado de corridas, U , será igual al número esperado de corridas, $E(U)$. Sin embargo, si el patrón de plantas enfermas en el surco es agregado, el número observado de corridas, U , será menor que el número esperado de corridas, $E(U)$. Para determinar que U era significativamente menor que $E(U)$, se usó una prueba normal estándar calculando el valor de Z de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{U + 0.5 - E(U)}{s(U)}$$

Donde, el número 0.5 se agrega como factor de corrección de continuidad (Campbell y Madden, 1990) y $s(U)$ es la desviación estándar de “ U ” calculada mediante la siguiente fórmula:

$$s(U) = \sqrt{\frac{2m(N - m) (2m(N - m) - N)}{N^2(N - 1)}}$$

Un valor calculado de Z menor de -1.64 indica que el patrón de plantas enfermas en el surco es agregado. Si el estadístico calculado Z es mayor de -1.64, entonces se concluiría que el patrón de plantas enfermas en el surco es aleatorio.

d) Número de unidades formadoras de colonias (UFC) de *R. solanacearum* en el suelo

El número de unidades formadoras de colonias (UFC) de la bacteria *Ralstonia solanacearum* fue obtenido de las diluciones en serie de suelo recolectado en las parcelas antes y después de aplicación de las enmiendas. Este dato fue utilizado para correlacionar la cantidad de inóculo de la bacteria (UFC) en el suelo con la incidencia de la enfermedad. La dilución que se utilizó fue la de 1×10^5 .

3.5. Recolección de datos

Los datos de las variables evaluadas fueron recolectados semanalmente y se anotaron en hojas de Excel para después ser procesadas y analizadas mediante programas estadísticos.

3.6. Análisis de datos

Se elaboró una base de datos en Excel de acuerdo a los períodos establecidos para la recolección de los datos. Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) sobre las variables evaluadas. Se correlacionó la incidencia de marchitez bacteriana con el número de unidades formadoras de colonias de la bacteria *R. solanacearum*. El número de unidades formadoras de colonias por gramo de suelo seco (ufc g^{-1} de suelo seco) se transformó a $[\log_{10}(\text{ufc} + 1)]$ para el análisis estadístico (Quinn y Keough, 2009). Cuando se encontraron diferencias significativas en los tratamientos, estos se sometieron a pruebas posteriori (prueba de Tukey, $\alpha = 0.05$) para detectar entre cuales tratamientos había diferencias significativas. Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa estadístico Infostat (2008) y SAS versión 9.1.3. (SAS Institute).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características agronómicas de las variedades de tomate

4.1.1. Variables de crecimiento y desarrollo

El análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p = 0.0019$; $\alpha = 0.05$) en la altura de plantas entre las parcelas. En la parcela convencional se registró la mayor altura promedio de planta (99 cm), seguido de la parcela donde se aplicó cal como enmienda con una altura promedio de 92 cm. La menor altura promedio de planta se observó en la parcela con lombrihumus con una altura de 88 cm. Asimismo, se observaron diferencias significativas en el diámetro promedio de tallo ($p = 0.0066$; $\alpha = 0.05$) entre las parcelas. El mayor diámetro promedio de planta se obtuvo en la parcela convencional (0.81 cm), seguido de la parcela con cal donde se observó un diámetro promedio de 0.71 y el menor diámetro promedio de 0.65 cm se registró en la parcela con enmienda de lombrihumus (Cuadro 2; Anexo 3).

Cuadro 2. Valores promedios de altura de planta (cm) y diámetro de tallo (cm) de variedades de tomate en parcelas con enmiendas y sin enmiendas.

Parcelas	Altura (cm)	Diámetro (cm)
Lombrihumus	88 a	0.65 a
Cal	92 a	0.71 ab
Convencional	99 b	0.81 b
Variedades	Altura (cm)	Diámetro (cm)
Peto-98	77 a	0.65 a
Inta-L5	95 b	0.79 a
Inta-L7	96 a	0.74 a
Inta-Jinotega	104 b	0.73 a

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

En cuanto a las variedades, el análisis de varianza detectó diferencias significativas entre ellas con respecto a la variable altura ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$), pero no con relación a la variable diámetro de tallo ($p = 0.1043$; $\alpha = 0.05$). La mayor altura promedio de planta se observó en la variedad Inta-Jinotega con 104 cm y la menor altura promedio de planta se registró en la variedad Peto-98 con 77 cm. El mayor diámetro promedio de planta se obtuvo en la variedad Inta-L5 con 0.79 cm y el menor diámetro promedio de planta se observó en la variedad Peto-98 con 0.65 cm (Cuadro 2; Anexo 3).

4.1.2. Potencial de rendimiento por parcelas

El análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p = 0.0001$; $\alpha = 0.05$) en el número de botones florales por planta (NBFP) entre las parcelas. En la parcela convencional se registró el menor promedio de botones florales por planta (NBFP), el cual fue de 2.67, seguido de la parcela donde se aplicó lombrihumus como enmienda con un promedio de botones florales de 3.67. La mayor cantidad de botones florales promedio por planta se observó en la parcela con cal y fue de 3.83 (Cuadro 3; Anexo 4). Sin embargo, por causas desconocidas esa cantidad de botones florales en la parcela con cal no llegó a concretarse en un mayor número de racimos frutales, número de flores y número de frutos por planta.

Así mismo, se observaron diferencias significativas ($p = 0.0005$; $\alpha = 0.05$) en el número de flores por planta (NFLP) entre las parcelas (Cuadro 3; Anexo 4). En la parcela con lombrihumus se obtuvo el mayor número de flores por planta (NFLP), el cual correspondió a 10.67, seguido de la parcela convencional donde se observó un número promedio de flores de 8.58, y el menor número promedio de flores por planta de 8.08, se registró en la parcela con cal.

Cuadro 3. Numero de botones florales por planta (NBFP), numero de flores por planta (NFLP), numero de racimos florales por planta (NRFP), numero de frutos por planta (NFRP), de variedades de tomate sembradas en parcelas tratadas con enmiendas (lombrihumus y cal) y sin enmiendas (convencional).

Parcelas	NBFP	NRFP	NFLP	NFRP
Lombrihumus	3.67 b	5.65 b	10.67 b	12.2 a
Cal	3.83 b	5.35 ab	8.08 a	12.1 a
Convencional	2.67 a	4.86 a	8.58 a	11.7 a

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

El análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p = 0.0353$; $\alpha = 0.05$) en el número de racimos frutales (NRFP) entre las parcelas. En la parcela con lombrihumus se registró la mayor cantidad de NRFP, la cual fue de 5.65, seguido de la parcela con cal donde se observó un NRFP de 5.35, y el menor NRFP de 4.86, se registró en la parcela convencional (Cuadro 3; Anexo 4).

El análisis de varianza no detectó diferencias significativas ($p = 0.6682$; $\alpha = 0.05$) en el número de frutos por planta (NFRP) entre parcelas. No obstante, en la parcela convencional

se obtuvo la menor cantidad de frutos por planta con 11.7, seguido de la parcela con cal donde se registró un número promedio de 12.1, y el mayor número promedio de frutos por planta de 12.2 se observó en la parcela con lombrihumus (Cuadro 3; Anexo 4).

4.1.3. Potencial de rendimiento y grados Brix de variedades

En cuanto a las variedades, el análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$) en el número de botones florales (NBFP). El mayor NBFP por planta se observó en la variedad Inta-L7, con 4.11, seguido de la variedad Peto-98 con un NBFP de 3.56, al igual que la variedades Inta-L5 con un NBFP de 3.11, y la menor variedad con NBFP por planta fue Inta-Jinotega, con un promedio de 2.78 (Cuadro 4; Anexo 4).

El análisis de varianza detecto diferencia significativa ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$) en el número de flores por planta. El mayor (NFLP) se observó en la variedad Inta-L7 con un promedio de 14.00, seguido de la variedad Peto-98 con un promedio de 9.78, y las variedades con menor número de NFLP fueron Inta-L5 con 6.56 e Inta-Jinotega con 6.11 (Cuadro 4; Anexo 4).

Cuadro 4. Número de botones florales por planta (NBFP), número de flores por planta (NFLP), número de racimos florales por planta (NRFP), y número de frutos por planta (NFRP) en cuatro variedades de tomate.

Variedades	NBFP	NRFP	NFLP	NFRP
Inta-L5	3.11 ab	4.77 ab	6.56 a	13 ab
Inta-L7	4.11 c	6.47 c	14.00 c	16 b
Inta-Jinotega	2.78 a	4.50 a	6.11 a	11 a
Peto-98	3.56 bc	5.42 b	9.78 b	7 ab

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

El análisis de varianza detectó diferencias significativa ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$) en el número de racimos frutales (NRFP). El mayor NRFP se observó en la variedad Inta-L7 con un promedio de 6.47, seguido de la variedad Peto-98 con 5.42, y las variedades con menor NRFP fueron Inta-L5 con 4.77 e Inta-Jinotega con 4.50 (Cuadro 4; Anexo 4).

El análisis de varianza reveló diferencias significativas ($p < 0.0207$; $\alpha = 0.05$) en el número de frutos por planta (NFRP). El mayor NFRP se registró en la variedad Inta-L7 con un número promedio de 16. En las variedades Inta-L5, Inta-Jinotega y Peto-98 el NFRP promedio de 12.67 NFRP fue de 13, 11 y 7 respectivamente (Cuadro 4; Anexo 4).

Con el análisis estadístico también se observó diferencias significativas para las variables diámetro ecuatorial, diámetro polar y peso de fruto tanto entre parcelas como entre variedades (Cuadro 5; Anexo 5).

Cuadro 5. Valores promedios de diámetro ecuatorial (cm), diámetro polar (cm), peso de fruto (g) y grados Brix (°Brix) de frutos de tomate por parcelas y variedades.

Parcelas	Diámetro ecuatorial	Diámetro polar	Peso de fruto	Grados Brix
Convencional	5.34 a	5.67 a	88.31 a	4.44 a
Cal	5.53 b	5.92 b	104.25 b	4.19 a
Lombrihumus	5.85 c	5.91 ab	114.15 b	4.48 a
Variedades	Diámetro ecuatorial	Diámetro polar	Peso de fruto	Grados Brix
Peto-98	5.46 a	5.66 a	92.45 a	3.84 a
Inta-L5	5.46 a	5.82 ab	98.60 ab	4.60 b
Inta-Jinotega	5.67 ab	6.12 b	108.31 b	4.47 b
Inta-L7	5.72 b	5.72 a	109.59 b	4.57 b

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

Con relación a los grados Brix, el análisis de varianza detectó diferencias significativas entre variedades ($p = 0.0024$; $\alpha = 0.05$). En la variedad Peto-98 se obtuvo los menores valores promedios de grados Brix con 3.8 y se diferenció estadísticamente del resto de variedades. En las variedades Inta-L5, Inta-L7 e Inta-Jinotega los valores promedios de grados Brix fueron de 4.6, 4.6 y 4.5 respectivamente, y no se observaron diferencias significativas entre estas variedades (Cuadro 5; Anexo 5).

Generalmente, es recomendable producir tomates con altos contenidos de sólidos solubles porque requerirán menos energía para evaporar el agua hasta un contenido de °Brix final deseado (Barret et al., 2007).

En el presente estudio no hubo diferencias significativas con respecto al °Brix encontrado por parcelas manejadas ya sea con enmiendas (orgánicas o inorgánicas) o sin enmiendas. Sin embargo, en un estudio llevado a cabo por Barret et al., (2007), en el cual compararon la calidad nutricional de tomate producido bajo sistema orgánico y convencional, encontraron que el tomate producido bajo sistema orgánico tuvo el mayor contenido de sólidos solubles (°Brix), lo cual supone una reducción en los costos de procesamiento de este tomate obtenido

bajo este sistema de producción. En el presente estudio, la diferencia en los grados Brix se puede atribuir a las características genéticas de las variedades.

Para que los tomates tengan un aroma y sabor óptimo el contenido en sólidos solubles debe oscilar entre 4-6 grados Brix. El nivel de azúcares de un fruto de tomate es un parámetro importante de calidad, ya que muestra la dulzura de los frutos (Zapata et al., 2007).

4.1.4. Estimación de rendimiento en parcelas y variedades

Con respecto al rendimiento, no se encontraron diferencias significativas entre parcelas ($p = 0.2626$; $\alpha = 0.05$), pero sí entre variedades ($p = 0.0043$; $\alpha = 0.05$). El menor rendimiento se observó en la variedad Peto-98 con 18031 kg ha^{-1} y se diferenció estadísticamente solamente de la variedad Inta-L7 en la cual se obtuvo el mayor rendimiento con 45964 kg ha^{-1} . Las variedades Inta-Jinotega e Inta-L5 tuvieron rendimientos de 31424 kg ha^{-1} y 37255 kg ha^{-1} respectivamente (Figura 1; Anexo 6).

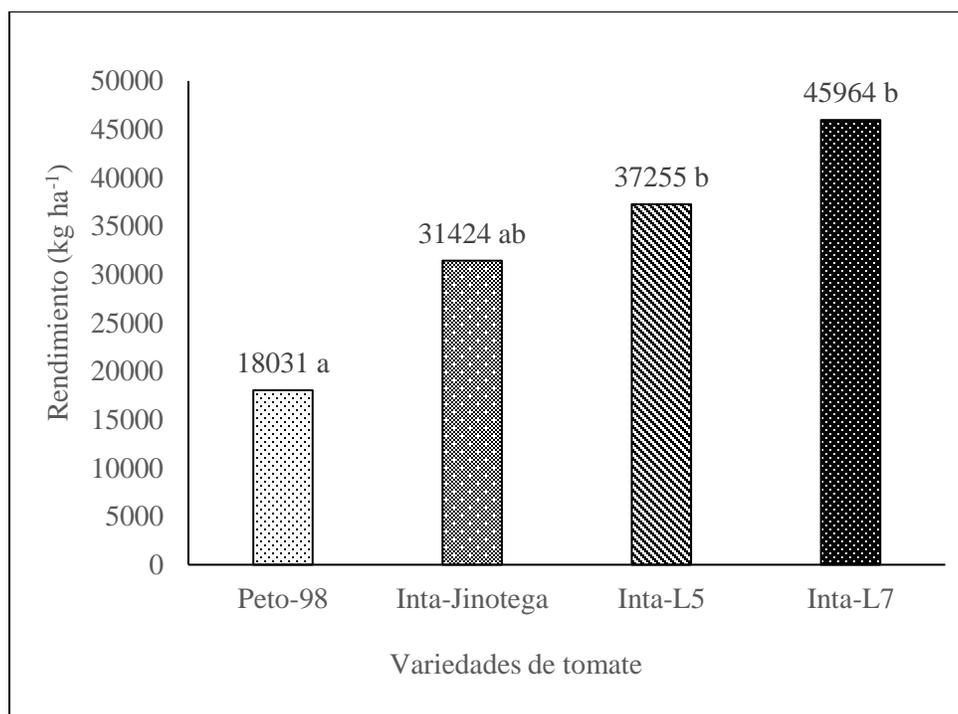


Figura 1. Comparación de rendimientos (kg ha^{-1}) de variedades de tomate en parcelas con enmiendas y sin enmiendas (convencional).

En un estudio llevado a cabo por Jiménez-Martínez et al., (2010), encontraron rendimientos de 7138 kg ha⁻¹ para la variedad Peto-98 y de 6009 kg ha⁻¹ para la variedad Inta-L7, lo cual no coincide con los rendimientos encontrados en el presente estudio para esas mismas variedades, los cuales fueron de 18031 kg ha⁻¹ para la variedad Peto-98 y de 45964 kg ha⁻¹ para la variedad Inta-L7. Por otro lado, INTA (2015) reporta un rendimiento de hasta 55225 kg ha⁻¹ para la variedad Inta-Jinotega, el cual se considera alto si se compara con el rendimiento encontrado en el presente estudio para esa misma variedad que fue de 31424 kg ha⁻¹ (Figura 1).

Es importante destacar que los rendimientos comercializables en el cultivo de tomate, al igual que los rendimientos de todos los cultivos, están determinados por la selección de variedades, prácticas culturales y las limitantes ambientales (Ortiz et al., 2007). Por consiguiente, tanto la selección de una variedad ideal para la producción dentro de una determinada región como el uso de buenas prácticas de manejo bien definidas son esenciales para lograr niveles aceptables de productividad (McGraw et al., 2007; Snider et al., 2012). En otro estudio llevado a cabo por Huat et al., (2013), indican que el rendimiento del cultivo de tomate se puede incrementar al mejorar el estatus fitosanitario del cultivo mediante el uso de prácticas más eficientes que ayuden a proteger el cultivo de las plagas.

En general, valores promedios de los parámetros de crecimiento y desarrollo y de rendimiento fueron en su mayoría más altos en la variedad Inta-L7, lo cual se puede atribuir a un efecto de la composición genética de la variedad antes mencionada.

4.2. Identificación de enfermedades foliares y radicales

Las enfermedades que se presentaron con mayor frecuencia fueron la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) y una enfermedad viral que se asume es transmitida por mosca blanca debido a la presencia de este insecto en altas poblaciones en todas las parcelas donde estaban distribuidas las diferentes variedades. La marchitez bacteriana tuvo mayor incidencia en la variedad Peto-98 y con escasa o nula incidencia en las otras variedades evaluadas (Figura 2).



Figura 2. Síntomas de marchitez bacteriana (*R. solanacearum*) en etapas iniciales de la enfermedad (A) y en etapa final (muerte de la planta) en la variedad Peto-98 (B).

La marchitez bacteriana es una enfermedad que está ampliamente distribuida alrededor del mundo y afecta a cultivos importantes tales como tomate, papa, tabaco, banano y maní (Peeters et al., 2013). En cultivos de tomate y papa las pérdidas causadas por esta bacteria alcanzan hasta el 90%, en banano el 100%, mientras que en maní y tabaco pueden ocurrir pérdidas de 20% y 30% respectivamente (Nion y Toyota, 2015).

Además de la marchitez bacteriana, también se presentó una enfermedad viral, cuya incidencia fue mayor en la variedad Peto-98, mientras que su incidencia fue muy baja en las variedades Inta-L5, Inta-L7 e Inta-Jinotega (Figura 3).



Figura 3. Presencia de mosca blanca en hojas de tomate (A), síntomas de mosaico rugoso severo en el follaje (B), síntomas de enrojecimiento de follaje (C) y presencia de secreciones de mosca blanca en frutos de tomate (D) de la variedad Peto-98.

En Nicaragua se han encontrado infecciones por begomovirus ampliamente diseminadas en plantaciones de tomate. Entre los virus que se han reportado en el cultivo de tomate están Virus Sinaloa de encrespamiento foliar (*Tomato leaf curl Sinaloa virus*), Virus del moteado del tomate (*Tomato mottle virus*), Virus del encrespamiento foliar severo del tomate (*Tomato severe leaf curl virus*) y otros (Rojas et al., 2000; Ala-Poikela et al., 2005).

La sintomatología de la enfermedad viral observada en el presente estudio no corresponde a la sintomatología inducida por los virus antes mencionados. Los síntomas observados en campo incluían encrespamiento foliar amarillento y coloración púrpura que inició en el borde de la hoja para luego diseminarse por toda la lámina foliar hasta que todo el follaje se tornó

de color púrpura, especialmente en la variedad Peto-98 (Figura 3 B y C). Estos síntomas tienen mucha semejanza con los del *Tomato mosaic Havana virus* (ToMHV), el cual ha sido identificado mediante pruebas ELISA y técnicas moleculares tales como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) en Nicaragua (Monger et al., 2008). Por lo tanto, basado en la sintomatología se puede asumir que probablemente sea este virus el que se presentó durante el ensayo, sin embargo, esto debe confirmarse con estudios serológicos y moleculares.

4.3. Intensidad de las enfermedades sobre las variedades de tomate

4.3.1. Intensidad de la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*)

a) Incidencia de marchitez bacteriana

La intensidad de la marchitez bacteriana sobre las variedades de tomate fue estimada a través de la incidencia. El análisis de varianza de la incidencia de marchitez bacteriana no detectó diferencias significativas ($p = 0.1906$; $\alpha = 0.05$) entre parcelas. En la parcela convencional se observó la mayor incidencia con un 8.3%, seguido de la parcela donde se aplicó cal con un 7.5%. La parcela con menor porcentaje de incidencia de marchitez bacteriana fue la parcela con lombrihumus con un 6% (Anexo7). En un experimento donde se evaluaron enmiendas y microorganismos antagonistas para el manejo de *Pseudomonas* (= *Ralstonia*) *solanacearum*, Diaz-Blandón et al., (2003), no encontraron diferencias significativas tanto en las parcelas donde se aplicaron enmiendas como en las parcelas donde no se aplicaron las enmiendas, lo cual coincide con los resultados obtenidos en este estudio.

El manejo de enfermedades causadas por patógenos radiculares haciendo uso de enmiendas orgánicas se produce cuando el suelo y los factores biológicos activan los procesos que reducen la supervivencia de los patógenos. Aunque las enmiendas orgánicas reducen las poblaciones de patógenos de las plantas, en general, conducen a un aumento de las poblaciones de microorganismos benéficos del suelo hasta 1000 veces después de la aplicación. Por lo tanto, el desplazamiento de los patógenos es selectivo y puede persistir en los campos durante varios años después de una sola aplicación (Lazarovits, 2001).

El análisis de varianza de la incidencia de marchitez bacteriana detectó diferencias significativas ($p = 0.0001$; $\alpha = 0.05$) entre las variedades. La mayor incidencia de marchitez bacteriana fue en la variedad Peto-98 con 18%, seguido de la variedad Inta-Jinotega con 4%, y las variedades con menor porcentaje de incidencia fueron la variedad Inta-L7 con 4%, seguido de la variedad Inta-L5 con un porcentaje de incidencia de 3% (Figura 4; Anexo 7). Estas diferencias en los porcentajes están relacionados con el grado de tolerancia que tienen las variedades evaluadas a la marchitez bacteriana.

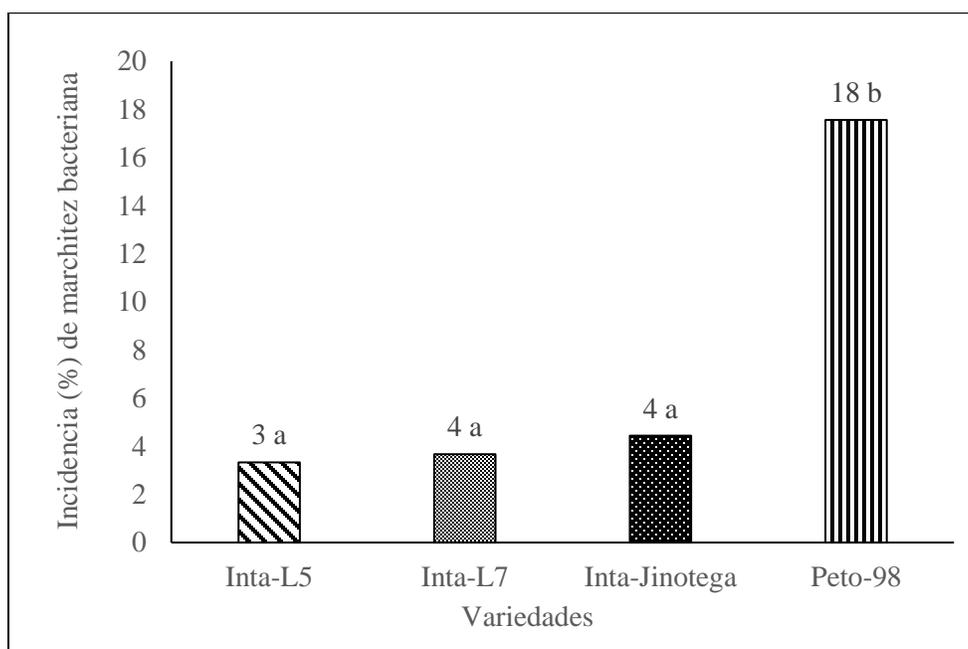
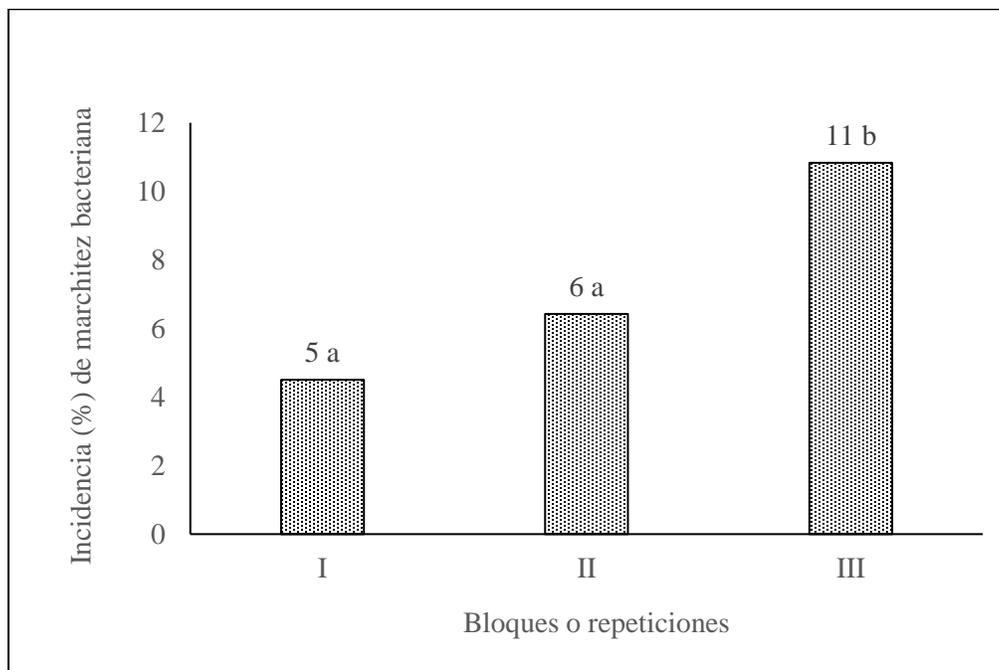


Figura 4. Porcentaje de incidencia de marchitez bacteriana, en cuatro variedades de tomate, Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega, Peto-98.

En Nicaragua, no existen reportes previos a este estudio que indiquen el comportamiento de las variedades evaluadas con respecto a su tolerancia o susceptibilidad a patógenos de suelo y específicamente a la marchitez bacteriana causada por *R. solanacearum*. Por lo tanto, este es el primer estudio que revela el comportamiento epidemiológico de las variedades Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98 en el patosistema *Solanum lycopersicum* – *Ralstonia solanacearum*.

El análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p = 0.0001$; $\alpha = 0.05$) en la incidencia de marchitez bacteriana entre bloques o repeticiones. El bloque con mayor

porcentaje de incidencia de marchitez bacteriana fue el Bloque III con un 11%, seguido del Bloque II con 6%, y el bloque con menor porcentaje de incidencia fue el Bloque I con 5% (Figura 5; Anexo 7).



Figuro 5. Porcentaje de incidencia de marchitez bacteriana encontrada en cada uno de los bloques o repeticiones.

El análisis de varianza de incidencia de marchitez bacteriana detectó diferencias significativas ($p = 0.0082$; $\alpha = 0.05$) entre variedad y bloques. El establecimiento de la relación entre repeticiones (bloques) y variedad fue necesaria debido a que se observó que la incidencia de *Ralstonia solanacearum* tuvo una tendencia a manifestarse con mayor frecuencia en el Bloque III debido a problemas de encharcamiento ocasionados por el sistema de riego por goteo.

En general, la incidencia fue mayor en el Bloque III independientemente de la variedad (Cuadro 6; Anexo 7). Esta observación también fue corroborada mediante el análisis del patrón espacial de la enfermedad.

Cuadro 6. Incidencia de marchitez bacteriana en cuatro variedades de tomate por bloque o repeticiones.

Bloques	Variedades			
	Inta-L5	Inta-L7	Inta-Jinotega	Peto-98
Bloque I	3 ab	2 ab	3 ab	10 bc
Bloque II	1 a	4 ab	2 ab	18 cd
Bloque III	6 ab	5 ab	8 ab	25 d

El análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p = 0.0001$; $\alpha = 0.05$) entre días después del trasplante (DDT) y la incidencia de marchitez bacteriana por variedades. La variedad que presentó mayor incidencia a través del tiempo (DDT) fue la variedad Peto-98, cuyo punto máximo (30.6%) se alcanzó a los 35 DDT. Sin embargo, a partir de este momento, la incidencia de la enfermedad comenzó a declinar en esta variedad. En las variedades Inta-L7 e Inta-Jinotega la incidencia comenzó a declinar a partir del día 21 DDT y alcanzó su punto mínimo al día 42 DDT. Esta misma tendencia se observó en la variedad Inta-L5, pero a partir del día 28 DDT (Figura 6; Anexo 7).

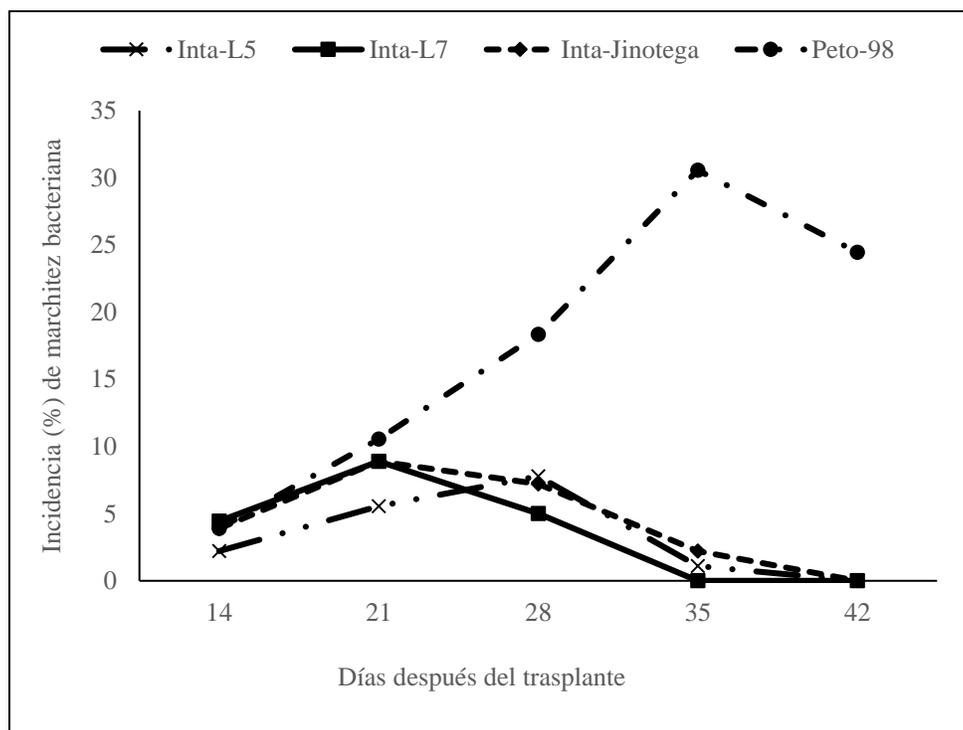


Figura 6. Curvas de progreso de la incidencia de marchitez bacteriana en días después del trasplante (DDT) en cuatro variedades de tomate.

b) Área bajo la curva de progreso de la marchitez bacteriana (ABCPMB)

El análisis de varianza detectó diferencias significativas con respecto al ABCPMB por variedades en la parcela con lombrihumus ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$). La variedad con mayor ABCPMB fue Peto-98 con 128 %-días. En las variedades Inta-L7, Inta-L5 e Inta-Jinotega los valores del ABCPMB fueron de 25 %-días, 34 %-días y 39 %-días respectivamente (Figura 7; Anexo 8). En los bloques o repeticiones el análisis de varianza no detectó diferencias significativas con respecto al ABCPMB ($p = 0.0178$; $\alpha = 0.05$; (Anexo 8).

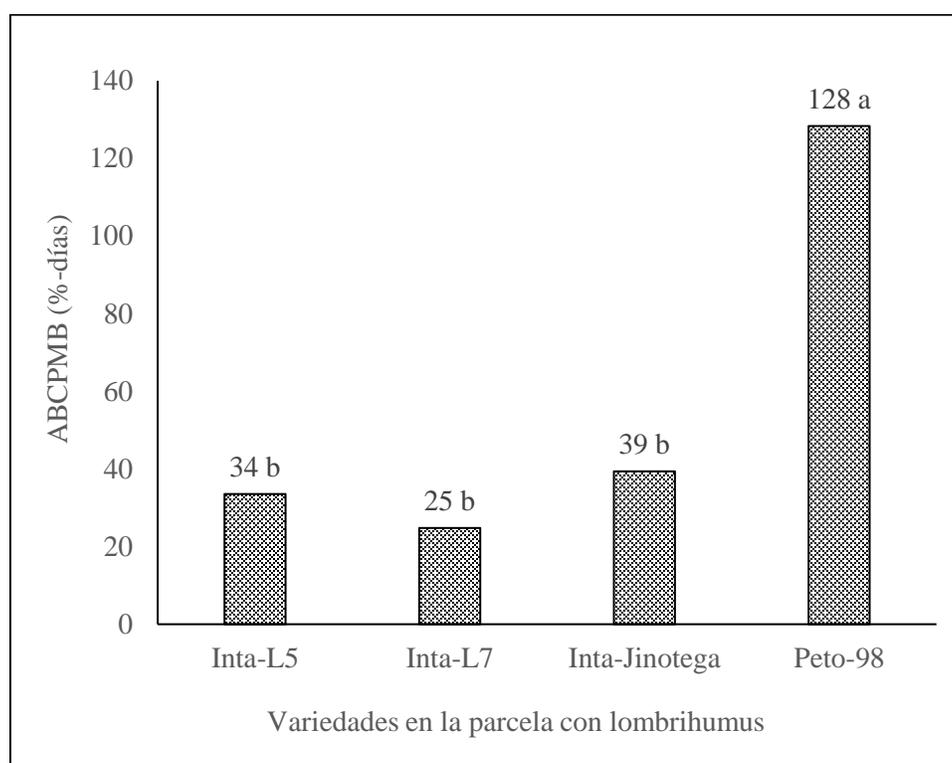


Figura 7. Área bajo la curva de progreso de la marchitez bacteriana (ABCPMB) en las variedades Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98 en la parcela con enmienda de lombrihumus.

El análisis de varianza detectó diferencias significativas con respecto al ABCPMB por variedades en la parcela donde se aplicó cal como enmienda ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$). La variedad con mayor ABCPMB fue Peto-98 con 114 %-días. En las variedades Inta-L5, Inta-L7 e Inta-Jinotega los valores del ABCPMB fueron 22 %-días, 25 %-días y 29 %-días respectivamente (Figura 8; Anexo 8).

En los bloques o repeticiones el análisis de varianza detectó diferencias significativas con respecto al ABCPMB por bloques o repeticiones ($p = 0.0007$; $\alpha = 0.05$; Anexo 14). En el Bloque III se observaron los mayores valores del ABCPMB con 80 %-días, a diferencia de los Bloques I y II que presentaron valores del ABCPMB de 37 %-días y 28 %-días respectivamente (Anexo 8).

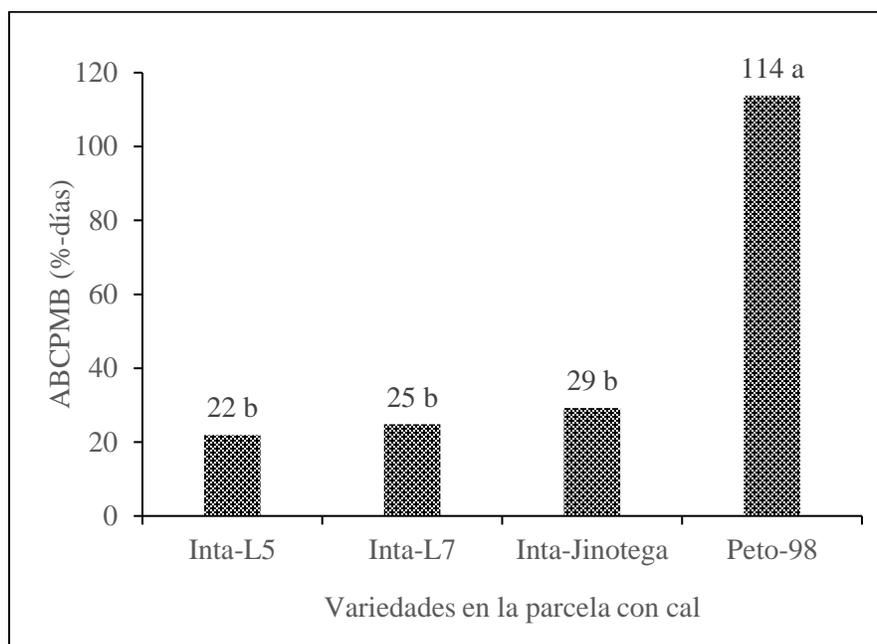


Figura 8. Área bajo la curva de progreso de la marchitez bacteriana (ABCPMB) en las variedades Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98 en la parcela con enmienda de cal.

El análisis de varianza detectó diferencias significativas con respecto al ABCPMB por variedades en la parcela donde no se aplicó ninguna enmienda, o sea, la parcela convencional ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$). La variedad con mayor ABCPMB fue Peto-98 con 139 %-días. En las variedades Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega los valores del ABCPMB fueron de 26 %-días, 36 %-días, y 38 %-días respectivamente (Figura 9; Anexo 8). En los bloques o repeticiones el análisis de varianza detectó diferencias significativas con respecto al ABCPMB ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$; Anexo 15). En el Bloque III se observaron los mayores valores del ABCPMB con 90.781 %-días, a diferencia de los Bloques I y II que presentaron valores del ABCPMB de 36.09 %-días y 52.50 %-días respectivamente (Anexo 8).

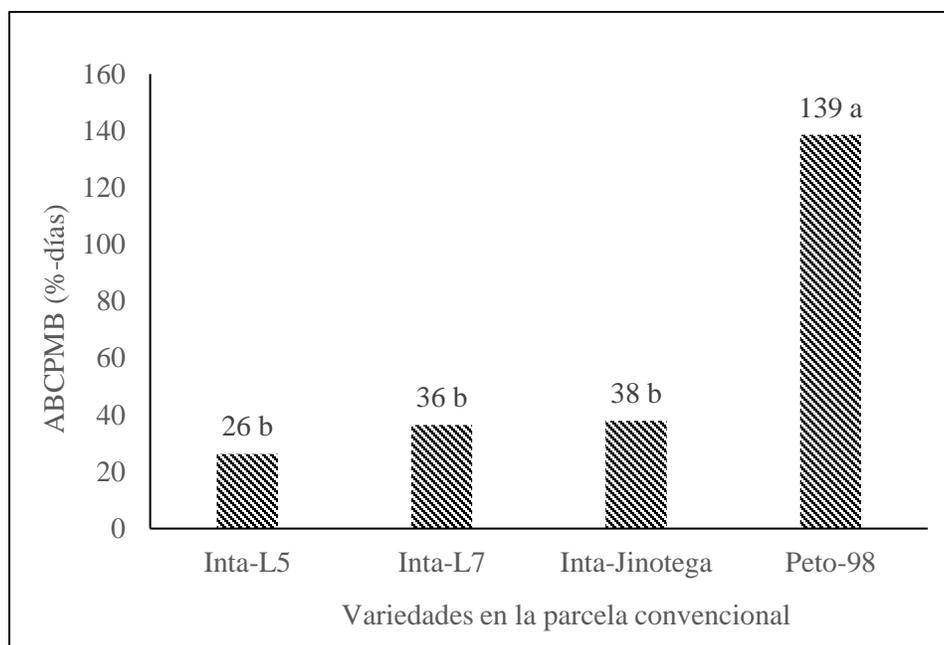


Figura 9. Área bajo la curva de progreso de la marchitez bacteriana (ABCPMB) en las variedades Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98 en la parcela sin enmiendas o parcela convencional.

A través del análisis del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) se pudo determinar que las variedades Inta-L5, Inta-L7 e Inta-Jinotega muestran tolerancia a la marchitez bacteriana ya que los valores del ABCPE fueron más bajos en estas variedades en comparación con la variedad Peto-98 que es susceptible al ataque de *R. solanacearum*.

4.3.2. Intensidad de virosis

a) Incidencia de virosis

La intensidad de virosis sobre las variedades de tomate fue estimada a través de la incidencia. El análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p = 0.0001$; $\alpha = 0.05$) en la incidencia de virosis entre parcelas. En la parcela con lombrihumus se observó la mayor incidencia de virosis con 14%, seguido de la parcela convencional con 10% y el menor porcentaje de incidencia se registró en la parcela con cal con un 9% (Figura 10; Anexo 9).

El análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p = 0.0001$; $\alpha = 0.05$) en la incidencia de virosis entre las variedades. La mayor incidencia de virosis se obtuvo en la variedad Peto-98 con 40.6%, seguido de la variedad Inta-Jinotega con 1.3%, y las variedades

con menor porcentaje de incidencia de virosis fueron la variedad Inta-L5 con 1.1%, seguido de la variedad Inta-L7 con un porcentaje de incidencia de 0.4% (Figura 11; Anexo 9).

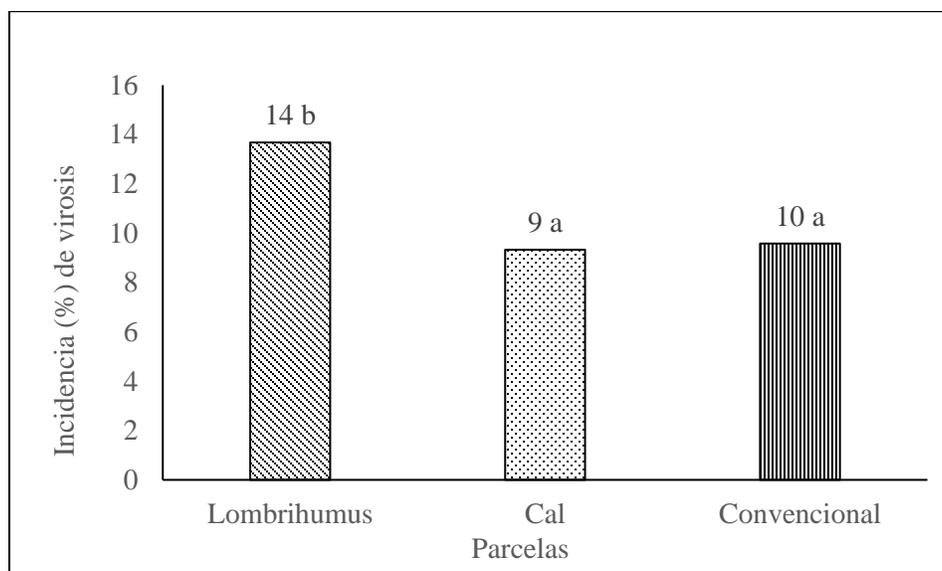


Figura 10. Incidencia de virosis en las parcelas con lombrhumus, con cal y sin enmiendas (convencional).

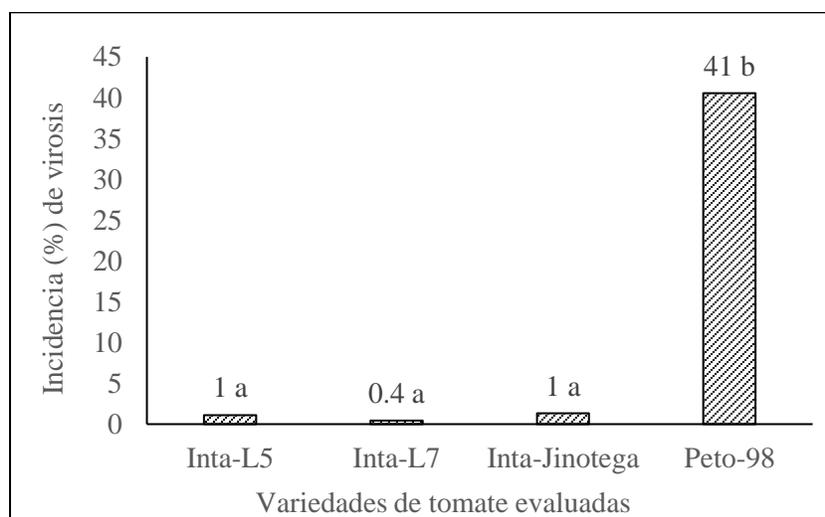


Figura 11. Incidencia de virosis en la variedades de tomate Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98.

La incidencia de virosis comenzó a detectarse los 28 DDT, lo cual coincidió con altas poblaciones de mosca blanca que se observaron en las plantas de tomate, ya que no se aplicó ningún insecticida para el manejo de mosca blanca. Estas poblaciones de mosca blanca no

fueron cuantificadas, ya que no estaban dentro de los objetivos del estudio. El análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p = 0.0001$; $\alpha = 0.05$) en la incidencia de virosis entre las variedades y los DDT (Figura 12; Anexo 9).

Inicialmente, a los 28 DDT, la variedad con mayor incidencia de virosis fue Peto-98 con 14%, la cual continuó incrementándose a través del tiempo hasta alcanzar un 71% a los 56 DDT. Un fenómeno contrario fue observado en el caso de las variedades Inta-L5, Inta-L7 e Inta-Jinotega, donde a los 28 DDT se registraron algunas plantas con virosis, pero luego de esa fecha los casos de virosis fueron disminuyendo hasta desaparecer la incidencia a los 56 DDT (Figura 12; Anexo 9). La disminución de la incidencia podría estar relacionada con la activación de genes de resistencia en las variedades Inta-L5, Inta-L7 e Inta-Jinotega. Sin embargo, esto se tiene que comprobar con estudios posteriores.

En un estudio llevado a cabo por Jiménez-Martínez et al., (2010), en el cual se evaluó la tolerancia de cuatro variedades de tomate (UC-82, Peto-98, Inta-L7 y Padano) al complejo mosca blanca-geminivirus encontraron que la variedad Peto-98 alcanzó un 100% de incidencia de virosis a los 56 DDT y la variedad Inta-L7 promedió aproximadamente un 73% de incidencia en esa misma fecha. Los resultados de Jiménez-Martínez et al., (2010), no coinciden con los resultados obtenidos en el presente estudio ya que la incidencia de virosis en la variedad Peto-98 a los 56 DDT fue de 71% y de la variedad Inta-L7 fue de 0%. Estos resultados pueden diferir debido a que fueron establecidos en sitios diferentes y las poblaciones de mosca blanca muy probablemente eran diferentes.

El análisis de varianza de la incidencia de virosis detectó diferencias significativas ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$), en la interacción parcelas \times variedades. En la parcela con lombrihumus, la variedad con mayor porcentaje de incidencia fue Peto-98 con 50.3%, mientras que en las variedades Inta-L5, Inta-L7 e Inta-Jinotega los porcentajes de virosis fueron 2.7%, 0.3% y 1.3% respectivamente y no hubo diferencias significativas entre estas variedades con respecto a los porcentajes de incidencia de virosis (Cuadro 7; Anexo 9).

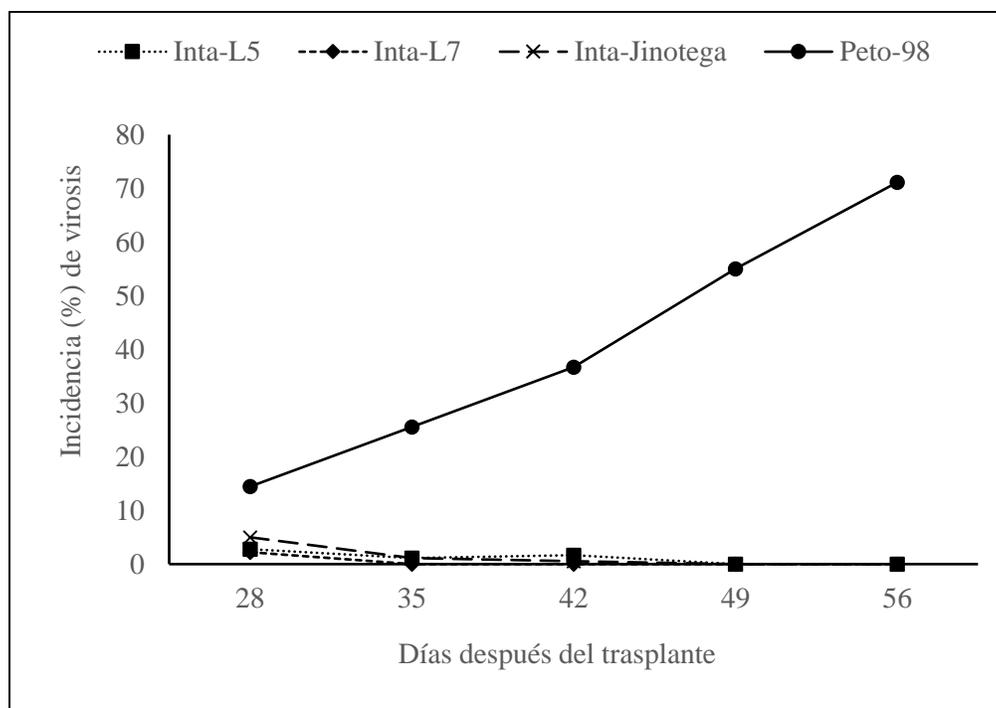


Figura 12. Curvas de progreso de la incidencia de virosis en las variedades Inta-L5 (■), Inta-L7 (◆), Inta-Jinotega (×) y Peto-98 (●) desde los 28 días después del trasplante (DDT) hasta los 56 DDT.

En la parcela con cal, la mayor incidencia de virosis se observó en la variedad Peto-98 con un 36%, mientras que en las variedades Inta-L5, Inta-L7 e Inta-Jinotega el porcentaje de incidencia fue igual para las tres variedades y se ubicó en un 0.3% (Cuadro 7; Anexo 9).

En la parcela convencional, el porcentaje de incidencia en la variedad Peto-98 fue de 35% y se confirmó como la variedad más susceptible al ataque de virosis. En esta misma parcela, en las variedades Inta-L5, Inta-L7 e Inta-Jinotega los porcentajes de incidencia de virosis fueron de 0.3%, 0.7% y 2.3% respectivamente y no hubo diferencias estadísticas significativas entre estas tres variedades (Cuadro 7; Anexo 9).

Cuadro 7. Incidencia de virosis en las variedades de tomate Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98 en parcelas con enmiendas de lombrihumus, cal y sin enmiendas (convencional).

Parcelas	Variedades			
	Inta-L5	Inta-L7	Inta-Jinotega	Peto-98
Lombrihumus	3 a	0.3 a	1 a	50 c
Cal	0.3 a	0.3 a	0.3 a	36 b
Convencional	0.3 a	1 a	2 a	35 b

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

El análisis de varianza de la incidencia de virosis detectó diferencias significativas ($p = 0.0000$; $\alpha = 0.05$) entre variedad y bloques. En el bloque número I la variedad con mayor incidencia fue Peto-98 con 41%, seguido de las variedades Inta-Jinotega con 1.3% e Inta-L5 con 0.3% de incidencia. La variedad con menor porcentaje de incidencia fue Inta-L7 con 0%. En el bloque número II la variedad con mayor incidencia fue Peto-98 con 44%, seguido de las variedades Inta-L5 con 2% e Inta-L7 con 1% de incidencia. La variedad con menor incidencia fue Inta-Jinotega 0.7% de incidencia. En el bloque número III la variedad con mayor incidencia fue Peto-98 con 37%, seguido de las variedades Inta-Jinotega con 2% e Inta-L5 con 1% de incidencia. La variedad con menor porcentaje de incidencia fue Inta-L7 con 0.3% (Cuadro 8; Anexo 9).

Cuadro 8. Valores de incidencia de virosis (expresados en porcentajes) en cuatro variedades de tomate por bloques o repeticiones.

Bloques	Variedades			
	Inta-L5	Inta-L7	Inta-Jinotega	Peto-98
Bloque I	0.3 a	0 a	1.3 a	41 c
Bloque II	2 a	1 a	0.7 a	44 c
Bloque III	1 a	0.3 a	2 a	37 b

b) Área bajo la curva de progreso de virosis (ABCPV)

El análisis de varianza detectó diferencias significativas con respecto al área bajo la curva de progreso de virosis (ABCPV) por variedades ($p < 0.0001$; $\alpha = 0.05$). En la parcela con enmienda de lombrihumus, la variedad con mayor ABCPV fue Peto-98 con 347 %-días. En las variedades Inta-L7, Inta-Jinotega e Inta-L5 los valores del ABCPV fueron 1 %-días, 6 %-días y 19 %-días respectivamente (Figura 13; Anexo 10).

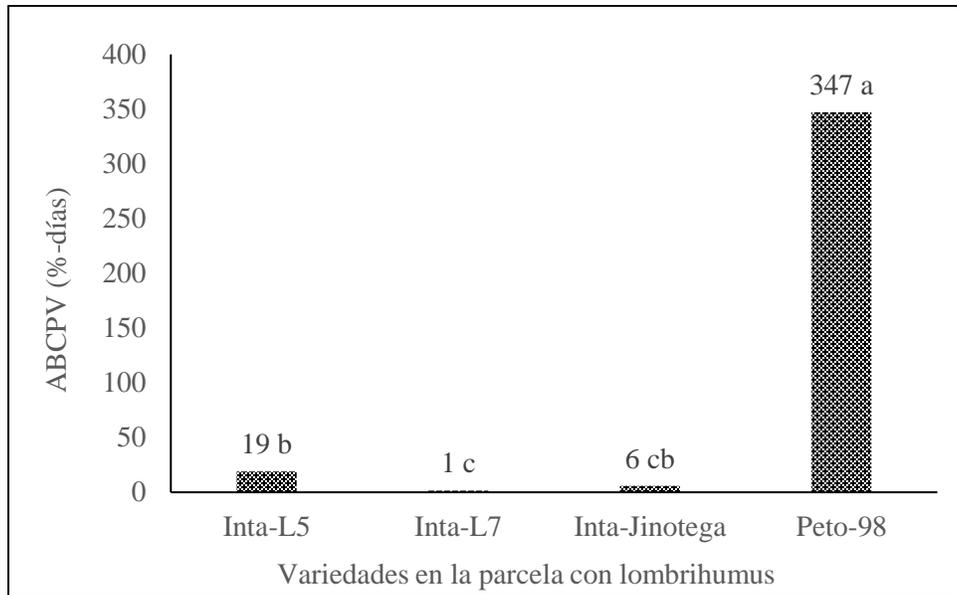


Figura 13. Área bajo la curva de progreso de virosis (ABCPV) en las variedades Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98 en la parcela con enmienda de lombrihumus.

En la parcela con enmienda de cal la variedad con mayor ABCPV fue Peto-98 con 248 %-días. En las variedades Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega los valores del ABCPV fueron iguales de 1 %-días (Figura 14; Anexo 10).

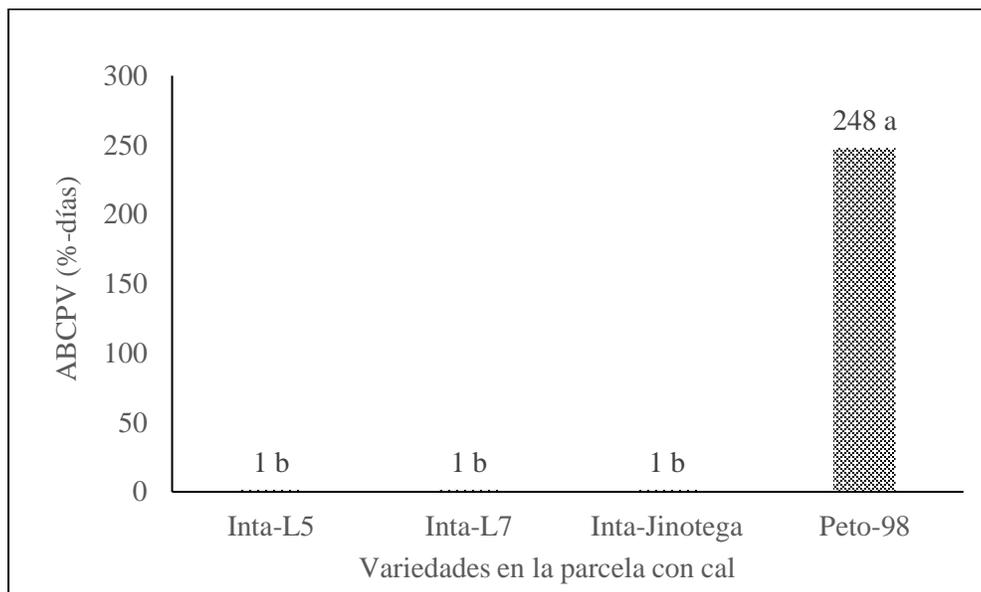


Figura 14. Área bajo la curva de progreso de virosis (ABCPV), en las variedades Inta-L5, Inta-L7, Peto-98 y Inta-Jinotega, en la parcela con enmienda de cal.

En la parcela convencional la variedad con mayor ABCPV fue Peto-98 con 239 %-días. En las variedades Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega los valores del ABCPV fueron 1 %-días, 3 %-días y 15 %-días respectivamente (Figura 15; Anexo 10).

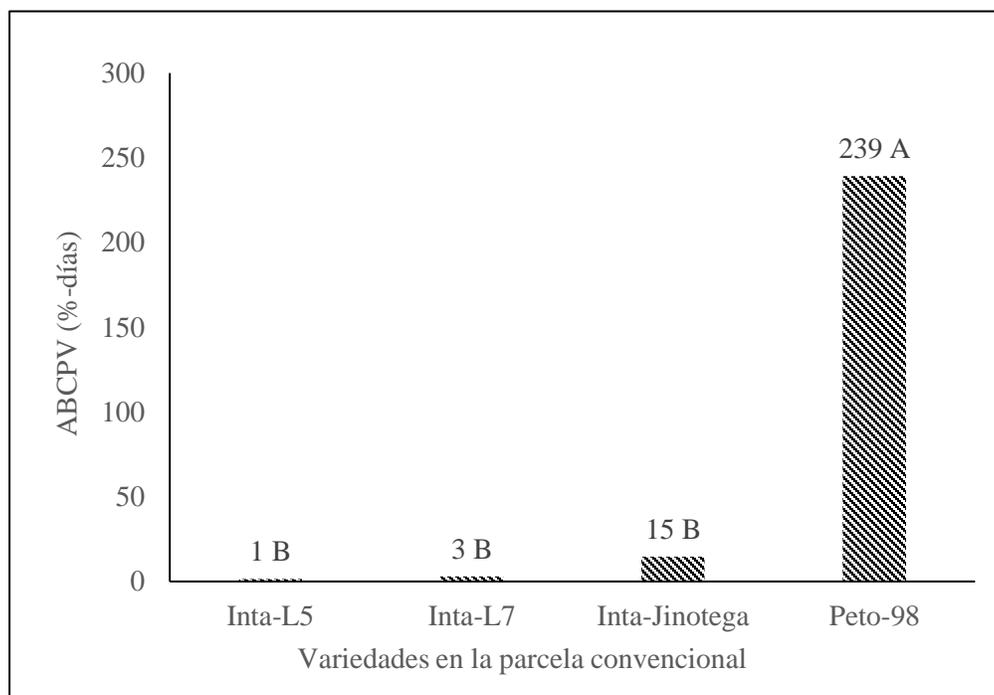


Figura 15. Área bajo la curva de progreso de virosis (ABCPV), en las variedades Inta-L5, Inta-L7, Inta-Jinotega y Peto-98, en la parcela sin enmiendas o parcela convencional.

El área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) es un descriptor epidemiológico muy útil en parte debido a la comprensión de que una sola evaluación de la enfermedad no proporciona una información objetiva sobre la situación real. Por un lado, las lecturas hechas en etapas iniciales de la infección pueden subestimar la susceptibilidad de muchas variedades, por otro lado, su tolerancia puede confundirse si la evaluación se hace en etapas muy tardías, debido a la senescencia natural de las hojas inferiores que puede ser difícil de distinguirse de la muerte inducida por patógenos (Shaner y Finney, 1977).

El ABCPE es también un descriptor robusto y eficaz porque toma en consideración los efectos de la variación tanto en el tiempo como en la severidad del proceso infeccioso. Además, las estimaciones del ABCPE tienden a revelar una fuerte correlación entre el nivel

acumulativo de infección y la pérdidas resultantes de la enfermedad (Ayeleke et al., 2016). En el presente estudio los valores más altos del ABPCE se obtuvieron en la variedad Peto-98, por lo tanto tuvo un comportamiento de susceptibilidad al acumular mayor cantidad de enfermedad en términos porcentuales por día.

4.4. Patrón espacial de las enfermedades

El análisis estadístico de los patrones espaciales frecuentemente se basa en la hipótesis nula de un *patrón aleatorio*, en el cual la probabilidad de encontrar una planta enferma es independiente del estatus (sano o enfermo) de las plantas vecinas (dispersión independiente). Sin embargo, con frecuencia se pueden observar patrones no aleatorios que caen en una de dos categorías: un *patrón agregado*, en el cual la probabilidad de observar una planta enferma se incrementa si las plantas vecinas o proximales están enfermas (sobredispersión); o más raramente, un *patrón regular (uniforme)*, en el cual la probabilidad de observar una planta enferma se reduce si las plantas vecinas están enfermas (subdispersión) (Stevenson, 2015).

4.4.1. Patrón espacial de la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*)

En el caso de la marchitez bacteriana, se analizaron 12 patrones espaciales resultantes de la combinación parcela \times variedad (3×4). El patrón espacial de la marchitez bacteriana que más predominó fue el aleatorio con un 67%, mientras que la enfermedad se encontró en forma agregada solamente en un 33% (Cuadro 9). La única variedad donde la enfermedad tuvo un patrón agregado de forma consistente en las tres parcelas fue la Peto-98 (Cuadro 9).

En un estudio llevado a cabo por Wimer et al., (2011), donde se estudió el patrón de dispersión de la marchitez bacteriana dentro de los surcos y a través de los surcos en un campo de tomate, encontraron que la enfermedad mostró un patrón de dispersión agregado dentro de los surcos, pero no a través de los surcos. Estos hallazgos, según los mismos autores antes citados, sugieren que a medida que la incidencia de marchitez bacteriana aumenta en los campos de tomate por el contacto íntimo entre las raíces de las plantas adyacentes o el movimiento del patógeno en el agua de riego por gravedad, las plantas que presentan síntomas se agrupan más dentro de los surcos.

Cuadro 9. Patrón espacial de la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) en el campo.

Parcelas	Variedades	<i>N</i>	<i>m</i>	<i>U</i>	<i>E(U)</i>	<i>s(U)</i>	<i>Z_U</i>	Patrón
Lombrihumus	Inta-L5	60	7	15	13.4	1.543536	1.38211	Aleatorio
	Inta-L7	60	6	14	11.8	1.339365	2.01588	Aleatorio
	Inta-Jinotega	60	7	15	13.4	1.543536	1.38211	Aleatorio
	Peto-98	60	21	18	28.3	3.488456	-2.80927	Agregado
Cal	Inta-L5	60	4	9	8.5	9.046438	1.14225	Aleatorio
	Inta-L7	60	6	15	11.8	1.339365	2.76250	Aleatorio
	Inta-Jinotega	60	6	18	11.8	1.339365	5.00237	Aleatorio
	Peto-98	60	19	26	27.0	3.314839	-3.42534	Agregado
Convencional	Inta-L5	60	6	9	11.8	1.339365	-1.71723	Agregado
	Inta-L7	60	8	17	14.9	1.738974	1.51430	Aleatorio
	Inta-Jinotega	60	7	13	13.4	1.543536	8.63817	Aleatorio
	Peto-98	60	27	30	30.7	3.800959	-5.26183	Agregado

Leyenda: *N* = número total de plantas; *m* = número de plantas enfermas; *U* = número de corridas ordinarias observadas; *E(U)* = número esperado de corridas ordinarias; *s(U)* = desviación estándar de *U*; *Z_U* = estadístico calculado de *Z* (si *Z_U* es < -1.64 el patrón es agregado, por el contrario, si *Z_U* > -1.64, el patrón es aleatorio).

Los patrones espaciales observados dentro de los campos comerciales de tomate pueden evidenciar los factores que afectan el patrón y la diseminación de la enfermedad. Por ejemplo, un patrón agregado de marchitez bacteriana dentro de los surcos de un campo comercial podría indicar que el riego es un factor que contribuye a la dispersión de la enfermedad. Un patrón más aleatorio indicaría que el inóculo inicial del suelo es el factor que más contribuye al desarrollo de epidemias de marchitez bacteriana, lo que significa que la dispersión secundaria no contribuye significativamente a la epidemia en curso (Wimer et al., 2011).

En el presente estudio el patrón de dispersión que predominó fue el aleatorio, por lo tanto se puede asumir que el inóculo inicial del suelo fue el factor que contribuyó a que la marchitez bacteriana se diseminara dentro de los surcos, especialmente en la variedad Peto-98, la cual fue la que presentó los mayores valores promedios de incidencia de la enfermedad considerándose más susceptible en comparación con las otras tres variedades evaluadas. Por consiguiente, la susceptibilidad de las variedades de tomate también podría ser un factor importante a considerar en la determinación del patrón espacial de la marchitez bacteriana en campos comerciales de solanáceas (tomate, papa, tabaco) u otras plantas susceptibles a *R. solanacearum* tales como el maní y el jengibre.

4.4.2. Patrón espacial de virosis

En todas las variedades y parcelas evaluadas el patrón de dispersión de la virosis fue aleatorio (Cuadro 10). En un estudio llevado a cabo por Polston et al., (1996), en el cual evaluaron la dinámica espacio-temporal del geminivirus del moteado del tomate y de la mosca blanca, *Bemisia tabaci*, encontraron que solamente en dos parcelas de las 14 que evaluaron, se observó un patrón agregado de plantas enfermas. Por un lado, estos mismos autores sugieren que la diseminación primaria y no la secundaria fue la que jugó un papel determinante en el incremento de plantas enfermas. Por otro lado, las plantas que se infectan debido a la diseminación secundaria se agruparán proximalmente a los sitios de infección primaria.

En otro estudio realizado en Brazil en el cual se evaluó la dinámica temporal y espacial de begomovirus en tomate, Macedo et al., (2017), encontraron que las plantas enfermas tuvieron un patrón agregado en las parcelas experimentales ubicadas en el centro del ensayo y aleatorio en las parcelas ubicadas en los márgenes del sitio experimental.

Cuadro 10. Patrón espacial de virosis en el campo.

Parcelas	Variedades	N	m	U	$E(U)$	$s(U)$	Z_U	Patrón
Lombrihumus	Inta-L5	60	4	11	8,5	9.046438	3.35307	Aleatorio
	Inta-L7	60	1	7	3,0	1.795055	2.52546	Aleatorio
	Inta-Jinotega	60	4	11	8,5	9.046438	3.35307	Aleatorio
	Peto-98	60	35	40	30,2	3.731514	2.76921	Aleatorio
Cal	Inta-L5	60	1	5	3,0	1.795055	1.41128	Aleatorio
	Inta-L7	60	1	5	3,0	1.795055	1.41128	Aleatorio
	Inta-Jinotega	60	1	5	3,0	1.795055	1.41128	Aleatorio
	Peto-98	60	38	50	28,9	3.562242	6.07295	Aleatorio
Convencional	Inta-L5	60	1	5	3,0	1.795055	1.41128	Aleatorio
	Inta-L7	60	2	7	4,9	4.334420	6.07540	Aleatorio
	Inta-Jinotega	60	6	14	11,8	1.339365	2.01588	Aleatorio
	Peto-98	60	38	49	28,9	3.562242	5.79223	Aleatorio

Los resultados obtenidos por Macedo et al., (2017), sugieren que la distribución de plantas con síntomas en las parcelas centrales y parcelas marginales podría ser el resultado de tres mecanismos de diseminación: uno aleatorio (primario) y dos agregados, una diseminación secundaria real y una diseminación secundaria falsa.

En el primer mecanismo, que es la diseminación primaria (componente aleatorio), las moscas blancas virulíferas vienen de fuera del campo experimental, seleccionan y se alimentan de plantas al azar. En el segundo mecanismo, la diseminación secundaria real, las moscas blancas no virulíferas que vienen de fuera del campo o nacen dentro del campo adquieren el virus de las plantas de tomate infectadas y propagan el virus a otras plantas, transmitiendo el virus a las plantas que están más próximas a las plantas que inicialmente estaban infectadas produciendo de esta manera un patrón agregado de plantas enfermas. En el tercer mecanismo, la diseminación secundaria “falsa”, la misma mosca blanca virulífera proviene de fuera del campo y se alimenta de varias plantas cercanas, produciendo un patrón agregado (Macedo et al., 2017).

En el presente estudio, por lo tanto, se sugiere que los tres mecanismos de diseminación ocurrieron, pero el primero y el tercero fueron más importantes que el segundo. En este caso, la mayoría de las moscas blancas virulíferas provenían probablemente de fuera del campo experimental, el cual estaba rodeado de malezas que son hospedantes alternos de mosca blanca. Los patrones espaciales de enfermedades se utilizan para inferir información valiosa sobre la propagación de la enfermedad, modo de transmisión, la distancia entre los eventos de transmisión y la variación espacial en los hospedantes o las condiciones ambientales (Nessa et al., 2015).

La distancia y el modo de transmisión entre los hospedantes probablemente influyen en los patrones espaciales de las enfermedades en plantas. Si la transmisión de un solo patógeno está localizada, la infección tiende a agregarse a través de los hospedantes (es decir, los hospedantes infectados tienden a estar geográficamente cerca de otros hospedantes infectados, lo que lleva a episodios de infección espacialmente agrupados). Sin embargo, si la transmisión proviene de una fuente distante, la infección tiende a ser espacialmente aleatoria (Gibson, 1997; Filipe y Maule, 2004). Por consiguiente, las áreas con mayor prevalencia inicial de enfermedad tendrán más fuentes locales de infección, por lo que es más probable que tengan agregaciones de infección (Rappussi et al., 2012).

El conocimiento de los patrones espaciales de las enfermedades en plantas permite establecer los focos específicos de contagio, lo cual puede ser de gran utilidad para dirigir las medidas

de control hacia esas zonas en concreto y reducir con ello los costos económicos y la carga de plaguicidas en el medio ambiente (Ramírez Dávila et al., 2011).

4.5. Comportamiento del inóculo de *R. solanacearum* en el suelo

4.5.1. Medición de las unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de suelo antes y después de la aplicación de las enmiendas

El análisis de varianza detectó diferencias significativas con respecto al número de UFC de *R. solanacearum* entre las parcelas con enmiendas y la convencional ($p = 0.0097$; $\alpha = 0.05$). La parcela donde se observó la mayor cantidad de UFC fue en la convencional con 1.58 [\log_{10} (ufc g^{-1} de suelo seco)], seguido de la parcela con lombrihumus con 1.16 UFC y la parcela con menor cantidad de UFC fue donde se aplicó cal con 1.09 UFC $gramo^{-1}$ de suelo (Anexo 11). Las parcelas donde se aplicaron enmiendas no se diferenciaron estadísticamente.

El ANDEVA detectó diferencias significativas entre el tiempo de aplicación de las enmiendas y el número de UFC ($p < 0.0001$; Anexo 11). Un mes antes de la incorporación de las enmiendas el número de UFC era de 1.7 en los lugares donde se establecerían las parcelas experimentales. A los cinco meses después de la incorporación de las enmiendas los valores disminuyeron a 0.85 UFC (Anexo 11). El ANDEVA también evidenció que hubo diferencias significativas en la interacción tiempo \times parcela ($p = 0.0101$; $\alpha = 0.05$). En la parcela con lombrihumus las UFC se redujeron de 1.83 a 0.48, en la parcela con cal de 1.53 a 0.64 y en la parcela convencional las UFC se redujeron de 1.73 a 1.43 g^{-1} de suelo (Figura 16; Anexo 11).

Estos datos indican que en la parcela con lombrihumus el inóculo de la bacteria *R. solanacearum* se redujo en 74%, en la parcela con cal, el inóculo se redujo en un 58% y en la parcela convencional se redujo en un 17%. La reducción del inóculo en las parcelas con lombrihumus y cal, se pueden atribuir a la actividad microbiana promovida por la adición de lombrihumus al suelo y al efecto nocivo que tiene la cal sobre las poblaciones de la bacteria *R. solanacearum*. Otro factor importante a considerar en este sentido es la aplicación del producto biológico Tacre Bacillus, el cual contiene cuatro especies del género *Bacillus* (*B.*

subtilis, *B. megaterium*, *B. licheniformis* y *B. amyloliquefaciens*), las cuales tienen actividad antagonista comprobada contra diferentes patógenos de suelo (Ding et al., 2013).

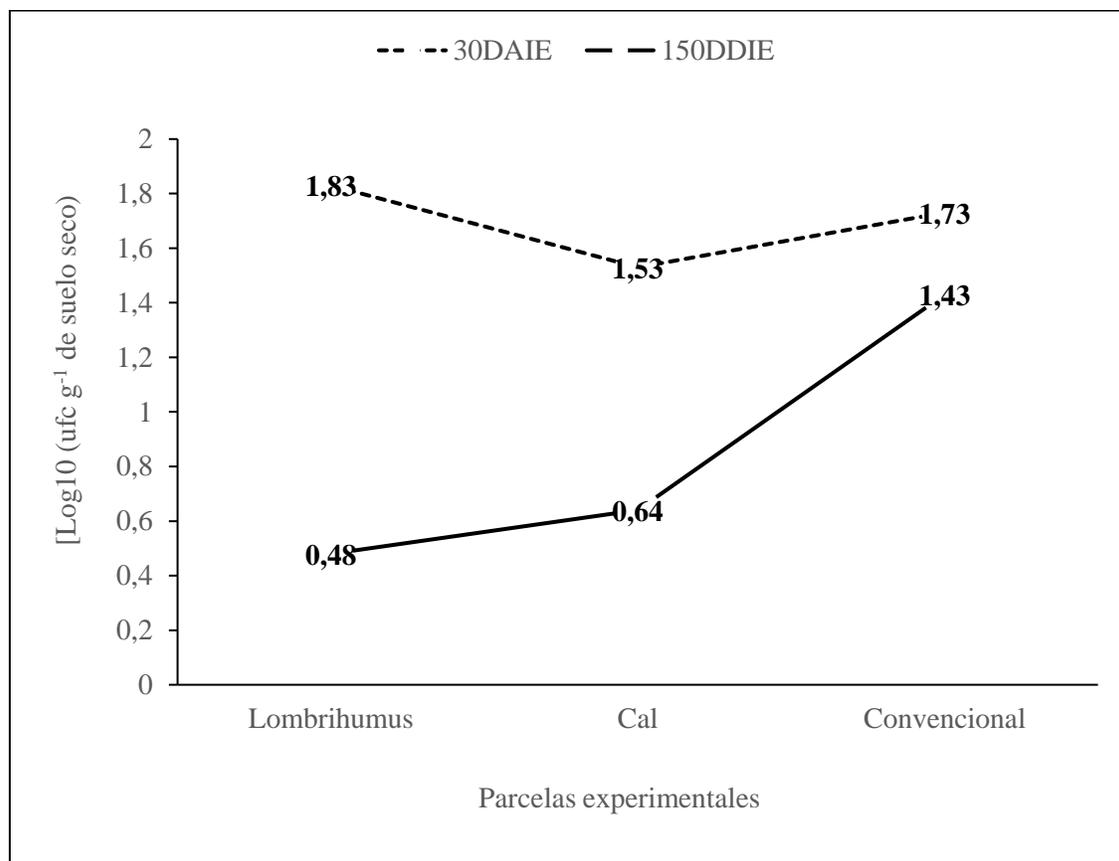


Figura 16. Dinámica del inóculo de *Ralstonia solanacearum* expresado como [Log₁₀ (ufc g⁻¹ de suelo seco) 30 días antes de la incorporación de las enmiendas (30DAIE) y 150 días después de la incorporación de enmiendas (150DDIE).

En la parcela convencional, la reducción del inóculo, aunque fue más baja en comparación con las parcelas donde se aplicaron enmiendas, se podría atribuir a la aplicación del bactericida Starner 20 WP (ácido oxolínico) a los 27 DDT, ya que este bactericida actúa por contacto y no tiene acción sistémica. En Nicaragua no existen estudios previos que relacionen la reducción del inóculo de *R. solanacearum* con la aplicación de ácido oxolínico.

En otros países el ácido oxolínico ha sido utilizado con éxito para el manejo de *Erwinia amylovora* en el cultivo de pera (Shtienberg et al 2001), por lo que en Nicaragua podría ser

una alternativa más para el manejo no solamente del agente causal de la marchitez bacteriana, sino también de otros patógenos bacterianos que afectan cultivos de importancia económica.

Sharma y Kumar (2009) reportan una reducción de 18.7% del inóculo inicial de *R. solanacearum* a los 90 días después de la aplicación de cal a una dosis de 25 quintales ha^{-1} (un poco más de 1 t ha^{-1}). En otro estudio realizado por Díaz-Blandón et al., (2003), las poblaciones de *R. solanacearum* se redujeron de manera significativa en las parcelas donde se aplicó compost a razón de 40 t ha^{-1} y cal dolomítica a razón de 5 t ha^{-1} ocho meses después de la aplicación de estas enmiendas.

En el presente estudio, la reducción del inóculo inicial de *R. solanacearum* fue de 74% en las parcelas donde se aplicó lombrihumus (~ 40 t ha^{-1}) y 58% en las parcelas donde se aplicó cal (~ 5 t ha^{-1}) a los 150 días después de haber aplicado estas enmiendas. Por consiguiente, estos resultados indican que dosis mayores de cal tendrá un efecto más negativo sobre las poblaciones de *R. solanacearum* en el suelo. Sin embargo, es recomendable no abusar de las dosis de esta enmienda ya que podrían llevar a condiciones muy alcalinas del suelo.

Algunas especies del género *Bacillus*, especialmente *B. subtilis* y *B. amyloliquefaciens* han demostrado ser potentes agentes de control biológico no solamente contra el agente causal de la marchitez bacteriana de las solanáceas (*R. solanacearum*), sino también contra otras enfermedades radiculares causadas por patógenos de suelo tales como el marchitamiento por *Fusarium*, la pudrición radicular por *Rizhoctonia* y *Pythium* (Chen et al., 2014; Gonzalez-Sanchez et al., 2013; Yamamoto et al., 2015).

Los mecanismos de control biológico involucrados: i) incluyen la producción de antibióticos, sideróforos y cianuro de hidrógeno; ii) competencia por nutrientes y espacio en la rizosfera; iii) resistencia inducida; iv) inactivación de las enzimas del patógeno (Choudhary and Johri, 2009; Haas and Defago 2005; Raddadi et al., 2007).

4.5.2. Relación entre la incidencia de marchitez bacteriana y las unidades formadoras de colonias (ufc) por gramo de suelo en los bloques o repeticiones

Se ajustó un modelo lineal de segundo orden ($r^2 = 0.99$; $p < 0.01$) para la relación entre la incidencia de la marchitez bacteriana y las unidades formadoras de colonias (ufc) por gramo de suelo por bloque o repeticiones (Figura 17; Anexo 11). Esta alta relación entre la incidencia de marchitez bacteriana y las UFC por bloques confirma los resultados que se describen en la Figura 5 y el Cuadro 6 de este estudio.

Durante el desarrollo del ensayo en el Bloque III hubo mayor disponibilidad de agua a través del sistema de riego por goteo y en algunas ocasiones se crearon ciertas zonas de encharcamientos que permitieron la sobrevivencia de *R. solanacearum* y hasta cierto punto estas condiciones pudieron haber hecho posible la dispersión del patógeno de plantas enfermas a plantas sanas.

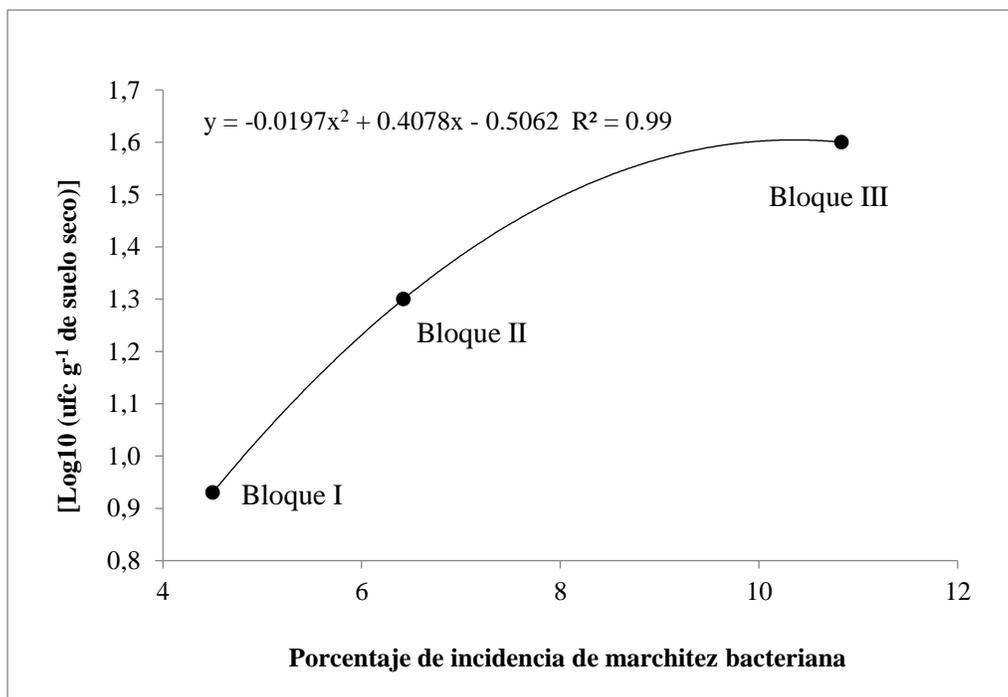


Figura 17. Relación entre la incidencia de marchitez bacteriana y el inóculo de *R. solanacearum* expresado como [Log₁₀ (ufc g⁻¹ de suelo seco) por bloque o repeticiones.

V. CONCLUSIONES

- Los parámetros de crecimiento y desarrollo y de potencial de rendimiento tuvieron tendencia a ser mayores en las parcelas donde se aplicaron las enmiendas.
- En la variedad Inta-L7 se observó el mayor valor promedio de rendimiento.
- Las enfermedades que prevalecieron durante el ciclo del cultivo fueron la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* y una enfermedad viral, cuya etiología requiere ser estudiada.
- Las variedades Inta-L7 e Inta-Jinotega mostraron un buen grado de tolerancia a marchitez bacteriana y la variedad con más tolerancia a virosis fue la Inta-L7.
- El patrón espacial de la marchitez bacteriana fue mayoritariamente aleatorio y el de la enfermedad viral fue aleatorio completamente.
- Se observó reducción del inóculo de *Ralstonia solanacearum* en las parcelas donde se aplicó la enmienda orgánica e inorgánica.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios haciendo uso de técnicas moleculares para determinar la etiología del virus o grupos de virus que están afectando el cultivo de tomate en el sitio donde se llevó a cabo este experimento. Esto debe ser extensivo también para cualquier sitio en el país donde se siembre este cultivo.
- Hacer estudios posteriores con las variedades Inta-L5, Inta-L7 e Inta-Jinotega para determinar su comportamiento agronómico y epidemiológico en otras épocas de siembra (primera o postrera) y en otras áreas geográficas del país.
- Se debe continuar estudiando el patrón espacial de las enfermedades, ya que permite identificar reservorios o fuentes de inóculo principalmente de patógenos radiculares.

VII. LITERATURA CITADA

- Akhtar, M., and A. Malik, A. 2000. Roles of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: A review. *Bioresource Technology* 74:35–47.
- Ala-Poikela, M., Svensson, E., Rojas, A., Horko, T., Paulin, L., Valkonen, J.P.T., and Kvarnheden, A. 2005. Genetic diversity and mixed infections of begomoviruses infecting tomato, pepper and cucurbit crops in Nicaragua. *Plant Pathology* 54:448-459.
- Alfano, G., Lustrato, G., Lima, G., Vitullo, D., and Ranalli, G. 2011. Characterization of composted olive mill wastes to predict potential plant disease suppressiveness. *Biological Control* 58:199–207.
- Ayeleke, D.A., Salaudeen, M.T., Adama, C.J., Abdullahi, A.A. and Ibrahim, A.D. 2016. Applications of area under disease progress curves in assessing resistance to cowpea aphid-borne mosaic virus infection in groundnut. *International Journal of Applied Biological Research* 7:88-97.
- Bai, Y., and Lindhout, P. 2007. Domestication and breeding of tomatoes: What have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany* 100:1085–1094.
- Barret, D.M., Weakley, C., Díaz, J.V., and Watnik, M. 2007. Qualitative and nutritional differences in processing tomatoes grown under commercial organic and conventional production systems. *Journal of Food Science* 72:C441-C451.
- Chen, D., Liu, X., Li, C., Tian, W., Shen, Q., and Shen, B. 2014. Isolation of *Bacillus amyloliquefaciens* S20 and its application in control of eggplant bacterial wilt. *Journal of Environmental Management* 137:120-127.

- Choudhary, D.K., Johri, B.N. 2009. Interactions of *Bacillus* spp., and plants - with special reference to induced systemic resistance (ISR). *Microbiological Research* 164:493-513.
- Díaz-Blandón, J.U., Bustamante, E., Sánchez-Garita, V., Schlönvoigt, A. 2003. Enmiendas y microorganismos antagonistas para el manejo de *Pseudomonas solanacearum* en tomate. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* 69:27-33.
- Ding, C., Q. Shen, R. Zhang, and W. Chen. 2013. Evaluation of rhizosphere bacteria and derived bio-organic fertilizers as potential biocontrol agents against bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*) of potato. *Plant Soil* 366:453–466.
- Filipe, J. A. N. and Maule, M. M. 2004. Effects of dispersal mechanisms on spatio-temporal development of epidemics. *Journal of Theoretical Biology* 226:125-141.
- Gibson, G. J. 1997. Investigating mechanisms of spatiotemporal epidemic spread using stochastic models. *Phytopathology* 87:139-146.
- Gonzalez-Sanchez, M.A., de Vicente, A., Perez-Garcia, A., Perez-Jimenez, R., Romero, D., and Cazorla, F.M. 2013. Evaluation of the effectiveness of biocontrol bacteria against avocado white root rot occurring under commercial greenhouse plant production conditions. *Biological Control* 67:94–100.
- Gutarra, L., Herrera, J., Fernandez, E., Kreuze, J., and Lindqvist-Kreuze, H. 2017. Diversity, pathogenicity, and current occurrence of bacterial wilt bacterium *Ralstonia solanacearum* in Peru. *Frontiers in Plant Sciences* 8:1-12.
- Haas, D., Defago, G. 2005. Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. *Nature Reviews Microbiology* 3:307–319.
- Huat, J., Doré, T., and Aubry, C. 2013. Limiting factors for yields of field tomatoes grown by smallholders in tropical regions. *Crop Protection* 44:120-127.

- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2015. Variedad INTA-Jinotega. Centro de Desarrollo Tecnológico del Valle de Sébaco. 2 p.
- James, W.C. 1974. Assessment of plant diseases and losses. *Annual Review of Phytopathology* 12:27-48.
- Jiménez-Martínez, E., Gutiérrez, W., y González, C. 2010. Evaluación de cuatro variedades de tomate industrial (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en el rendimiento y tolerancia al complejo mosca blanca (*Bemisia tabaci* gennadius) – geminivirus. *La Calera* 10:5-15.
- Knapp, S. 2002. *Solanum* section Geminata (G. Don) Walpers (Solanaceae). *Flora Neotropica Monograph* 84:1–405.
- Knapp, S., and Peralta, I.E. 2016. The tomato (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) and its botanical relatives. In: The tomato genome (Compendium of plant genomes). Cause, M., Giovannoni, J., Bouzayen, M., and Zouine, M. (Eds.). Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. Kg. pp. 7-21.
- Larry, R., and Joanne, L. 2007. Genetic resources of tomato. In: Razdan M.K., and Mattoo A.K. (eds.). Genetic improvement of solanaceous crops. Vol. 2. Tomato. Enfield, NH: Science Publishers. p. 25-75.
- Lazarovits, G. 2001. Management of soil-borne plant pathogens with organic soil amendments: a disease control strategy salvaged from the past. *Canadian Journal of Plant Pathology* 23:1-7.
- Macedo, M.A., Costa, T.M., Barbosa, J.C., Pereira, J.L., Michereff-Filho, M., Gilbertson, R.L., Inoue-Nagata, A.K., and A. Bergamin Filho, A. 2017. Temporal and spatial dynamics of begomovirus disease in tomatoes in central Brazil. *Plant Pathology* 66:529-538.

- Michel, V. V., and Mew, T. W. 1998. Effect of a soil amendment on the survival of *Ralstonia solanacearum* in different soils. *Phytopathology* 88:300-305.
- Monger, W.A., Mumford, R.A., García, E.A., and Boa, E. 2008. Occurrence of tomato mosaic Havana virus in Nicaragua. *Plant Pathology* 57:387.
- Morales, F.J., and Anderson, P.K. 2001. The emergence and dissemination of whitefly-transmitted geminiviruses in Latin America. *Archives of Virology* 146:415–441.
- Nessa, B., Salam, M.U., Mahfuzul Haque, A.H.M., Biswas, J.K., Shahjahan Kabir, M., MacLeod, W.J., D'Antuono, M., Barman, H.N., Abdul Latif, M., and Galloway, J. 2015. Spatial pattern of natural spread of rice false smut (*Ustilagoideia virens*) disease in fields. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 10:63–73.
- Nion, Y.Y.A., and Toyota, K. 2015. Recent trends in control methods for bacterial wilt diseases caused by *Ralstonia solanacearum*. *Microbes and Environments* 30:1-11.
- Ortiz, R., Crossa, J., Vargas, M., and Izquierdo, J. 2007. Studying the effect of environmental variables on the genotype · environment interaction of tomato. *Euphytica* 153:119–134
- Peralta, I.E., and Spooner, D.M. 2001. Granule-bound starch synthase (GBSSI) gene phylogeny of wild tomatoes (*Solanum* L. section *Lycopersicon* [Mill.] Wettst. Subsection *Lycopersicon*). *American Journal of Botany* 88:1888–1902.
- Peralta, I.E., and Spooner, D.M. 2005. Morphological characterization and relationships of wild tomatoes (*Solanum* L. Section *Lycopersicon* [Mill.] Wettst. Subsection *Lycopersicon*). *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 104:227–257.
- Peralta, I.E., Knapp, S., and Spooner, D.M. 2006. Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. Feature article. *Report of Tomato Genetics Cooperative* 56:6–12.
- Peralta, I.E., and Spooner, D.M. 2007. History, origin and early cultivation of tomato (*Solanaceae*). In: Razdan, M.K., and Mattoo, A.K. (eds.). *Genetic improvement of solanaceous crops*. Vol. 2. Tomato. Enfield, NH: Science Publishers. p. 1–27.

- Peralta, I.E., Spooner, D.M., and Knapp, S. 2008. Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (*Solanum* sections *Lycopersicoides*, *Juglandifolia*, *Lycopersicon*; Solanaceae). Systematic Botany Monographs 84:1–186.
- Peeters, N., Guidot, A., Vailliau, F., and Valls, M. 2013. *Ralstonia solanacearum*, a widespread bacterial plant pathogen in the post-genomic era. Molecular Plant Pathology 14:651-662.
- Polston, J.E., Chellemi, D.O., Schuster, D.J., McGovern, R.J., and Stansly, P.A. 1996. Spatial and temporal dynamics of tomato mottle geminivirus and *Bemisia tabaci* (Genn.) in Florida tomato fields. Plant Disease 80:1022-1028.
- Polston, J.E., and Anderson, P.K. 1997. The emergence of whitefly transmitted geminiviruses in tomato in the western hemisphere. Plant Disease 81:1358–1369.
- 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.
- Raddadi, N., Cherif, A., Olizari, H., Marzorati, M., Brusetti, L., Boudabous, A., and Daffonchio, D. 2007. *Bacillus thuringiensis* beyond insect biocontrol: plant growth promotion and biosafety of polyvalent strains. Annals of Microbiology 57:481-494.
- Ramírez Dávila, J. F., Sánchez Pale, J. R. y De León, C. 2011. Estabilidad espacio temporal de la distribución del carbón de la espiga del maíz (*Sporisorium reilianum*) en el Estado de México, México. Revista Mexicana de Fitopatología 29:1-14.
- Rappussi, M. C. C., Eckstein, B., Flores, D., Haas, I.C.R., Amorim, L., and Bedendo, I.P. 2012. Cauliflower stunt associated with a phytoplasma of subgroup 16SrIII-J and the spatial pattern of disease. European Journal of Plant Pathology 133:829-840.

- Rojas, A., Kvarnheden, A., and Valkonen, J. P. T. 2000. Geminiviruses infecting tomato crops in Nicaragua. *Plant Disease* 84:843-846.
- Shaner, G; Finney, R.E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. *Phytopathology* 67:1051-1056.
- Sharma, J.P., and Kumar, S. 2009. Linear reduction of propagules of *Ralstonia solanacearum* in soil by cake and chemicals. *Indian Phytopathology* 62:49-53.
- Shtienberg, D., Zilberstaine, M., Oppenheim, D., Herzog, Z., Manulis, S., Shwartz, H., and Kritzman, G. Efficacy of oxolinic acid and other bactericides in suppression of *Erwinia amylovora* in pear orchards in Israel. *Phytoparasitica* 29:143-154.
- Snider, J.L., Russo, V.M., Roberts, W., Wann, E.V., Raper, R.L. 2012. Cultural and environmental factors governing tomato production: local production under elevated temperatures. *HortScience* 47:1022-1028.
- Spooner, D.M., Peralta, I.E., and Knapp, S. 2005. Comparison of AFLPs to other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes [*Solanum* L. section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst. subsection *Lycopersicon*]. *Taxon* 54:43–61.
- Stevenson, K.L. 2015. Analysis of spatial pattern. En: *Exercises in Plant Disease Epidemiology*. Second Edition. Stevenson, K.L., and Jeger, M.J. (eds.). The American Phytopathological Society, St. Paul, MN. p. 31-35.
- Stevenson, K.L., and Jeger, M.J. 2015. *Exercises in Plant Disease Epidemiology*. Second Edition. The American Phytopathological Society, St. Paul, MN. 276 p.
- Tortora, G.J., Funke, B.R., Case-Gaed, C.L. 2007. *Introducción Microbiología*. 9na Edición. Buenos Aires, Argentina. Médica Panamericana. 988 p.
- Yamamoto, S., Shiraishi, S., Kawagoe, Y., Mochizuki, M., Suzuki, S. 2015. Impact of *Bacillus amyloliquefaciens* S13-3 on control of bacterial wilt and powdery mildew in tomato. *Pest Management Science* 71:722-727.

Zapata, L., Gerard, L., Davies, C., Oliva, L., y Schwab, M. 2007. Correlación matemática de índices de color del tomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides. *Ciencia, Docencia y Tecnología*. 34:207-226.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Fotografía satelital de la parcela donde se estableció el ensayo en el Centro de Experimentación y Validación “El Plantel”.



Anexo 2. Plano de campo del experimento de evaluación de variedades, enmiendas y microorganismos antagonistas. El Plantel 2017. L5 (variedad de tomate Inta-L5); L7 (variedad de tomate Inta-L7); IJ (variedad de tomate Inta-Jinotega); P98 (variedad de tomate Peto-98).

	Lombrihumus					Cal					Convencional									
	L5	L7	IJ	P98		L7	P98	L5	IJ		IJ	L7	P98	L5						
Bloque I (Barrera de sorgo)					Bloque I (Barrera de sorgo)					Bloque I (Barrera de sorgo)					Barrera de sorgo					
Barrera de sorgo (1 M)																				
Bloque II (Barrera de sorgo)		IJ	P98	L5	L7	Bloque II (Barrera de sorgo)		L5	IJ	P98	L7	Bloque II (Barrera de sorgo)		L7	P98	L5	IJ	Barrera de sorgo		
Barrera de sorgo (1 M)																				
Bloque III (Barrera de sorgo)		P98	L5	L7	IJ	Bloque III (Barrera de sorgo)		IJ	L5	P98	L7	Bloque III (Barrera de sorgo)		L5	IJ	L7	P98	Barrera de sorgo		
Barrera de sorgo (1M)																				

Anexo 3. Análisis de varianza de altura y diámetro de planta

a) Altura de planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura	36	0.72	0.67	8.02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4262.42	5	852.48	15.34	<0.0001
Parcela	860.49	2	430.25	7.74	0.0019
Variedad	3401.92	3	1133.97	20.40	<0.0001
Error	1667.63	30	55.59		
Total	5930.05	35			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=7.50376

Error: 55.5878 gl: 30

Parcela	Medias	n	E.E.	
Lombrihumus	87.55	12	2.15	A
Cal	92.00	12	2.15	A B
Convencional	99.40	12	2.15	B

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=9.55674

Error: 55.5878 gl: 30

Variedad	Medias	n	E.E.	
Peto-98	77.14	9	2.49	A
L5	95.41	9	2.49	B
L7	95.76	9	2.49	B
IJ	103.63	9	2.49	B

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

b) Diámetro de tallo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro	36	0.38	0.28	16.09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.25	5	0.05	3.72	0.0097
Parcela	0.16	2	0.08	5.96	0.0066
Variedad	0.09	3	0.03	2.24	0.1043
Error	0.41	30	0.01		
Total	0.66	35			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.11717

Error: 0.0136 gl: 30

Parcela	Medias	n	E.E.	
Lombrihumus	0.65	12	0.03	A
Cal	0.71	12	0.03	A B
Convencional	0.81	12	0.03	B

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.14923

Error: 0.0136 gl: 30

Variedad Medias n E.E.

Peto-98	0.65	9	0.04	A
IJ	0.73	9	0.04	A
L7	0.74	9	0.04	A
L5	0.79	9	0.04	A

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

Anexo 4. Análisis de varianza del número de botones florales, número de racimos frutales, número de flores y frutos por planta.

a) Análisis de varianza de botones florales

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
BotFlo	36	0.89	0.78	12.38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	25.39	17	1.49	8.49	<0.0001
Parcela	9.56	2	4.78	27.16	<0.0001
Variedad	9.00	3	3.00	17.05	<0.0001
Repetición	0.89	2	0.44	2.53	0.1079
Parcela*Variedad	3.33	6	0.56	3.16	0.0270
Parcela*Repetición	2.61	4	0.65	3.71	0.0226
Error	3.17	18	0.18		
Total	28.56	35			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.43702

Error: 0.1759 gl: 18

Parcela	Medias	n	E.E.	
Convencional	2.67	12	0.12	A
Lombrihumus	3.67	12	0.12	B
Cal	3.83	12	0.12	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.55882

Error: 0.1759 gl: 18

Variedad	Medias	n	E.E.	
IJ	2.78	9	0.14	A
L5	3.11	9	0.14	A B
Peto-98	3.56	9	0.14	B C
L7	4.11	9	0.14	C

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

b) Análisis de varianza del número de racimos frutales

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numracflor	36	0.66	0.58	13.46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	27.81	7	3.97	7.84	<0.0001
Parcela	3.83	2	1.91	3.78	0.0353
Variedad	20.78	3	6.93	13.67	<0.0001
Repetición	3.19	2	1.60	3.15	0.0584
Error	14.19	28	0.51		
Total	42.00	35			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.71922

Error: 0.5069 gl: 28

Parcela	Medias	n	E.E.	
Convencional	4.86	12	0.21	A
Cal	5.35	12	0.21	A B
Lombrihumus	5.65	12	0.21	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.91640

Error: 0.5069 gl: 28

Variedad Medias n E.E.

IJ	4.50	9	0.24	A
L5	4.77	9	0.24	A B
Peto-98	5.42	9	0.24	B
L7	6.47	9	0.24	C

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

c) Análisis de varianza del número de flores por planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NumFlor	36	0.90	0.85	16.05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	458.22	11	41.66	19.48	<0.0001
Parcela	45.06	2	22.53	10.53	0.0005
Variedad	358.89	3	119.63	55.93	<0.0001
Parcela*Variedad	54.28	6	9.05	4.23	0.0048
Error	51.33	24	2.14		
Total	509.56	35			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.49103

Error: 2.1389 gl: 24

Parcela Medias n E.E.

Cal	8.08	12	0.42	A
Convencional	8.58	12	0.42	A
Lombrihumus	10.67	12	0.42	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.90186

Error: 2.1389 gl: 24

Variedad Medias n E.E.

IJ	6.11	9	0.49	A
L5	6.56	9	0.49	A
Peto-98	9.78	9	0.49	B
L7	14.00	9	0.49	C

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

d) Análisis de varianza del número de frutos por planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NumFruts	36	0.69	0.62	20.87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	398.33	7	56.90	9.07	<0.0001
Variedad	380.67	3	126.89	20.23	<0.0001
Parcela	2.17	2	1.08	0.17	0.8423
Repetición	15.50	2	7.75	1.24	0.3061
Error	175.67	28	6.27		
Total	574.00	35			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.22383

Error: 6.2738 gl: 28

Variedad Medias n E.E.

Peto-98	7.11	9	0.83	A
IJ	11.44	9	0.83	B
L5	13.44	9	0.83	B C
L7	16.00	9	0.83	C

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.53018

Error: 6.2738 gl: 28

<u>Parcela</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
Convencional	11.67	12	0.72	A
Cal	12.08	12	0.72	A
Lombrihumus	12.25	12	0.72	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.53018

Error: 6.2738 gl: 28

<u>Repetición</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
1.00	11.08	12	0.72	A
2.00	12.33	12	0.72	A
3.00	12.58	12	0.72	A

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

Anexo 5. Andeva del diámetro polar, diámetro ecuatorial y grados Brix (°B).

a) Diámetro polar

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
diamepolar	36	0.62	0.53	4.17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.72	7	0.39	6.58	0.0001
Parcela	0.48	2	0.24	4.09	0.0275
Variedad	1.15	3	0.38	6.47	0.0018
Repetición	1.09	2	0.55	9.23	0.0008
Error	1.65	28	0.06		
Total	4.38	35			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.24555

Error: 0.0591 gl: 28

Parcela	Medias	n	E.E.	
Convencional	5.67	12	0.07	A
Lombrihumus	5.91	12	0.07	A B
Cal	5.92	12	0.07	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.31286

Error: 0.0591 gl: 28

Variedad	Medias	n	E.E.	
Peto-98	5.66	9	0.08	A
L7	5.72	9	0.08	A
L5	5.82	9	0.08	A B
IJ	6.12	9	0.08	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.24555

Error: 0.0591 gl: 28

Repetición	Medias	n	E.E.	
1.00	5.61	12	0.07	A
2.00	5.85	12	0.07	A B
3.00	6.03	12	0.07	B

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

b) Diámetro ecuatorial

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diamecuat	36	0.77	0.72	3.01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.68	7	0.38	13.63	<0.0001
Parcela	1.58	2	0.79	28.15	<0.0001
Variedad	0.53	3	0.18	6.26	0.0022
Repetición	0.57	2	0.29	10.17	0.0005
Error	0.79	28	0.03		
Total	3.47	35			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.16932

Error: 0.0281 gl: 28

Parcela	Medias	n	E.E.	
Convencional	5.34	12	0.05	A
Cal	5.53	12	0.05	B
Lombrihumus	5.85	12	0.05	C

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.21574

Error: 0.0281 gl: 28

Variedad	Medias	n	E.E.	
Peto-98	5.46	9	0.06	A
L5	5.46	9	0.06	A
IJ	5.67	9	0.06	A B
L7	5.72	9	0.06	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.16932

Error: 0.0281 gl: 28

Repetición	Medias	n	E.E.	
1.00	5.42	12	0.05	A
2.00	5.58	12	0.05	A B
3.00	5.73	12	0.05	B

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

c) Grados Brix

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Gradosbrix	36	0.41	0.32	9.89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.97	5	0.79	4.25	0.0049
Parcela	0.58	2	0.29	1.54	0.2309
Variedad	3.39	3	1.13	6.05	0.0024
Error	5.61	30	0.19		
Total	9.58	35			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.43509

Error: 0.1869 gl: 30

Parcela	Medias	n	E.E.	
Cal	4.19	12	0.12	A
Convencional	4.44	12	0.12	A
Lombrihumus	4.48	12	0.12	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.55413

Error: 0.1869 gl: 30

Variedad	Medias	n	E.E.	
Peto-98	3.84	9	0.14	A
IJ	4.47	9	0.14	B
L7	4.57	9	0.14	B
L5	4.60	9	0.14	B

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

Anexo 6. Análisis de varianza de rendimiento (kg ha⁻¹)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendkgha	36	0.88	0.65	38.65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14656211688.89	23	637226595.17	3.88	0.0091
Parcela	492428355.56	2	246214177.78	1.50	0.2625
Variedad	3713602400.00	3	1237867466.67	7.53	0.0043
Repetición	5971900355.56	2	2985950177.78	18.17	0.0002
Parcela*Variedad	1262160266.67	6	210360044.44	1.28	0.3361
Parcela*Repetición	1224565644.44	4	306141411.11	1.86	0.1818
Variedad*Repetición	1991554666.67	6	331925777.78	2.02	0.1413
Error	1971887866.67	12	164323988.89		
Total	16628099555.56	35			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=13961.70602

Error: 164323988.8889 gl: 12

Parcela	Medias	n	E.E.
Convencional	28066.67	12	3700.50 A
Lombrihumus	34723.33	12	3700.50 A
Cal	36716.67	12	3700.50 A

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=17940.72384

Error: 164323988.8889 gl: 12

Variedad	Medias	n	E.E.
Peto-98	18031.11	9	4272.96 A
IJ	31424.44	9	4272.96 A B
L5	37255.56	9	4272.96 B
L7	45964.44	9	4272.96 B

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=13961.70602

Error: 164323988.8889 gl: 12

Repetición	Medias	n	E.E.
1.00	16803.33	12	3700.50 A
2.00	34426.67	12	3700.50 B
3.00	48276.67	12	3700.50 B

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

Anexo 7. Andeva del porcentaje de incidencia de marchitez bacteriana en parcelas con enmiendas de lombrihumus, con cal y parcela sin enmiendas (convencional).

Análisis de varianza de incidencia *Ralstonia solanacearum* (05/07/2017)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ralstincid	180	0.69	0.61	94.60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14810.46	37	400.28	8.50	<0.0001
DDT	819.69	4	204.92	4.35	0.0024
Parcela	158.01	2	79.01	1.68	0.1906
Variedad	6394.38	3	2131.46	45.24	<0.0001
Bloque	1260.34	2	630.17	13.38	<0.0001
DDT*Variedad	4616.40	12	384.70	8.17	<0.0001
DDT*Bloque	706.38	8	88.30	1.87	0.0685
Variedad*Bloque	855.26	6	142.54	3.03	0.0082
Error	6689.79	142	47.11		
Total	21500.24	179			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.42107

Error: 47.1112 gl: 142

DDT	Medias	n	E.E.	
14.00	3.64	36	1.14	A
42.00	6.11	36	1.14	A B
35.00	8.47	36	1.14	B
21.00	8.47	36	1.14	B
28.00	9.58	36	1.14	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.94138

Error: 47.1112 gl: 142

Parcela	Medias	n	E.E.	
Cal	6.00	60	0.89	A
Compost	7.52	60	0.89	A
Convencional	8.25	60	0.89	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.72367

Error: 47.1112 gl: 142

Variedad	Medias	n	E.E.	
L5	3.33	45	1.02	A
L7	3.69	45	1.02	A
IJ	4.44	45	1.02	A
Peto-98	17.56	45	1.02	B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.94138

Error: 47.1112 gl: 142

Bloque	Medias	n	E.E.	
1.00	4.52	60	0.89	A
2.00	6.42	60	0.89	A
3.00	10.83	60	0.89	B

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

Anexo 8. Área bajo la curva de curva de progreso de la marchitez bacteriana (ABCPMB).

a) Parcela con lombrihumus

Dependent Variable: ABCPE

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	29	204045.4427	7036.0497	6.06	0.0001
Error	18	20888.8021	1160.4890		
Corrected Total	47	224934.2448			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	segarea Mean
0.907134	60.28260	34.06595	56.51042

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ddt	3	5021.22396	1673.74132	1.44	0.2635
var	3	83829.55729	27943.18576	24.08	<.0001
bloque	2	11803.38542	5901.69271	5.09	0.0178
ddt*var	9	53395.96354	5932.88484	5.11	0.0016
ddt*bloque	6	4989.32292	831.55382	0.72	0.6413
var*bloque	6	45005.98958	7500.99826	6.46	0.0009

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ddt	3	5021.22396	1673.74132	1.44	0.2635
var	3	83829.55729	27943.18576	24.08	<.0001
bloque	2	11803.38542	5901.69271	5.09	0.0178
ddt*var	9	53395.96354	5932.88484	5.11	0.0016
ddt*bloque	6	4989.32292	831.55382	0.72	0.6413
var*bloque	6	45005.98958	7500.99826	6.46	0.0009

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for ABCPE

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	ddt
A	65.63	12	35
A			
A	65.63	12	28
A			
A	53.96	12	42
A			
A	40.83	12	21

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	var
A	128.33	12	Peto98
B	39.38	12	IntaJino
B			
B	33.54	12	IntaL5

B
 B 24.79 12 IntaL7

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for ABCPE en bloques

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 18
 Error Mean Square 1160.489
 Critical Value of Studentized Range 3.60930
 Minimum Significant Difference 30.739

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	bloque
A	76.56	16	3
A			
B A	54.69	16	2
B			
B	38.28	16	1

b) Parcela con cal

Dependent Variable: ABCPE

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	29	137940.1042	4756.5553	5.04	0.0004
Error	18	16996.8750	944.2708		
Corrected Total	47	154936.9792			

R-Square 0.890298
 Coeff Var 64.83479
 Root MSE 30.72899
 segarea Mean 47.39583

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ddt	3	5333.85417	1777.95139	1.88	0.1687
var	3	70769.27083	23589.75694	24.98	<.0001
bloque	2	21029.16667	10514.58333	11.14	0.0007
ddt*var	9	20442.18750	2271.35417	2.41	0.0540
ddt*bloque	6	8677.08333	1446.18056	1.53	0.2243
var*bloque	6	11688.54167	1948.09028	2.06	0.1093

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ddt	3	5333.85417	1777.95139	1.88	0.1687
var	3	70769.27083	23589.75694	24.98	<.0001
bloque	2	21029.16667	10514.58333	11.14	0.0007
ddt*var	9	20442.18750	2271.35417	2.41	0.0540
ddt*bloque	6	8677.08333	1446.18056	1.53	0.2243
var*bloque	6	11688.54167	1948.09028	2.06	0.1093

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for ABCPE

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	ddt
A	59.79	12	28
A			
A	53.96	12	35
A			
A	43.75	12	21
A			
A	32.08	12	42

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	var
A	113.75	12	Peto98
B	29.17	12	Intajino
B			
B	24.79	12	IntaL7
B			
B	21.88	12	IntaL5

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	bloque
A	76.56	16	3
B	37.19	16	1
B			
B	28.44	16	2

c) Parcela convencional

Dependent Variable: ABCPE

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	29	226790.8854	7820.3754	14.77	<.0001
Error	18	9532.0313	529.5573		
Corrected Total	47	236322.9167			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	segarea Mean
0.959665	38.48716	23.01211	59.79167

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ddt	3	4593.7500	1531.2500	2.89	0.0639
var	3	100194.7917	33398.2639	63.07	<.0001
bloque	2	25201.8229	12600.9115	23.80	<.0001
ddt*var	9	70896.8750	7877.4306	14.88	<.0001
ddt*bloque	6	8689.8438	1448.3073	2.73	0.0455
var*bloque	6	17213.8021	2868.9670	5.42	0.0024

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ddt	3	4593.7500	1531.2500	2.89	0.0639
var	3	100194.7917	33398.2639	63.07	<.0001
bloque	2	25201.8229	12600.9115	23.80	<.0001
ddt*var	9	70896.8750	7877.4306	14.88	<.0001
ddt*bloque	6	8689.8438	1448.3073	2.73	0.0455
var*bloque	6	17213.8021	2868.9670	5.42	0.0024

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	ddt
A	70.000	12	35
A			
A	64.167	12	28
A			
A	61.250	12	42
A			
A	43.750	12	21

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	var
A	138.542	12	Peto98
B	37.917	12	Intajino
B			
B	36.458	12	IntaL7
B			
B	26.250	12	IntaL5

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	bloque
A	90.781	16	3
B	52.500	16	2
B			
B	36.094	16	1

Anexo 9. Análisis de varianza para la incidencia de virosis

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incidvirus	180	0.99	0.98	27.52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	77405.14	91	850.61	95.19	<0.0001
Parcela	710.28	2	355.14	39.74	<0.0001
Variedad	52924.86	3	17641.62	1974.17	<0.0001
Bloque	95.28	2	47.64	5.33	0.0065
DDT	3433.89	4	858.47	96.07	<0.0001
Parcela*Variedad	1539.72	6	256.62	28.72	<0.0001
Parcela*Bloque	509.72	4	127.43	14.26	<0.0001
Variedad*Bloque	284.72	6	47.45	5.31	0.0001
Variedad*DDT	15388.33	12	1282.36	143.50	<0.0001
Parcela*Variedad*Bloque	1696.94	12	141.41	15.82	<0.0001
Parcela*Variedad*DDT	499.17	24	20.80	2.33	0.0023
Parcela*Bloque*DDT	322.22	16	20.14	2.25	0.0086
Error	786.39	88	8.94		
Total	78191.53	179			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.30114

Error: 8.9362 gl: 88

Parcela	Medias	n	E.E.	
Cal	9.33	60	0.39	A
Convencional	9.58	60	0.39	A
Compost	13.67	60	0.39	B

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.65040

Error: 8.9362 gl: 88

Variedad	Medias	n	E.E.	
L7	0.44	45	0.45	A
L5	1.11	45	0.45	A
IJ	1.33	45	0.45	A
Peto-98	40.56	45	0.45	B

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.30114

Error: 8.9362 gl: 88

Bloque	Medias	n	E.E.
--------	--------	---	------

3.00	10.08	60	0.39	A
1.00	10.67	60	0.39	A B
2.00	11.83	60	0.39	B

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.96241

Error: 8.9362 gl: 88

DDT	Medias	n	E.E.	
28.00	6.11	36	0.50	A
35.00	6.94	36	0.50	A
42.00	9.72	36	0.50	B
49.00	13.75	36	0.50	C
56.00	17.78	36	0.50	D

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

Anexo 10. Área bajo la curva de curva de progreso de virosis (ABCPV).

a) Parcela con lombrihumus

Dependent Variable: ABCPE

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	29	1279295.573	44113.640	276.57	<.0001
Error	18	2871.094	159.505		
Corrected Total	47	1282166.667			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	segarea Mean
0.997761	13.53165	12.62954	93.33333

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ddt	3	35576.042	11858.681	74.35	<.0001
var	3	1032215.625	344071.875	2157.12	<.0001
bloque	2	10884.635	5442.318	34.12	<.0001
ddt*var	9	167212.500	18579.167	116.48	<.0001
ddt*bloque	6	2284.115	380.686	2.39	0.0712
var*bloque	6	31122.656	5187.109	32.52	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ddt	3	35576.042	11858.681	74.35	<.0001
var	3	1032215.625	344071.875	2157.12	<.0001
bloque	2	10884.635	5442.318	34.12	<.0001
ddt*var	9	167212.500	18579.167	116.48	<.0001
ddt*bloque	6	2284.115	380.686	2.39	0.0712
var*bloque	6	31122.656	5187.109	32.52	<.0001

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for ABCPE (ddt)

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	ddt
----------------	------	---	-----

A	134.167	12	56
B	100.625	12	49
C	75.833	12	42
C			
C	62.708	12	35

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	var
A	347.083	12	Peto98
B	18.958	12	IntaL5
B			
C B	5.833	12	IntaJino
C			
C	1.458	12	IntaL7

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	bloque
A	106.094	16	1
A			
A	101.719	16	2
B	72.188	16	3

b) Parcela con cal

Dependent Variable: ABCPE

Source	Sum of		Mean Square	F Value	Pr > F
	DF	Squares			
Model	29	696367.8385	24012.6841	121.41	<.0001
Error	18	3560.1563	197.7865		
Corrected Total	47	699927.9948			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	segarea Mean
0.994914	22.29746	14.06366	63.07292

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ddt	3	25795.1823	8598.3941	43.47	<.0001
var	3	546675.3906	182225.1302	921.32	<.0001
bloque	2	9736.1979	4868.0990	24.61	<.0001
ddt*var	9	88869.9219	9874.4358	49.92	<.0001
ddt*bloque	6	523.1771	87.1962	0.44	0.8419
var*bloque	6	24767.9687	4127.9948	20.87	<.0001

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for ABCPE (ddt)

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	ddt
A	97.708	12	56
B	70.000	12	49
C	46.667	12	42
C			
C	37.917	12	35

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	var
A	247.917	12	Peto98
B	1.458	12	IntaJino
B			
B	1.458	12	IntaL7
B			
B	1.458	12	IntaL5

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	bloque
A	77.656	16	3
A			
A	67.813	16	2
B	43.750	16	1

c) Parcela convencional

Dependent Variable: ABCPE

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	29	681131.9010	23487.3069	48.94	<.0001
Error	18	8638.8021	479.9334		
Corrected Total	47	689770.7031			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	segarea Mean
0.987476	33.94849	21.90738	64.53125

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ddt	3	27377.4740	9125.8247	19.01	<.0001
var	3	489202.4740	163067.4913	339.77	<.0001
bloque	2	4249.2188	2124.6094	4.43	0.0273
ddt*var	9	130111.5885	14456.8432	30.12	<.0001
ddt*bloque	6	5142.4479	857.0747	1.79	0.1588
var*bloque	6	25048.6979	4174.7830	8.70	0.0002

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ddt	3	27377.4740	9125.8247	19.01	<.0001
var	3	489202.4740	163067.4913	339.77	<.0001
bloque	2	4249.2188	2124.6094	4.43	0.0273
ddt*var	9	130111.5885	14456.8432	30.12	<.0001
ddt*bloque	6	5142.4479	857.0747	1.79	0.1588
var*bloque	6	25048.6979	4174.7830	8.70	0.0002

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for ABCPE (ddt)

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	ddt
A	99.167	12	56
B	72.917	12	49
B			
C B	49.583	12	42
C			
C	36.458	12	35

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	var
A	239.167	12	Peto98
B	14.583	12	Intajino
B			
B	2.917	12	IntaL7
B			
B	1.458	12	IntaL5

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	bloque
A	75.469	16	2
A			
B A	65.625	16	1
B			
B	52.500	16	3

Anexo 11. Análisis de varianza de unidades formadoras de colonias (ufc) un mes antes de la incorporación de las enmiendas y cinco meses después de la incorporación de las enmiendas.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ufc	18	0.98	0.91	37.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	44887.11	13	3452.85	14.09	0.0103
Tiempo	15488.00	1	15488.00	63.22	0.0014
Parcela	1243.44	2	621.72	2.54	0.1943
Bloque	16430.78	2	8215.39	33.53	0.0032
Tiempo*Bloque	9081.00	2	4540.50	18.53	0.0095
Error	980.00	4	245.00		
Total	45867.11	17			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=20.48650

Error: 245.0000 gl: 4

Tiempo Medias n E.E.

5.00 12.89 9 5.22 A

1.00 71.56 9 5.22 B

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

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=32.20763

Error: 245.0000 gl: 4

Parcela Medias n E.E.

Cal 31.33 6 6.39 A

Lombrihumus 43.83 6 6.39 A

Convencional 51.50 6 6.39 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=32.20763

Error: 245.0000 gl: 4

Bloque Medias n E.E.

1.00 12.50 6 6.39 A

2.00 30.50 6 6.39 A

3.00 83.67 6 6.39 B

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=60.60582

Error: 245.0000 gl: 4

Tiempo Bloque Medias n E.E.

5.00 1.00 4.67 3 9.04 A

5.00 2.00 10.67 3 9.04 A

1.00 1.00 20.33 3 9.04 A

5.00 3.00 23.33 3 9.04 A

1.00 2.00 50.33 3 9.04 A

1.00 3.00 144.00 3 9.04 B

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