

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA - LEÓN
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS Y VETERINARIAS
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA**



**EVALUACIÓN DE TOLERANCIA A MARCHITEZ BACTERIANA CAUSADA POR
Ralstonia solanacearum EN DIFERENTES CULTIVARES DE SOLANÁCEA EN EL
CAMPUS AGROPECUARIO UNAN-LEÓN 2017.**

PRESENTADO POR:

BR. BAYRON ANDRÉS SÁNCHEZ SÁNCHEZ.

BR. RODIS RODRIGO ROJAS HERNÁNDEZ.

**TRABAJO COMO REQUISITO PREVIO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERÍA
EN AGROECOLOGÍA TROPICAL.**

TUTOR: ING. LUIS MANUEL MEDINA GÓMEZ.

ASESOR: M.Sc. JORGE LUIS ROSTRÁN MOLINA.

LEÓN, ABRIL 2019

“A LA LIBERTAD POR LA UNIVERSIDAD”

DEDICATORIA

A Dios por una meta más en vida, por regalarme fuerza, sabiduría para poder finalizar este trabajo.

A mis padres Mariana Sánchez y Jairo Sánchez, a mi abuela Manuela Pérez, mis padrinos Sara Cabrejas, Iñaki Abad y demás familiares. También agradezco a los amigos que me apoyaron a poder finalizar mis estudios.

A los diferentes maestros que con su conocimiento pudieron ayudarnos a terminar los estudios, mi tutor Ing. Luis Manuel Medina, M.Sc. Jorge Luis Rostrán por su apoyo, paciencia y consejos para llevar a cabo esta investigación.

Sr. Bayron Andrés Sánchez Sánchez.

DEDICATORIA

A Dios nuestro Padre Celestial y Creador, por brindarme las bendiciones de la vida y la salud para poder soñar y cumplir con mis metas.

A mi familia: mi mamá Oneyda Hernández, mi papá Rodrigo Rojas, mis hermanos Maykell y Allison Rojas y a Yenni Miranda, por ser parte de todos los días de mi vida, llenándolos de alegrías y confianza para seguir siempre al frente.

A mis abuelos (as), tíos (as) y amigos que han rodeado mi vida y fortalecido de gran manera.

A la organización “CT Quest for Peace”, quienes formaron parte de mi vida académica durante 9 años.

Al honorable claustro de maestros del departamento de Agroecología quienes fueron los artífices del valioso aprendizaje que obtuve durante el período 2013-2017. Por su esmero, dedicación, templanza y carácter al transmitirnos sus saberes técnicos y científicos.

Dr. Rodis Rodrigo Rojas Hernández.

AGRADECIMIENTO

Al señor Jesucristo por regalarme vida en este gran paso ya que podemos estar finalizando este trabajo con salud y el apoyo de todos.

A mis padres Mariana Sánchez, Jairo Sánchez y familiares ya que sin ellos no fuera hecho posible nada esto, a Ana Peña, Johana Gaytán, M.Sc. Erling Torres, M.Sc. Jorge Luis Rostrán, Sara Cabrejas, Iñaki Abad y todas esas demás personas que influyeron y aconsejaron a terminar esta carrera.

A mis maestros de agroecología, a mi compañero Rodis Rojas y demás compañeros de estudios con quienes también trabajamos estos años, para lograr terminar y llevar a cabo esta meta.

Sr. Bayron Andrés Sánchez Sánchez.

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la salud, fortaleza, ímpetu, dedicación y sabiduría para culminar mis estudios universitarios y este trabajo investigativo.

A mis padres fuente de mi mayor inspiración, Oneyda Hernández y Rodrigo Rojas, por su formación integral, por su amor y apoyo incondicional en el cumplimiento de mi mayor anhelo, como es la finalización de mi carrera profesional.

A mis abuelos (as), a mis tías (os), a mi hermano Maykell Rojas y mi hermana Allison Rojas, por la confianza y buenos deseos depositados en mí.

A Yenni Miranda por su amor, cariño, comprensión y apoyo absoluto en todo momento de dificultad durante el proceso de culminación de mi carrera y en mi vida.

A la organización “CT Quest for Peace” por ser parte de mis logros académicos a lo largo de mi vida, en especial a Mónica Rudawsky, Bill Evans, Randy Klein (q.d.e.p), Linda Klein y Ascensión Poveda quienes han confiado plenamente en mis capacidades y virtudes como persona y educando.

A mi compañero y amigo Bayron Sánchez por ser partícipe de este importante trabajo para nuestras vidas.

Al maestro y tutor Ing. Luis Medina, por su enseñanza, confianza, ayuda y dirección del trabajo final de investigación, al M.Sc. Jorge Rostrán por su ayuda y consejos valiosos, M.Sc. Patricia Castillo, M.Sc. Miguel Bárcenas, M.Sc. Erling Tórrez, Ing. Luis Moreno y Lic. Noelia Cea por sus amistades, orientaciones y enseñanzas brindadas.

Dr. Rodis Rodrigo Rojas Hernández.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 General:.....	3
2.2 Específicos:.....	3
III. HIPÓTESIS.....	4
3.1 Hipótesis estadísticas.....	4
IV. MARCO TEÓRICO	5
4.1 Descripción del cultivo de tomate	5
4.2 Clasificación taxonómica	5
4.3 Morfología	5
4.4 Requerimientos del cultivo	6
4.5 Importancia económica del cultivo de tomate en Nicaragua.....	7
4.6 Principales zonas de producción.....	7
4.7 Cultivares liberados en el país.	8
4.8 Descripción del cultivo de berenjena	8
4.9 Clasificación taxonómica	9
4.10 Morfología	9
4.11 Requerimientos del cultivo	10
4.12 Marchitez bacteriana causada por <i>Ralstonia solanacearum</i>	10
4.12.1 Descripción	10
4.12.2 Características morfológicas del patógeno <i>Ralstonia solanacearum</i>	11
4.12.3 Sintomatología de la enfermedad	11
4.12.4 Condiciones que favorecen a la bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i>	12

4.12.5	Ciclo de la enfermedad marchitez bacteriana.....	13
4.12.6	Afectaciones de marchitez bacteriana causadas por <i>Ralstonia solanacearum</i> .	14
4.13	Medición de la enfermedad presente en los cultivos	14
4.13.1	Incidencia de la enfermedad	14
4.13.2	Severidad de la enfermedad	15
4.13.3	Tolerancia.....	15
4.13.4	Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)	15
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	17
5.1	Ubicación del estudio	17
5.2	Tipo de investigación.....	17
5.3	Diseño Experimental.....	17
5.4	Croquis del ensayo	18
5.5	Definición del Universo y Muestra	18
5.6	Tratamientos	19
5.7	Establecimiento del ensayo	20
5.7.1	Etapa de semillero.....	20
5.7.2	Trasplante	20
5.7.3	Reproducción de la bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i> en laboratorio	21
5.7.4	Inoculación de la bacteria en las maceteras	21
5.7.5	Riego.....	21
5.7.6	Fertilización.....	22
5.8	Comprobación de presencia de la bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i> en los cultivares de solanácea.	22
5.9	Instrumentos y técnicas de recolección de datos.....	22
5.10	VARIABLES A EVALUAR	23
5.11	Análisis de los datos	24
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
6.1	Comportamiento fenológico de los diferentes cultivares de solanácea expuestos a inoculación de la bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i>	25
6.2	Porcentajes de incidencia y severidad de diferentes cultivares de solanácea expuestos a inoculación de la bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i>	32
6.3	Resultados de área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de diferentes cultivares de solanácea expuestos a inoculación de la bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i>	36

VII. CONCLUSIONES	41
VIII. RECOMENDACIONES	42
IX. BIBLIOGRAFÍA	43
X. ANEXOS.	46
Anexo 1: Glosario	46
Anexo 2: Escala de severidad.	48
Anexo 3: Hoja de muestreo de fenología.	49
Anexo 4: Hoja de muestreo de incidencia (%) de la enfermedad.	50
Anexo 5: Hoja de muestreo de severidad (%) de la enfermedad.	50
Anexo 6: Hoja de registro de temperatura y humedad relativa.	51
Anexo7: Tablas de análisis estadístico.	52
Anexo 8: Fotos de la investigación.	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis del coeficiente de correlación de Pearson entre factores climáticos (temperatura/humedad relativa) y valores de incidencia de la enfermedad de diferentes cultivares de solanácea inoculados por la bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i> , Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.	36
Tabla 2: Total y media del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de diferentes cultivares de solanácea inoculados por la bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i> , Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.	37
Tabla 3: Parámetro r y coeficiente de correlación según Pearson del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) en diferentes cultivares de solanácea inoculados por la bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i> , Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.	38

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 1: Promedio de altura de la planta (cm) de diferentes cultivares de solanácea inoculados versus sus testigos no inoculados por la bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i> , Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.....	26
Gráfico 2: Promedio de diámetro del tallo (mm) de diferentes cultivares de solanácea inoculados versus sus testigos no inoculados por la bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i> , Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.....	29
Gráfico 3: Promedio de hojas de la planta de diferentes cultivares de solanácea inoculados versus sus testigos no inoculados por la bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i> , Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.....	32
Gráfico 4: Porcentaje de incidencia de la enfermedad marchitez bacteriana en diferentes cultivares de solanácea inoculados por la bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i> , Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.....	33
Gráfico 5: Porcentaje de severidad de la enfermedad marchitez bacteriana en diferentes cultivares de solanácea inoculados por la bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i> , Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.....	34
Gráfico 6: Promedio del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) marchitez bacteriana en los cultivares de solanácea inoculados por la bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i> , Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.....	39

RESUMEN

El tomate representa un rubro de mucha importancia en la agricultura nicaragüense, es una hortaliza muy demandada y gustada por sus cualidades nutritivas. Otra solanácea como la berenjena no es tan demandada en el mercado, pero por su valor nutritivo, ésta viene en aumento. En la actualidad los rendimientos productivos de estos cultivos se ven amenazados por la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum*. El objetivo de la investigación, fue evaluar la tolerancia de diferentes cultivares de solanácea a marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum*. Se utilizó un DCA, con 6 tratamientos y 4 repeticiones, totalizando 24 unidades experimentales. Para fenología se realizó la prueba t-student para muestras independientes. Para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) se realizó la prueba no paramétrica H de Kruskal Wallis. Los tratamientos fueron: T1-INTA Valle de Sébaco, T2-INTA Jinotega, T3-Berenjena, T4-Testigo (INTA Valle de Sébaco sin inocular), T5-Testigo (INTA Jinotega sin inocular) y T6-Testigo (Berenjena sin inocular). Las variables evaluadas fueron: fenología (altura, diámetro del tallo y número de hojas), incidencia, severidad y área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE). El análisis se realizó en SPSS 23.0. Como resultado se obtuvo que los tratamientos INTA Valle de Sébaco inoculado y no inoculado alcanzaron altura máxima de 80 y 73cm respectivamente, diámetro de tallos iguales con 11mm e igual número de hojas con 45. El tratamiento INTA Jinotega inoculado y no inoculado obtuvieron 93 y 89cm de altura, 10.6 y 11mm de diámetro de tallo, 53 y 58 hojas correspondientemente. El tratamiento berenjena inoculado y no inoculado alcanzaron altura de 58 y 53cm, diámetro de tallo de 11.6 y 11mm, 42 y 44.8 hojas emitidas respectivamente. El porcentaje de incidencia para INTA Jinotega fue 14.36%, INTA Valle de Sébaco de 2.27% y berenjena de 0.41%. Los porcentajes de severidad para INTA Jinotega fue 12.11%, INTA Valle de Sébaco de 2.18% y berenjena de 0%. El total de ABCPE del INTA Jinotega fue 679.57, INTA Valle de Sébaco de 118.11 y berenjena de 0. Se concluyó que la inoculación de la bacteria *Ralstonia solanacearum* en los cultivares de solanácea evaluados marchitez como principal síntoma, sin embargo, el grado de infección no produjo diferencias significativas en el desarrollo fenológico. Se recomienda utilizar los cultivares berenjena e INTA valle de Sébaco como cultivares tolerantes para producción comercial y como porta injertos en híbridos de tomate altamente productivos y demandados en el mercado.

I. INTRODUCCIÓN

El Tomate (*Solanum lycopersicum*), es miembro de la familia de las *Solanáceas*, es originario de Suramérica, específicamente de la región andina (Perú, Bolivia y Ecuador). Aunque el tomate es una planta semi perenne, apta para vivir y producir frutos durante varios años, se cultiva como anual por razones económicas y comerciales (INTA, 2004).

Es un cultivo de mucha importancia a nivel mundial, debido a que es un producto que sirve de materia prima en la agroindustria y, además, es muy gustada debido a su valor nutritivo y alto contenido de vitamina A y C (CATIE, 1990).

La berenjena (*Solanum melongena*), es un cultivo vegetal común y popular que se cultiva esencialmente en climas cálidos. La berenjena es nativa de la India y ha estado en cultivo durante mucho tiempo.

La berenjena es una hortaliza con un elevado contenido en agua y por lo tanto posee bajo contenido en calorías. Contiene cantidades apreciables de vitamina A y C, además de algunos minerales como calcio, fósforo, hierro, sodio y potasio. La fruta verde de la berenjena se utiliza principalmente como vegetal de cocina para los distintos platos. Tiene mucho potencial como materia prima en la elaboración de encurtidos y en la industria de deshidratación (Chen & Li., s. f.).

La marchitez bacteriana de las solanáceas causada por *Ralstonia solanacearum*, es una de las enfermedades con daño más devastador en cultivos de importancia como tomate, papa, berenjena, chile y tabaco (Perea, García, Allende, Carrillo, León, Valdez, & López, 2011).

La bacteria invade a las plantas hospederas a través de la raíz y coloniza los vasos del xilema en el sistema vascular. Las plantas infectadas muestran disminución de crecimiento,

amarillamiento, marchitamiento repentino y mueren rápidamente (Sánchez, Mejía, Fegan & Allen, 2008).

La bacteria *Ralstonia solanacearum* es patogénica en al menos 50 familias taxonómicas de plantas. Este patógeno se distribuye en zonas que presentan alta humedad relativa y altas temperaturas. (Salazar, Berríos, Estrada & Caballero, 2009)

En el país aún no se reportan medidas de manejo a la bacteria y las pocas variedades reportadas con tolerancia no son demandadas por el mercado por factores como bajos rendimientos y problemas de contextura del fruto al momento de la comercialización.

En Nicaragua los híbridos de tomate comercialmente demandados son susceptibles a marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum*. Esta enfermedad, está ocasionando considerables pérdidas en el sector tomatero, dado que no existe control químico que disminuya los efectos una vez establecida en campo, limitándose al manejo preventivo.

En Guatemala, Pérez (2015) evaluó la resistencia a marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* en cuatro porta injertos comerciales de tomate, mediante modelos de incidencia y severidad bajo condiciones protegidas de casa malla.

A nivel nacional investigaciones basadas en la prueba de tolerancia a marchitez bacteriana en solanáceas no se han reportado, es por eso que nuestra investigación se ha basado en la experiencia de otros países y siguiendo la metodología aplicada se evaluó la tolerancia a marchitez bacteriana de diferentes cultivares nacionales infestados, para generar una alternativa orientada al manejo de la marchitez bacteriana que permita obtener materiales tolerantes a la bacteria, no obstante reducir las pérdidas económicas del sector.

II. OBJETIVOS

2.1 General:

- ✚ Evaluar tolerancia a marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* en diferentes cultivares de solanácea en el Campus Agropecuario Unan-León, 2017.

2.2 Específicos:

- ✚ Describir la fenología de los cultivares de solanácea sometidos a inoculación de *Ralstonia solanacearum*.
- ✚ Determinar incidencia y severidad de la enfermedad marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* en cada cultivar.
- ✚ Determinar área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) en los cultivares de solanáceas.

III. HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis estadísticas

Ho: De los diferentes cultivares de solanácea estudiados, ninguno presentará diferencias reales en cuanto a la tolerancia a la bacteria *Ralstonia solanacearum*.

Ha: Al menos uno de los diferentes cultivares de solanáceas estudiados, presentará diferencias reales en cuanto a la tolerancia a la bacteria *Ralstonia solanacearum*.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1 Descripción del cultivo de tomate

El tomate es una especie dicotiledónea, miembro de la familia de las *Solanáceas*, a la que también pertenecen la papa, el tabaco, la berenjena y el chile. Ésta familia, es una de las más grandes e importantes entre las angiospermas. La planta de tomate es anual, de porte arbustivo. Se desarrolla de forma rastrera, semierecta o erecta, dependiendo de la variedad (INTA, 2004).

4.2 Clasificación taxonómica

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Asteridae*

Orden: *Solanales*

Familia: *Solanaceae*

Género: *Solanum*

Especie: *Lycopersicum*

(International, C, 2009).

4.3 Morfología

Sistema radical: Está compuesto por una raíz principal de la que salen raíces laterales y fibrosas, formando un conjunto que puede tener un radio hasta de 1.5 m.

El tallo: El tomate posee un tallo herbáceo. Está cubierto por pelos glandulares, los cuales segregan una sustancia viscosa de color verde – amarillento, con un olor característico que actúa como repelente para muchos insectos.

Las hojas: Las hojas de tomate son pinnadas compuestas. Los folíolos son peciolados y lobulados irregularmente, pilosos y aromáticos. Las características hereditarias del tomate y las condiciones bajo cultivo determinan el tamaño de las hojas, las peculiaridades de su margen y el carácter de la superficie.

Las flores: El tomate posee una inflorescencia en forma de racimo, con flores pequeñas, medianas o grandes, de coloración amarilla en diferentes tonalidades. El racimo puede ser simple, de un sólo eje o compuesto, cuando posee un eje con varias ramas.

El fruto: es una baya con dimensión y número de lóculos variables, según el cultivar. Dependiendo de la forma, los frutos de tomate pueden ser redondeados, aplanados, ovalados, semiovalados, alargados, en forma de uva o pera, y otras (INTA, 2004).

4.4 Requerimientos del cultivo

El tomate prospera en muchas latitudes, amplio rango de suelos, temperaturas y métodos de siembra.

Suelos: Los suelos aptos para cultivar tomate son de media a mucha fertilidad, profundos y bien drenados, pudiendo ser franco arenoso, arcillo-arenosos y orgánico. El pH del suelo debe ser de 5.9-6.5 para aprovechar los fertilizantes.

Luminosidad y radiación: El tomate es un cultivo que no le afecta el fotoperiodo o largo del día, sus necesidades de luz oscilan entre las 8 y 16 horas.

Temperatura: Los rangos óptimos para su desarrollo oscilan entre los 28-30°C durante el día y entre 15-18°C durante la noche. Temperaturas más de 35°C y menos de 10°C provocan abortos florales y limitan el cuajado de frutos.

Humedad relativa: La humedad relativa óptima para el cultivo oscila entre los 65%-70%, favoreciéndose a la polinización (International, C, 2009).

4.5 Importancia económica del cultivo de tomate en Nicaragua

El tomate (*Solanum lycopersicum*) tiene múltiples ventajas económicas y nutritivas. Es cultivado tanto en huertos caseros como en áreas comerciales, es una de las hortalizas más populares del mundo; está catalogado como una buena fuente de vitaminas A y C, y puede ayudar a corregir las deficiencias de esas vitaminas en países como el nuestro.

El potencial del tomate es muy grande. Debido a su alto valor económico, constituye un gran atractivo para los pequeños agricultores; utiliza mano de obra intensiva creando empleos en las zonas rurales, como también, estimula el empleo urbano; puede incrementar exportaciones; mejorar la nutrición de la gente y aumentar el ingreso de los agricultores (INTA, 2004).

4.6 Principales zonas de producción

Este cultivo es producido principalmente por pequeños y medianos productores de los departamentos de Matagalpa y Jinotega, particularmente en los Valles de Sébaco y Tomatoya. También, se produce en zonas de Estelí, Malacatoya, Tisma y Nandaime, aunque en menor escala. Existen además otras zonas con potencial, como el Valle de Jalapa, la meseta de Carazo y algunos valles intramontañosos de los departamentos de Boaco y Chontales (MIFIC, 2007).

4.7 Cultivares liberados en el país.

✚ Tomates INTA Valle de Sébaco.

La liberación de esta nueva semilla de tomate se realizó en el Centro de Desarrollo Tecnológico del Valle de Sébaco. El germoplasma de las semillas provino del Centro Mundial de Hortalizas, con sede en Taiwán. Es de polinización libre, florece a los 27 días después de haber sido trasplantada y comienza la cosecha a los 70 días después del trasplante. Se caracteriza por presentar buena tolerancia a germinivirus, transmitido por mosca blanca. Tiene además un rendimiento hasta de dos mil cajillas por manzanas (Mendoza, 2008).

✚ Tomates INTA Jinotega.

La liberación de esta nueva semilla de tomate se realizó en el Centro de Desarrollo Tecnológico del Valle de Sébaco, el germoplasma de la variedad proviene del Centro Mundial de Hortalizas, con sede en Taiwán. Es un cultivar de maduración precoz, iniciando cosecha a los 65 días después de trasplantes, tolerante a la virosis, se adapta a diferentes condiciones climáticas, y es de polinización libre. Su rendimiento es de 1,800 cajillas por manzana y con buen manejo en clima fresco, pueden superar las 2 mil cajillas (INTA, 2015).

4.8 Descripción del cultivo de berenjena

La berenjena (*Solanum melongena*) pertenece a la familia *Solanácea*, es una planta erecta y herbácea, aunque sus tallos presentan tejidos lignificados que le dan un aspecto arbustivo y anual que crece hasta una altura de 60 a 120 centímetros (Chen & Li., s. f.).

4.9 Clasificación taxonómica

Dentro de las angiospermas la berenjena se encuentra dentro de los siguientes taxones:

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Lamiidae*

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *Melongena*

(Villarroya, 2009).

4.10 Morfología

Sistema radicular: es muy potente y muy profundo.

Tallos: son fuertes, de crecimiento determinado pudiendo alcanzar hasta 2-3 metros de altura.

Hoja: de largo pecíolo, entera, grande, con nerviaciones que presentan espinas y envés cubierto de una vellosidad grisácea, causante en ocasiones de alergias. Las hojas están insertas de forma alterna en el tallo.

Flor: el número de pétalos, sépalos y estambres oscila entre 6 y 9. Los pétalos son de color violáceo.

Fruto: es una baya alargada o globosa, de color negro, morado, blanco, blanco jaspeado de morado o verde. Presenta pequeñas semillas de color amarillo con un poder germinativo que oscila entre 4 y 6 años (INFOAGRO, 2017).

4.11 Requerimientos del cultivo

Temperatura: es un cultivo de climas cálidos y secos, por lo que se considera uno de los más exigentes en calor (más que el tomate y el pimiento). La temperatura media debe estar comprendida entre 23-25°C.

Humedad relativa: la humedad relativa óptima oscila entre el 50% y el 65%.

Luminosidad: es una planta muy exigente en luminosidad, requiere de 10 a 12 horas de luz.

Suelo: los suelos más adecuados son los francos y profundos, con valores de pH que oscilan entre 6 y 7 (INFOAGRO, 2017).

4.12 Marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum*

4.12.1 Descripción

La marchitez bacteriana es una enfermedad causada por una bacteria llamada *Ralstonia solanacearum*, ésta se encuentra presente en los trópicos y en los climas más cálidos de todo el mundo. Por lo menos tres razas de *Ralstonia solanacearum* son las que producen enfermedades en varios cultivos; una de ellas ataca a todas las solanáceas y a muchos otros cultivos que no pertenecen a este grupo de plantas, otra sólo ataca a las musáceas y una tercera ataca a la papa y en ocasiones al tabaco (Agrios, 2010).

Según Mejía (citado por Aristondo, 2015) la marchitez bacteriana es una enfermedad de tipo vascular que se caracteriza por la invasión primaria de la bacteria *Ralstonia solanacearum* (patógeno), a los vasos del tejido xilémico; se propaga invadiendo el tejido vascular, principalmente los vasos de las raíces y el tallo, dispersándose hasta la parte superior de las plantas infectadas durante la etapa final de la enfermedad.

4.12.2 Características morfológicas del patógeno *Ralstonia solanacearum*

Ralstonia solanacearum es una bacteria gram negativa, con forma de bastón de 0.5 – 0.7 μm de largo, aeróbica, móvil, no forma spora ni cápsula, provoca reducción de nitratos y formación de amoníaco.

En cuanto a la morfología de esta bacteria pueden observarse dos clases de colonias, una es fluida (mucoide), debido a la abundante producción de un polisacárido extracelular (EPS), de consistencia lisa, irregular y redonda; mientras que la otra clase, es una colonia mutante de apariencia seca, redonda, translúcida, rugosa, no fluida (Agrios, 2010).

4.12.3 Sintomatología de la enfermedad

La marchitez es el primer síntoma externo visible, expresado en el follaje y tallos jóvenes, que inicialmente da la alarma del problema. En las hortalizas se manifiesta repentinamente, se puede presentar en 2-3 días después de la infección si la planta es altamente susceptible y las condiciones ambientales son favorables; puede observarse en toda la planta o en solamente pocas ramas de un lado de la planta, más notoriamente en las horas más calientes del día.

Típicamente las hojas cuelgan flácidas, se enrollan hacia arriba en los márgenes y carecen de brillo y turgencia; sin embargo, característicamente conservan su color verde y permanecen temporalmente adheridas a la planta aunque eventualmente se desprenderán.

Puede ocurrir recuperación transitoria aparente de la planta durante la noche y las horas tempranas del día siguiente, pero al transcurrir el nuevo día aparece nuevamente la marchitez. Esto se debe a la multiplicación de la bacteria en el sistema de conductos internos de la planta por el cual fluye hacia arriba el agua extraída del suelo por las raíces, provocando la obstrucción a dicho flujo y matando la planta por falta de agua (Melgar, Rivera, Brown, & Weller, 2012).

Al cortar el tallo a lo largo se observa internamente una decoloración vascular que va de amarillo a café claro que luego se oscurece o se ahueca a medida que avanza la enfermedad. La infección se da en las raíces a través de las lesiones naturales, causada por el desarrollo de raíces secundarias, lesiones producidas por el trasplante, prácticas de cultivo o daño por alimentación de nematodos e insectos (International, C, 2009).

4.12.4 Condiciones que favorecen a la bacteria *Ralstonia solanacearum*.

La enfermedad se convierte en problema serio cuando se presentan condiciones que favorecen la sobrevivencia y multiplicación de la bacteria, haciendo susceptibles a las plantas. De particular importancia son la temperatura del aire y del suelo, la humedad del suelo, la susceptibilidad de la variedad y la virulencia de la cepa de la bacteria presente.

La enfermedad se desarrolla rápidamente cuando ocurren temperaturas de moderadas a altas (30-35 °C para Raza 1 en tomate, chile y berenjena), especialmente después de copiosas lluvias o inundaciones. Por el contrario, la enfermedad se desarrolla muy lentamente cuando la temperatura en el suelo es menor a 20 °C o la humedad del suelo es baja.

Los factores del suelo son importantes en la medida que afectan la sobrevivencia de la bacteria. De ellos la humedad es el factor más importante porque la alta humedad incrementa: a) la sobrevivencia de la bacteria, b) su habilidad de penetrar e infectar la planta, c) su capacidad de inducir el desarrollo de la enfermedad después de la infección, y d) la cantidad de células bacterianas liberadas hacia el suelo por la planta infectada desde las raíces.

En el caso de la Raza 1 (que ataca tomate, berenjena, chile y otras solanáceas) su amplio rango de plantas hospederas garantiza a esta raza de la bacteria larga sobrevivencia en el suelo aún en ausencia del principal cultivo susceptible, prosperando en la vecindad de las plantas hospederas o en las mismas raíces de plantas no hospederas, incluyendo a malezas (Melgar, *et. al.*, 2012).

4.12.5 Ciclo de la enfermedad marchitez bacteriana

El organismo sobrevive en material vegetal infectado, órganos vegetativos de propagación, plantas silvestres (huésped) y el suelo. Las fuentes de inóculo para los campos agrícolas y los métodos de propagación incluyen: el riego y aguas superficiales, las malezas acuáticas, suelos infestados, malas hierbas de campo, herramientas y equipos agrícolas contaminados.

Una vez establecido en un campo, la propagación planta a planta puede ocurrir cuando las bacterias se mueven a partir de raíces de plantas infectadas a las raíces de plantas sanas. *Ralstonia solanacearum* entra a la planta a través de heridas causadas por nematodos, insectos y a través de las grietas donde emergen las raíces secundarias.

Las bacterias llegan al xilema de la planta, donde se multiplican y distribuyen. Una vez establecido en los vasos del xilema, las bacterias son capaces de entrar en los espacios intercelulares del parénquima de la corteza y médula en diversas áreas de la planta. Aquí,

Ralstonia solanacearum es capaz de disolver las paredes de las células y crear bolsas viscosas de bacterias y residuos celulares, lo que resulta en el taponamiento de los conductos y consecuentemente la muerte; incorporándose nuevamente al suelo por medio de residuos de la planta infectada, iniciándose así un nuevo ciclo de la enfermedad (Priou, Aley, Chujoy, Lemaga, & French, 1999).

4.12.6 Afectaciones de marchitez bacteriana causadas por *Ralstonia solanacearum*

En Guatemala *Ralstonia solanacearum*, es mencionada por causar daños a una gran cantidad de cultivos, así como también el área de América Central y Tapachula. De acuerdo a información proporcionada por agricultores del área oriental de Guatemala, en cultivos como tomate y chile, el problema inicia aproximadamente en 1995.

Cuando las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo de ésta bacteria, surgen los síntomas de la enfermedad con la consecuente pérdida del cultivo afectado. Esto hace probable que todo horticultor que realice siembra de un cultivo susceptible a *Ralstonia solanacearum* y en condiciones ambientales óptimas para la enfermedad, se les presentará el problema (Izaguirre, 2008).

4.13 Medición de la enfermedad presente en los cultivos

4.13.1 Incidencia de la enfermedad

Medida de la evaluación de las enfermedades que permite cuantificar el número de plantas enfermas, la cual es expresada como un porcentaje o proporción del número total de plantas muestreadas. Esta medida puede presentar únicamente dos posibilidades, plantas sanas o plantas enfermas. Normalmente la incidencia puede ser expresada como porcentaje de plantas enfermas.

La incidencia se utiliza en el caso de enfermedades de rápida diseminación y en caso de enfermedades sistémicas causadas por bacterias (Salazar, *et. al.*, 2009).

4.13.2 Severidad de la enfermedad

Es el área o porcentaje de tejido de una planta que está siendo afectada por una enfermedad, expresada como un porcentaje o proporción de un área total. A diferencia de la incidencia, la severidad, sí permite determinar la gravedad de las enfermedades. En algunos casos es de manera visual y subjetiva, sujeta a variaciones y errores. Para minimizar los errores en la estimación del grado de severidad de las enfermedades se han elaborado diferentes escalas de evaluación (Salazar, *et. al.*, 2009).

4.13.3 Tolerancia

Es la capacidad de las plantas para producir una buena cosecha aun cuando sean infectadas por un patógeno. La tolerancia, es el resultado de las características hereditarias específicas de la planta hospedante que permiten que el patógeno se desarrolle y propague en ella, mientras que la planta, ya sea por la falta de sitios receptores de las excreciones irritantes del patógeno o al inactivarlas o compensarlas, sobrevive para dar una buena cosecha. Evidentemente, las plantas tolerantes son susceptibles al patógeno pero no son destruidas por él y, en general, muestran pocos daños causados por organismos patógenos (Agrios, 2010).

4.13.4 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)

Para algunas enfermedades epidémicas de plantas, se presenta las fluctuaciones de la enfermedad en el tiempo o la forma irregular de intensidad de la enfermedad versus tiempo.

En tales casos donde el objetivo es sumar la curva del progreso de la enfermedad para fines comparativos o analíticos, el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), puede ser usada como un descriptor de epidemia. Tiene la ventaja que la variación en el tiempo en el inicio de la enfermedad y la variación en el tiempo al final de la enfermedad, están incorporados dentro de la ABCPE. Además, puede ser una solución cuando se tienen valores cualitativos de enfermedad obtenidos a partir de escalas y se desea analizar estadísticamente. ABCPE, es simplemente la intensidad de la enfermedad, interactuando entre dos tiempos (Campbell & Madden, 1990).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación del estudio

La investigación se realizó en El Campus Agropecuario de la UNAN-León ubicado a 1.5Km al sureste de la ciudad de León, camino hacia la Ceiba. El terreno presenta topografía plana con una inclinación del 1%, ubicado a una altitud de 90msnm y en latitud norte 12°25'22'' y longitud oeste 86°53'12''. El Campus Agropecuario registra temperaturas promedio de 28.40°C y humedad relativa promedio de 72.74% al día. (Bárcenas, Rostrán, & Silva, 2017).

5.2 Tipo de investigación

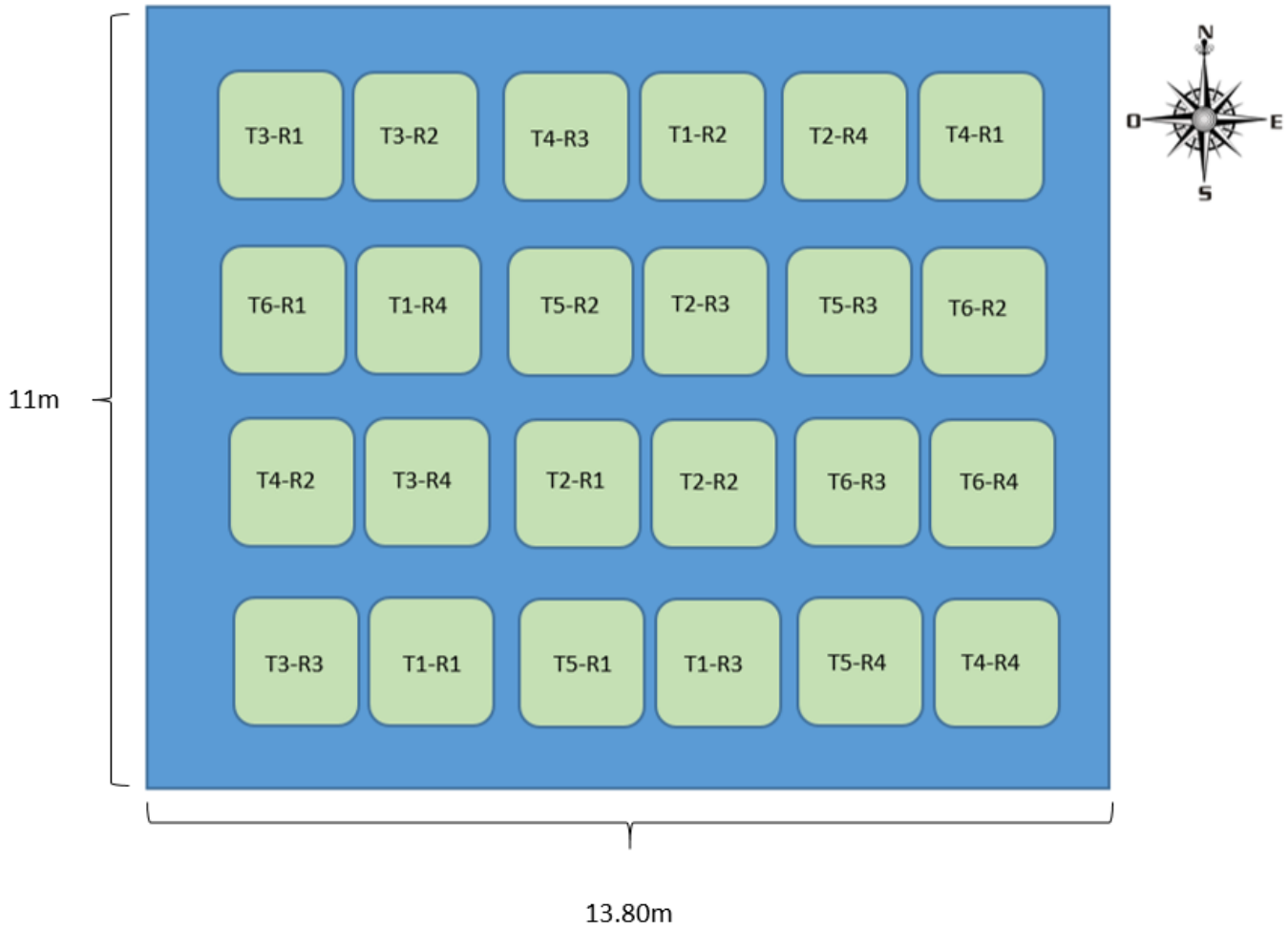
El tipo de investigación fue cuasi experimental, porque no se controlaron todos los factores que puedan influir en el ensayo, ni las condiciones ambientales de casa malla.

5.3 Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó fue un Diseño Completamente al Azar (DCA), en el que se establecieron 6 tratamientos, cada uno con 4 repeticiones, totalizando 24 unidades experimentales, con 10 plantas cada una.

El área total del ensayo fue de 640m², el área útil para el establecimiento del ensayo constó de 151.8m², con dimensiones de 11m de largo y 13.80m de ancho.

5.4 Croquis del ensayo



5.5 Definición del Universo y Muestra

El universo de la investigación fueron 240 plantas, correspondientes a los cultivares de solanáceas.

Para evaluar las variables fenológicas y severidad se tomó una muestra de 72 plantas, divididas en 12 plantas por tratamientos y 3 plantas por cada repetición.

Para evaluar la variable incidencia se tomó el total de plantas inoculadas de los dos cultivares evaluados, correspondientes a 120 plantas.

Para la determinación de la muestra se utilizó la fórmula:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

N= total o tamaño de la población.

Z²= valor de la tabla normal estándar o seguridad deseada (confiabilidad).

P= proporción esperada.

Q= complemento (1-p)=q

D= precisión.

(Spiegel & Stephens, 2005)

5.6 Tratamientos

- ✓ T1: INTA Valle de Sébaco inoculado.
- ✓ T2: INTA Jinotega inoculado.
- ✓ T3: Berenjena inoculado.
- ✓ T4: Testigo INTA Valle de Sébaco no inoculado.
- ✓ T5: Testigo INTA Jinotega no inoculado.
- ✓ T6: Testigo Berenjena no inoculado.

5.7 Establecimiento del ensayo

El ensayo se ejecutó en la casa malla ubicada al Este del Centro Nacional de Referencia en Agroplasticultura (CNRA), estableciendo los 6 tratamientos, correspondientes a dos cultivares de solanácea inoculados con la bacteria *Ralstonia solanacearum* y dos cultivares sin inocular para evaluar su tolerancia.

5.7.1 Etapa de semillero

El semillero se estableció en bandejas de polietileno de 128 celdas, utilizando sustrato alternativo, elaborado a base de cascarilla de arroz carbonizada y lombrihumus, con proporción de 1:1.

Las plántulas se fertilizaron dos veces por semana, aplicando fertilizante soluble 15-30-15 + micronutrientes de manera foliar.

Se realizaron aplicaciones de insecticidas y fungicidas de manera preventiva una vez por semana, como Imidacloprid, Bellis y Phyton, los que se rotaron hasta completar los 25 días para poder ser trasplantadas las plántulas.

5.7.2 Trasplante

El trasplante se realizó a los 25 días después del establecimiento del semillero. Éste se llevó a cabo en recipientes plásticos de 6.5 litros de volumen, las que se llenaron de suelo esterilizado previamente en un horno artesanal a temperaturas máximas de 98 °C.

Antes de poner las plántulas en el orificio se empleó una solución arrancadora, hecha con la fórmula 18-46-0 para la estimulación del desarrollo radicular.

5.7.3 Reproducción de la bacteria *Ralstonia solanacearum* en laboratorio

El inóculo de la bacteria se aisló de material vegetativo de tomate Pony express, extraídos de parcela comercial ubicada en el municipio de La Concordia – Jinotega. Para la inoculación del ensayo la bacteria se reprodujo en medio de cultivo de AGAR nutritivo. Se utilizó 5 litros de solución bacteriana con una concentración de 10^9 unidades de reproducción, esto se verificó por el grado de turbidez en un espectrómetro.

5.7.4 Inoculación de la bacteria en las maceteras

La inoculación de la bacteria *Ralstonia solanacearum* se hizo cinco días después del trasplante, haciendo cortes en la base de las plantas con cuchillas desinfectadas, se inoculó 20 ml de la solución bacteriana hecha previamente y fueron depositados donde se generaron las lesiones radiculares para asegurar la introducción y presencia de la bacteria en las plantas (CATIE, 2001).

Según Melgar, *et. al.*, (2012), al igual que todas las bacterias fitopatogénicas, *Ralstonia solanacearum* es incapaz de penetrar el tejido vegetal intacto, y para ingresar dentro de la planta utiliza las diminutas heridas naturales causadas por la emisión de nuevas raíces, heridas causadas por herramientas al realizar prácticas de cultivo en el suelo y en la parte aérea (deshierbe, podas, amarre) o bien causadas por insectos y nematodos.

5.7.5 Riego

El riego se realizó diario para evitar estrés en las plantas, por ello se estableció un sistema de riego adecuado a nuestro diseño de campo, mediante cintas de riego ciegas y goteros localizados en cada macetero.

5.7.6 Fertilización

Se realizó una fertilización adecuada y oportuna, con aplicaciones básicas de elementos como 12-30-10, 15-15-15, 0-0-60, sulfato de potasio, sulfato de magnesio y micro elementos esenciales mediante el producto foliar Bayfolan.

5.8 Comprobación de presencia de la bacteria *Ralstonia solanacearum* en los cultivares de solanácea.

Para la debida comprobación de la presencia de la bacteria en los cultivares inoculados se enviaron al laboratorio de fitopatología muestras de raíces y tallo para verificar mediante pruebas básicas y específicas la presencia de la bacteria *Ralstonia solanacearum* en los tejidos.

Las pruebas básicas que se realizaron fueron: flujo bacteriano, reacción a KOH y Tinción diferencial de Gram. La prueba específica se hizo en medio de cultivo TZC (tetrazolium chloride), para el crecimiento bacteriano.

5.9 Instrumentos y técnicas de recolección de datos

El instrumento para la recolección de datos que se utilizó fue hoja de muestreo. Las plantas fueron seleccionadas al azar mediante un muestreo aleatorio simple. La recolección de los datos se realizó dos veces por semana (martes y viernes) para las variables fenológicas y cinco días por semana (lunes a viernes) para las variables incidencia y severidad, así mismo las condiciones ambientales (humedad relativa y temperatura) iniciando un día después de la inoculación de la bacteria.

5.10 Variables a evaluar

+ Fenología.

- ✓ **Altura:** se midió desde la base del tallo hasta el ápice terminal de la planta en cm, utilizando cinta métrica de 5 metros.
- ✓ **Diámetro del tallo:** se midió la base del tallo en mm, utilizando un vernier o pie de rey.
- ✓ **Número de hojas:** se contó desde la primera hoja del estrato inferior de la planta hasta el ápice de la planta.

+ **Incidencia:** se cuantificó el número de plantas enfermas expresada en porcentaje mediante la fórmula:

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de plantas enfermas}}{\text{total plantas evaluadas}} \times 100$$

(Salazar, *et. al.*, 2009).

+ **Severidad:** se midió el área de tejido de la planta afectado por la enfermedad mediante la fórmula:

$$\text{Severidad} = \frac{\sum \text{n}^\circ \text{ plantas} \times \text{grado}}{\text{n}^\circ \text{ plantas eval.} \times \text{grado mayor}} \times 100$$

(Salazar, *et. al.*, 2009).

Ver escala de severidad en anexo n° 2.

+ **Área bajo la curva del progreso de la enfermedad:** se midió el avance de la enfermedad en el tiempo, además de su efecto acumulativo en el cultivo, mediante la fórmula:

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

Donde:

y_i = índice de severidad de la lectura anterior.

y_{i1} = índice de severidad de la lectura actual.

t_{i1} = días después del trasplante de la lectura actual.

t_i = días después del trasplante de la lectura anterior

(Campbell & Madden. 1990).

Paralelo a la medición de variables incidencia y severidad se tomaron datos de condiciones ambientales como:

- ✓ **Temperatura:** se midió en grados Celsius (°C) por medio de un termohigrómetro durante tres momentos del día (mañana, medio día y tarde).
- ✓ **Porcentaje de humedad relativa:** se midió el porcentaje de humedad relativa por medio de un termohigrómetro durante tres momentos del día (mañana, medio día y tarde).

5.11 Análisis de los datos

Para la elaboración de las bases de datos se utilizó el programa Microsoft Excel 2016. Se utilizó el programa SPSS versión 23 y se verificaron los supuestos de normalidad de datos mediante la prueba de Kolmogorov – Smirnov.

Para fenología se realizó la prueba t-student para muestras independientes para determinar si hay diferencias en cuanto a fenología donde se compararon los cultivares inoculados versus los mismos cultivares no inoculadas a un nivel de confianza del 95%. Para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) se realizó la prueba no paramétrica del estadístico H de Kruskal Wallis.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Comportamiento fenológico de los diferentes cultivares de solanácea expuestos a inoculación de la bacteria *Ralstonia solanacearum*.

La comparación de datos fenológico se realizó entre los mismo cultivares siendo el factor comparativo la inoculación de la bacteria *Ralstonia solanacearum*; no se realizó comparación fenológica entre los diferentes cultivares, porque presentan características morfológicas diferentes.

En la gráfica número 1 se presenta el comportamiento de la altura de los cultivares evaluados: INTA Valle de Sébaco, INTA Jinotega y berenjena.

En primera instancia en el cultivar INTA Valle de Sébaco, su tratamiento inoculado muestra un crecimiento similar al no inoculado a partir de los 4(DDI) de la bacteria, continuando esta tendencia hasta completar los 36DDI, en la última fecha de muestreo (39 DDI) se notó una leve superioridad en cuanto al tratamiento inoculado el cual llegó a alcanzar una altura promedio de 80cm, mientras que el tratamiento sin inocular obtuvo altura final de 73cm.

Para el cultivar INTA Jinotega, tanto tratamiento inoculado como no inoculado también muestran igual altura a partir de los 4DDI con promedios de 13cm, no obstante a los 8DDI el tratamiento inoculado empieza a mostrar ligera superioridad en su promedio con 19cm, mientras que el tratamiento no inoculado presentó altura promedio de 15cm. Ésta diferencia se mantuvo hasta completar los 29 y 32DDI, en la última fecha 39DDI se observó una mínima diferencia en los promedios (93cm y 89cm) correspondientes a tratamiento inoculado y no inoculado con la bacteria *Ralstonia solanacearum*.

En cuanto a berenjena a los 4DDI exponen iguales promedios de altura tanto para el tratamiento inoculado y no inoculado de 7cm, posterior a los 8DDI el tratamiento berenjena inoculada empezó a mostrar leve aumento en su altura, hegemonía que se mantuvo hasta completar los 39DDI cuando dicho tratamiento alcanzó promedio de 58cm, mientras que el tratamiento berenjena no inoculado obtuvo 53cm de altura.

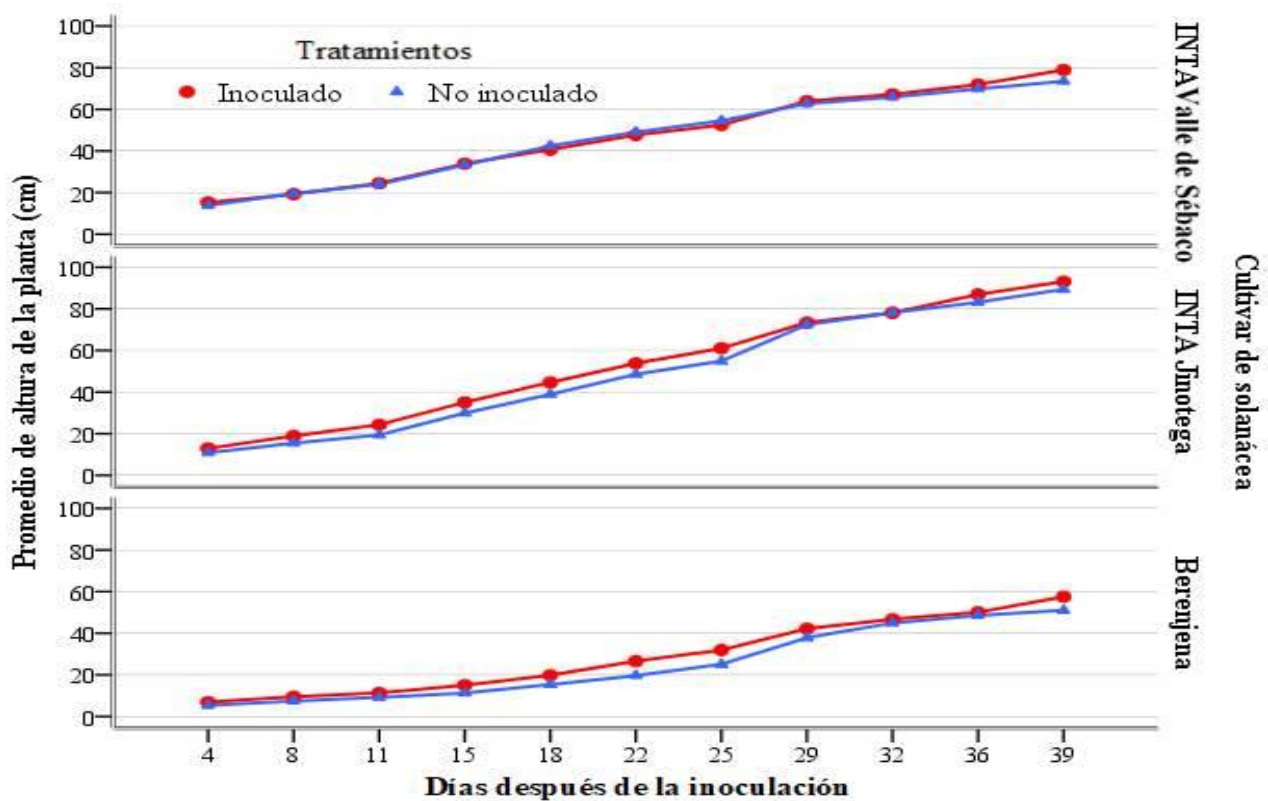


Gráfico 1: Promedio de altura de la planta (cm) de diferentes cultivares de solanácea inoculados versus sus testigos no inoculados por la bacteria *Ralstonia solanacearum*, Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.

De acuerdo al análisis estadístico prueba t-student para muestras independientes con nivel de significancia de 0.05, realizado para la variable fenológica altura de la planta, de los diferentes cultivares de solanácea, nos indica que ninguno mostró diferencia significativa entre sus tratamientos inoculado y no inoculado, con una significancia de $0.819 > 0.05$, para el tratamiento INTA Valle de Sébaco, $0.369 > 0.05$ para el tratamiento INTA Jinotega y finalmente $0.144 > 0.05$ para el tratamiento berenjena, por lo tanto se acepta H_0 . (Anexo 7, tabla 3).

Según Champoiseau (2009) un síntoma común que puede ser asociado con marchitez bacteriana en el campo es el enanismo de las plantas, estos síntomas pueden aparecer en cualquier etapa del crecimiento de la planta.

En la evaluación de los diferentes cultivares de solanáceas: INTA Valle de Sébaco, INTA Jinotega y berenjena inoculados versus no inoculados resultaron promedios similares en cuanto a la altura de las plantas en su debida comparación, lo cual demuestra que la bacteria no tuvo efecto ni trascendencia en el crecimiento vertical de las mismas. Otro aspecto que pudo influir en este comportamiento es el grado de infección (daños de los tejidos) dentro de las plantas evaluadas, traducido también como el grado de severidad con que se presentó la enfermedad en la planta.

Según Pérez (2015) la altura de la planta se define como el desarrollo vegetativo de forma vertical en la planta a través del tiempo, la cual es expresada en unidades de longitud. El crecimiento de la planta está influenciado por las condiciones ambientales, manejo del cultivo y la genética (hábitos de crecimiento) del material cultivado. Pérez (2015) en su evaluación agronómica de la resistencia a marchitez bacteriana, causada por *Ralstonia solanacearum* *e.f. Smith*, en cuatro porta injertos comerciales de tomate determinó que el portainjerto Anchor Rz

F1 fue quien logró la mayor altura (2.83m) en cambio el porta injerto Tabaré obtuvo la menor altura (2.08m).

En la gráfica número 2 se observa el comportamiento de la variable diámetro del tallo de los diferentes cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum*) INTA Valle de Sébaco e INTA Jinotega y berenjena (*Solanum melongena*), inoculados versus no inoculados con la bacteria *Ralstonia solanacearum*.

Se puede apreciar que a los 4DDI el cultivar INTA Valle de Sébaco inoculado inició con promedio de 4mm de diámetro en su tallo, mientras que el no inoculado con 3mm de diámetro. El desarrollo en sus tallos fue similar, con mínimas variaciones a lo largo del tiempo de recolección de datos, hasta completar los 39DDI cuando culminaron con promedios iguales de 11mm.

El cultivar INTA Jinotega experimentó comportamiento similar al expuesto anteriormente, al desarrollar grosores similares en sus tallos tanto para el tratamiento inoculado como no inoculado. A los 4DDI el tratamiento inoculado tuvo promedio de 3mm de diámetro, estando muy próximo a ese promedio su testigo no inoculado con 2.5mm. Para los 29DDI el tratamiento INTA Jinotega inoculado experimentó un promedio de 8.6mm en el diámetro de su tallo, mientras que el tratamiento no inoculado ascendió a los 9.4mm, a los 36DDI emparejaron sus promedios con 10mm, pero al final del proceso a los 39DDI el tratamiento inoculado volvió a disminuir levemente, terminando con 10.6mm, en cambio su testigo alcanzó los 11mm de diámetro en su tallo.

En cuanto a los tratamientos berenjena inoculado versus no inoculados iniciaron con promedios de 2.6mm y 2mm de diámetro respectivamente a los 4DDI, siendo el tratamiento berenjena inoculado el que se mantuvo por encima en sus promedios en contraposición al tratamiento sin inocular, dicha tendencia se mantuvo hasta los 36DDI, cuando para la última fecha (39DDI) cuando el tratamiento inoculado obtuvo 11.6mm y el no inoculado 11mm de diámetros en sus tallos.

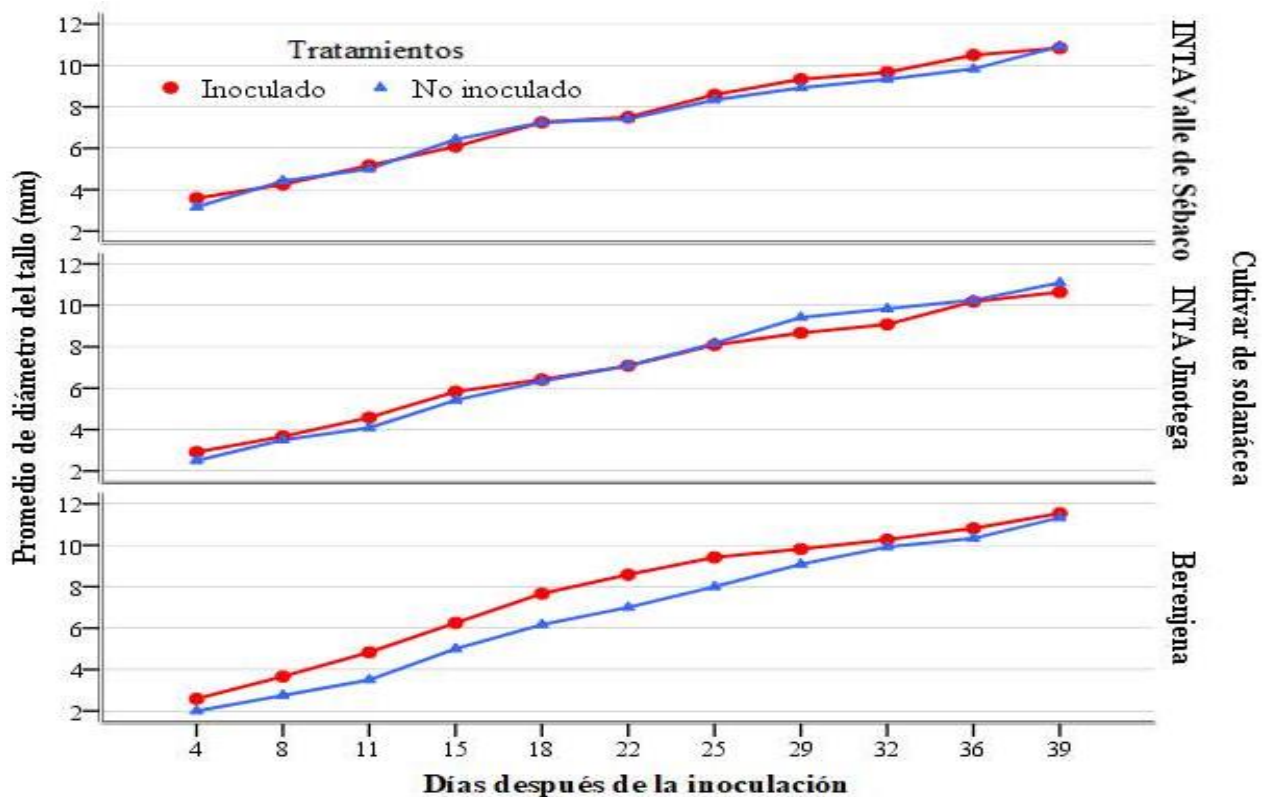


Gráfico 2: Promedio de diámetro del tallo (mm) de diferentes cultivares de solanácea inoculados versus sus testigos no inoculados por la bacteria *Ralstonia solanacearum*, Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.

Según la prueba t-student para muestras independientes con nivel de significancia de 0.05, realizado para la variable fenológica diámetro del tallo de la planta, de los diferentes cultivares de solanácea evaluados, nos indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos inoculado y no inoculado del cultivar INTA Valle de Sébaco con significancia de $0.627 > 0.05$ e INTA Jinotega con significancia de $0.782 > 0.05$, por lo tanto, se acepta H_0 (Anexo 6, tabla 5). En contraposición para el tratamiento berenjena indica que si hay diferencia significativa al generar significancia de $0.029 < 0.05$, por consiguiente, no se acepta H_0 . (Anexo 7, tabla 5).

Pérez (2015) en su evaluación agronómica de la resistencia a marchitez bacteriana, comprobó que existe un efecto mínimo de la bacteria en el desarrollo del diámetro del tallo, pero las características propias de los cultivares pueden influir en dicho comportamiento. Éste determinó que el porta injerto Colosus logró el mayor diámetro del tallo (0.94cm), en cambio el portainjerto Tabaré ostentó el menor diámetro (0.70cm)

En el gráfico número 3 se muestran los promedios del número de hojas de las plantas, obtenidos de los diferentes cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum*) INTA Valle de Sébaco e INTA Jinotega y berenjena (*Solanum melongena*), inoculados versus no inoculados con la bacteria *Ralstonia solanacearum*.

Para los tratamientos INTA Valle de Sébaco inoculado y no inoculado, a partir de los 4DDI se empezó a obtener promedios semejantes, con 6 hojas por tratamiento, ésta igualdad se mantuvo hasta llegar a los 25DDI, pues a los 29DDI el tratamiento inoculado logró alcanzar promedio de 32.8 hojas, mientras que el no inoculado promedió 30 hojas, diferencia intrascendente que no se logró perpetuar debido a que a los 39DDI ambos tratamientos culminaron con promedios iguales de 45 hojas.

En cuanto a los tratamientos INTA Jinotega inoculado y no inoculado, a los 4DDI presentaron igual promedio con 7 hojas, dicho comportamiento de igualdad en promedios se conservó hasta llegar a los 25DDI, puesto que para las siguientes fechas de recolección de datos el tratamiento no inoculado se tornó un tanto superior en promedios hasta su culminación (39DDI) cuando éste mismo obtuvo como media final 58 hojas, en cambio el tratamiento INTA Jinotega inoculado presentó 53 hojas.

Los tratamientos berenjena (*Solanum melongena*) inoculada y no inoculada por la bacteria *Ralstonia solanacearum* a los 4DDI mostraron promedios semejantes de 7 hojas, no obstante, a los 8 y 11DDI de igual manera mantuvieron similares promedios con 8 y 9 hojas respectivamente. A partir de los 18DDI el tratamiento berenjena inoculado empezó a ostentar mayor promedio de hojas hasta los 36DDI cuando alcanzó 45.5 hojas, sin embargo, al llegar a los 39DDI experimentó una disminución en su promedio de hojas alcanzado, cuando desmejoró a 42 hojas, hecho que se atribuye a daños mecánicos al momento de realizar la recolección de datos. En contraposición el tratamiento berenjena no inoculada logró promediar 44.8 hojas.

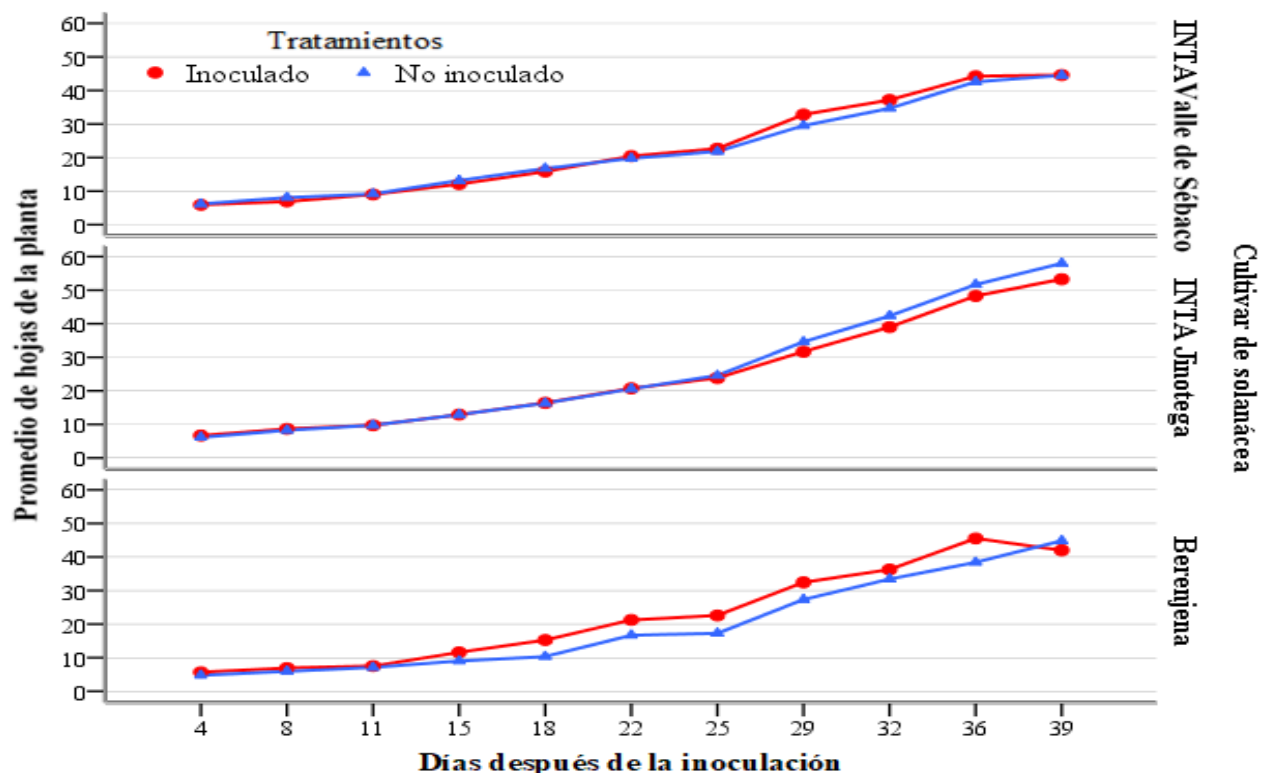


Gráfico 3: Promedio de hojas de la planta de diferentes cultivares de solanácea inoculados versus sus testigos no inoculados por la bacteria *Ralstonia solanacearum*, Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.

Según el análisis estadístico prueba t-student para muestras independientes con nivel de significancia de 0.05, realizado para la variable fenológica número de hojas de la planta, de los cultivares de solanácea evaluados, nos revela que ninguno obtuvo diferencia significativa entre sus tratamientos inoculado y no inoculado, al poseer significancia de $0.786 > 0.05$ el cultivar INTA Valle de Sébaco, $0.483 > 0.05$ el cultivar INTA Jinotega y por último $0.194 > 0.05$ berenjena, por lo tanto se acepta H_0 . (Anexo 7, tabla 7).

6.2 Porcentajes de incidencia y severidad de diferentes cultivares de solanácea expuestos a inoculación de la bacteria *Ralstonia solanacearum*.

En la gráfica número 4 se presentan los porcentajes de incidencia de la enfermedad marchitez bacteriana en los cultivares de solanácea inoculados con la bacteria *Ralstonia solanacearum*.

El tratamiento berenjena (*Solanum melongena*) inoculado fue quien obtuvo el menor porcentaje de presencia de la enfermedad con 0.41%, seguido del tratamiento INTA Valle de Sébaco inoculado el cual presentó 2.27% y por último se encontró el tratamiento INTA Jinotega, siendo el más vulnerable al presentar mayor incidencia de la enfermedad marchitez bacteriana con 14.36%.

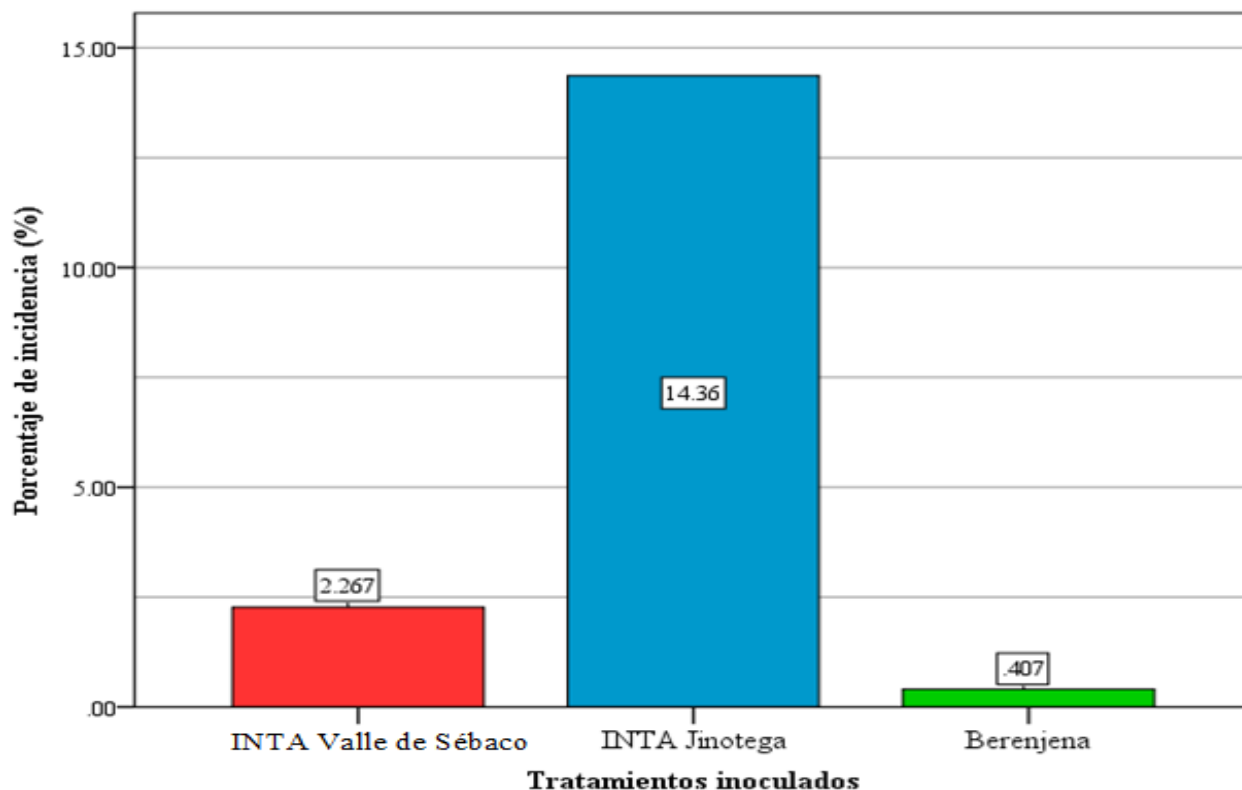


Gráfico 4: Porcentaje de incidencia de la enfermedad marchitez bacteriana en diferentes cultivares de solanácea inoculados por la bacteria *Ralstonia solanacearum*, Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.

Estudios similares en cuanto a metodología de inoculación de la bacteria *Ralstonia solanacearum* para evaluar tolerancia a marchitez bacteriana, generaron como resultados cultivares de tomates con porcentajes de incidencia de la enfermedad menores, poniéndose de manifiesto su capacidad de tolerar la marchitez bacteriana. Pérez (2015) quien en su evaluación realizada en el municipio de Ipala, Guatemala, determinó que el portainjerto de tomate que

presentó menor incidencia fue Anchor Rz F1 (42.68%) y con mayor incidencia el portainjerto Tabaré (100%).

En la gráfica número 5 se presentan los porcentajes de severidad o daños en los tejidos causados por la enfermedad marchitez bacteriana, en los cultivares de solanácea inoculados con la bacteria *Ralstonia solanacearum*.

El tratamiento berenjena (*Solanum melongena*) inoculada presentó 0% de severidad, en cambio el tratamiento INTA Valle de Sébaco expuso severidad de 2.18% y en tercer lugar se situó el tratamiento INTA Jinotega al obtener 12.11% de severidad de la enfermedad inducida marchitez bacteriana causada por el patógeno *Ralstonia solanacearum*.

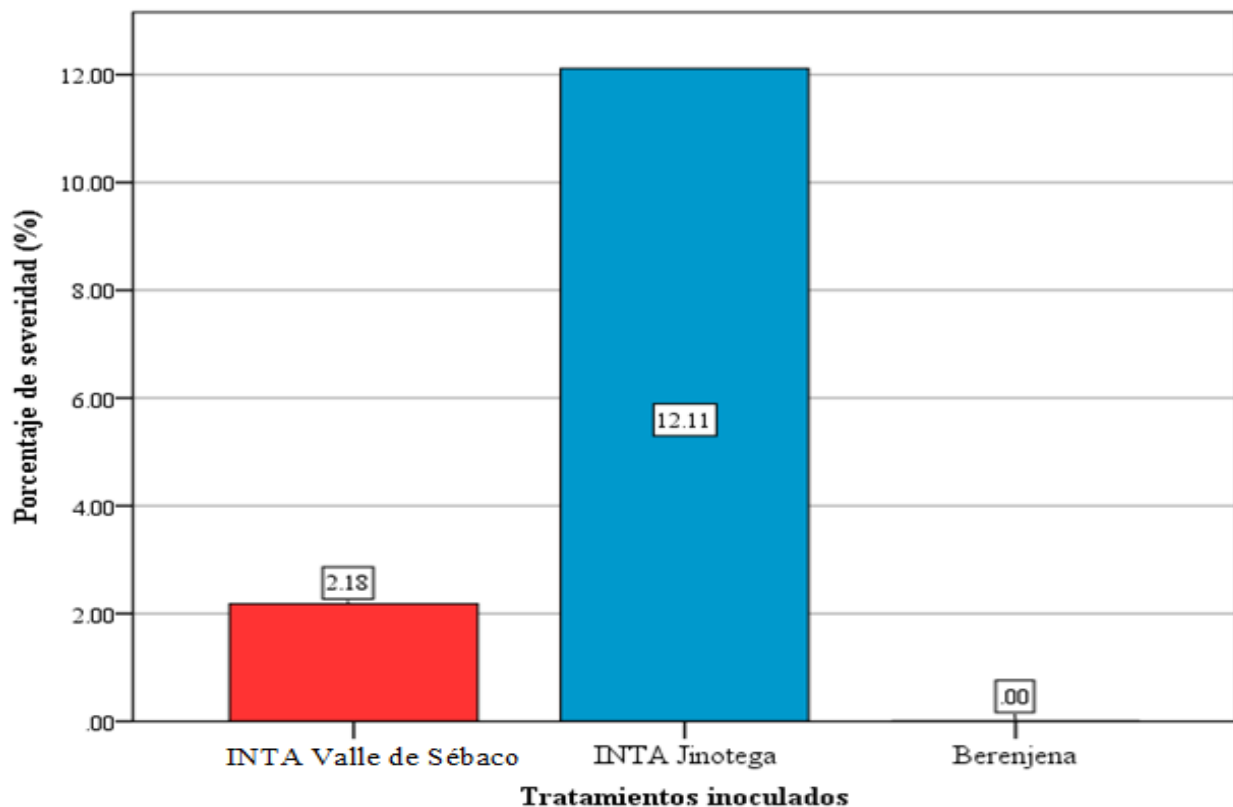


Gráfico 5: Porcentaje de severidad de la enfermedad marchitez bacteriana en diferentes cultivares de solanácea inoculados por la bacteria *Ralstonia solanacearum*, Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.

La severidad se define como el área total del tejido de la planta que presenta síntomas de la enfermedad en estudio. Cabe señalar que fue en el tratamiento INTA Jinotega inoculada dónde se presentó mayor severidad o daño y la única muerte de plantas inoculadas, al presentar valor 4 de la escala (Anexo 2) utilizada para la clasificación de plantas evaluadas.

Las plantas son capaces contrarrestar la sintomatología de las enfermedades en muchos casos gracias a su estructura morfológica y procesos fisiológicos que estas generan para tolerar los efectos que en muchos casos suelen ser mortales. El tratamiento berenjena expuesto a inoculación de la bacteria *Ralstonia solanacearum* presentó los porcentajes mínimos de daño, lo cual se atribuye a su morfología, al desarrollar raíces más profundas, tallos más lignificados y fuertes, lo que la hace más tolerante.

En la tabla número 1 se muestran los resultados del análisis del coeficiente de correlación de Pearson entre los factores climáticos (temperatura/humedad relativa) y valores de incidencia de los cultivares de solanácea evaluados.

Según Pearson (1897) el coeficiente de correlación determina la relación existente entre dos variables continuas, el resultado del coeficiente de determinación oscila entre -1 y 1, cuanto más cerca de 1 se sitúe su valor mayor fiabilidad éste tendrá.

Mediante la comparación entre temperatura y valores de incidencia de la enfermedad se obtuvo que el tratamiento INTA Valle de Sébaco logró un coeficiente de correlación correspondiente a 0.69, INTA Jinotega 0.02 y berenjena 0.14. En cuanto al análisis realizado entre humedad relativa y los valores de incidencia de la enfermedad se obtuvo que el tratamiento INTA Valle de Sébaco alcanzó un coeficiente de correlación de 0.81, INTA Jinotega de 0.52 y berenjena de 0.17. Estos resultados nos indican que existe una correlación positiva entre los

datos de temperatura y humedad relativa al ser comparados con los valores de incidencia de la enfermedad de los tres cultivares de solanáceas.

Según Champoiseau (2009) la expresión del síntoma es favorecida por altas temperaturas (29-35°C) y humedad relativa, por tanto, los síntomas de la enfermedad pueden desarrollarse rápidamente después de la infección. Por ésta razón se tiene una intrínseca relación entre los factores climáticos y los valores de incidencia de la enfermedad.

Tabla 1: Análisis del coeficiente de correlación de Pearson entre factores climáticos (temperatura/humedad relativa) y valores de incidencia de la enfermedad de diferentes cultivares de solanácea inoculados por la bacteria *Ralstonia solanacearum*, Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.

Tratamientos	Coeficiente de correlación (Pearson)	
	Temperatura	Humedad relativa
INTA Valle de Sébaco	0.69	0.81
INTA Jinotega	0.02	0.52
Berenjena	0.14	0.17

6.3 Resultados de área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de diferentes cultivares de solanácea expuestos a inoculación de la bacteria *Ralstonia solanacearum*.

En la tabla número 2 se observa los totales y medias del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de los cultivares de solanácea evaluados.

El total de ABCPE nos indica la acumulación de la enfermedad alcanzado en el tiempo, resultando que el cultivar INTA Jinotega obtuvo el mayor total ABCPE con 679.57, seguido de INTA Valle de Sébaco con 118.11 de ABCPE y berenjena obtuvo 0.

En relación a las medias de ABCPE el cultivar INTA Jinotega alcanzó la mayor media con 67.96, seguido de INTA Valle de Sébaco con 11.81 y berenjena que obtuvo 0.

Pérez (2015) en su evaluación agronómica de la resistencia a marchitez bacteriana obtuvo medias de ABCPE para el portainjerto Anchor de 14.55, portainjerto Shelter de 17.96, portainjerto Maxifort de 18.83, portainjerto Colosus de 19.49 y portainjerto Tabaré de 20; comportamientos de medias similares a los evaluados en esta investigación.

Tabla 2: Total y media del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de diferentes cultivares de solanácea inoculados por la bacteria *Ralstonia solanacearum*, Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.

Tratamientos	Total de ABCPE	Media de ABCPE
ABCPE INTA Valle de Sébaco	118.11	11.81
ABCPE INTA Jinotega	679.57	67.96
ABCPE berenjena	0	0

En la tabla número 3 se presentan los datos pertenecientes a parámetro r y coeficiente de correlación de Pearson del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de los cultivares de solanácea evaluados.

En búsqueda del grado de exactitud de los datos de ABCPE se determinó el parámetro r para cada cultivar de solanácea inoculado con la bacteria *Ralstonia solanacearum*, obteniendo que el cultivar INTA Valle de Sébaco logró un parámetro r de -0.005, mientras que el cultivar INTA Jinotega 0.05 y berenjena 0, lo cual indica que el dato más acertado es el perteneciente al cultivar INTA Jinotega, esto se debe a la estabilidad de sus datos, al presentar daños en el tejido de las plantas continuamente, por lo cual sus resultados son más preciso que los demás tratamientos.

También se determinó la relación entre el progreso de la enfermedad marchitez bacteriana y el tiempo para los dos cultivares de solanáceas evaluados mediante el coeficiente de correlación según Pearson, obteniendo que el cultivar INTA Valle de Sébaco logró un coeficiente de 0.15, mientras tanto el cultivar INTA Jinotega obtuvo 0.68 y berenjena 0. La inferioridad de los datos

obtenidos en los cultivares se atribuye a las fluctuaciones de la enfermedad con respecto al tiempo. Sin embargo, estos resultados nos revelan que existe una correlación positiva, al generar su debida comparación.

Tabla 3: Parámetro r y coeficiente de correlación según Pearson del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) en diferentes cultivares de solanácea inoculados por la bacteria *Ralstonia solanacearum*, Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.

Tratamientos	Parámetro r	Coficiente de correlación (Pearson)
ABCPE INTA Valle de Sébaco	-0.005	0.15
ABCPE INTA Jinotega	0.05	0.68
ABCPE berenjena	0	0

En la gráfica número 6 se muestran los promedios del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) en los diferentes cultivares de solanácea inoculados por la bacteria *Ralstonia solanacearum*.

El ABCPE es la cantidad de la enfermedad integrada entre dos momentos de interés y se calculan independientemente de la forma de la curva. Los datos del progreso de la enfermedad se resumen en un solo valor de ABCPE, que se utilizan cuando se hacen comparaciones entre tratamientos y cuando se evalúan la tolerancia de las plantas a patógenos (Shaney & Finney, 1977).

El tratamiento INTA Valle de Sébaco presentó avance de la enfermedad a partir de los 25DDI, fue hasta los 32DDI que promedió 13 de ABCPE, logrando su máximo a los 46DDI cuando obtuvo promedio de 29.2, dicho tratamiento fue en paulatino declive cuando a los 53 y 60 DDI se ultimaron promedios de 24.8 y 23.3 correspondiente al área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE).

El tratamiento INTA Jinotega a partir de los 4DDI inició a presentar avance de la enfermedad, a los 11DDI posteriores promedió 4.4 de ABCPE, mostrando un comportamiento ascendente cuando a los 39 y 46DDI alcanzó 160.4 y 161.9 respectivamente, este hecho se dio paralelo a la fase de fructificación de las plantas de tomate. Posterior a ello experimentó una considerable disminución cuando a los 53DDI obtuvo 113.7, concluyendo el período con 119.6 de ABCPE a los 60DDI.

En contraposición el tratamiento berenjena (*Solanum melongena*) durante todo el período no mostró datos relevantes al promediar 0, al no presentar daño alguno en cuanto a la enfermedad marchitez bacteriana.

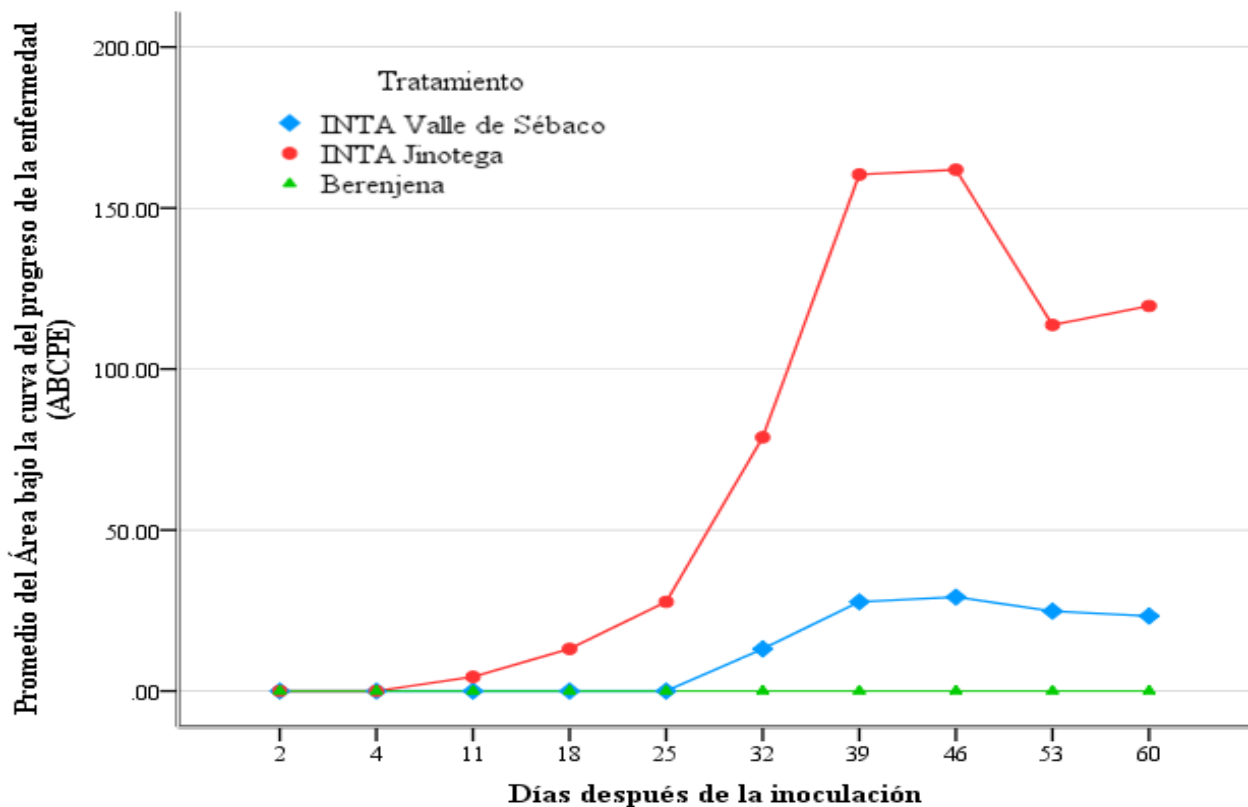


Gráfico 6: Promedio del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) marchitez bacteriana en los cultivares de solanácea inoculados por la bacteria *Ralstonia solanacearum*, Campus Agropecuario, UNAN-León 2017.

Según Melgar & otros (2012) las plantas de cualquier edad pueden ser infectadas y manifestar la enfermedad, aunque aquellas de edad mediana a adulta muestran la mayor incidencia y severidad, en particular cuando ocurren temperaturas moderadas a altas y alta humedad del suelo.

Es decir que el momento más crítico de las plantas se da durante la fase de fructificación por ende son más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades, siendo más evidentes la sintomatología de las mismas.

Según la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov muestra que los datos no presentaron una distribución normal al tener una significancia de $0.000 < 0.05$ (Anexo 7, tabla 8). Se realizó la prueba no paramétrica del estadístico H de Kruskal Wallis la cual muestra que al tener una significancia de $0.001 < 0.05$ hay diferencia significativa entre los tratamientos por lo tanto no se acepta H_0 . (Anexo 7, tabla 9).

VII. CONCLUSIONES

- ✚ La inoculación de la bacteria *Ralstonia solanacearum* en los cultivares de solanáceas evaluadas provocó la presencia de la marchitez como principal síntoma, sin embargo, el grado de infección no produjo diferencias significativas en el desarrollo de las variables fenológicas (altura, diámetro del tallo y número de hojas).
- ✚ El mayor porcentaje de incidencia de la enfermedad marchitez bacteriana corresponde al tratamiento INTA Jinotega inoculado, al alcanzar 14.36%, seguido del tratamiento INTA Valle de Sébaco con 2.27% y finalmente el tratamiento berenjena con la menor presencia de la enfermedad con un mínimo de 0.41%.
- ✚ El tratamiento INTA Jinotega inoculado alcanzó el mayor porcentaje de daño o severidad de la enfermedad marchitez bacteriana al presentar 12.11%, el tratamiento INTA Valle de Sébaco inoculado obtuvo 2.18% y en última instancia el tratamiento berenjena inoculado con 0%, este último mostró su capacidad de tolerar los efectos de la enfermedad vascular marchitez bacteriana.
- ✚ La mayor acumulación de la enfermedad marchitez bacteriana expresada en total del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) lo mostró el tratamiento INTA Jinotega inoculado con un valor de 679.57, sucedido por el tratamiento INTA Valle de Sébaco inoculado con 118.11 y el tratamiento berenjena con 0 de ABCPE.

VIII. RECOMENDACIONES

- ✚ Evaluar tolerancia a marchitez bacteriana de los cultivares: INTA Valle de Sébaco, INTA Jinotega y berenjena utilizando la misma metodología de inoculación con diferentes cepas de la bacteria *Ralstonia solanacearum* extraídas de distintas localidades.
- ✚ Realizar evaluación de tolerancia a los mismos cultivares de solanácea en campos agrícolas con antecedentes de presencia de la bacteria *Ralstonia solanacearum*, bajo condiciones agroclimáticas del municipio de León y otras localidades.
- ✚ Utilizar los cultivares berenjena e INTA Valle de Sébaco como materiales tolerantes a la marchitez bacteriana para la producción comercial.
- ✚ Utilizar los cultivares berenjena e INTA Valle de Sébaco como porta injertos en la implementación de la tecnología de injertación de yemas de híbridos de tomate altamente productivos y demandados en el mercado, para disminuir incidencia y severidad de la enfermedad marchitez bacteriana causada por la bacteria *Ralstonia solanacearum*.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Agrios, G. N. (2010). *Introducción a la Fitopatología*. Recuperado el 27 de mayo de 2017 de: http://redbiblio.unne.edu.ar/pdf/0603-002323_i.pdf

Aristondo Martínez, W. J. (2015). *Repositorio del sistema bibliotecario de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. Recuperado 23 de mayo de 2017 de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2872/>

Bárceñas, M., Rostrán, J., & Silva, P. (2017). *Condiciones climáticas del Campus Agropecuario*. León.

CATIE. (1990). (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). *Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate*. Turrialba. Costa Rica. Recuperado el 19 de marzo de 2019 de: <http://www.orton.catie.ac.cr/repdoc/A4593e/A4593e.pdf>

CATIE. (2001). (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). *Manejo Integrado de plagas. Control biológico de la marchitez bacterial en tomate con el uso de enmiendas orgánicas*. Costa Rica. Recuperado el 21 de marzo de 2017 de: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2111e/A2111e.pdf>

Campbell, C. L., and Madden, L.V. (1990): *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley and Sons, New York, USA. 532 p.

Champoiseau, P. (2009) *Ralstonia solanacearum raza 3 biovar 2*. Recuperado el 04 de mayo de 2017 de: <http://www.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/pages/ralstonia.aspx>

Chen, N. C. & Li, H. M. (s. f). *Cultivation and breeding of eggplant*. Asian Vegetable Research and Development Center. Recuperado el 01 de abril de 2019 de: http://203.64.245.61/fulltext_pdf/eam0137.pdf

Gómez, A. M. (2011) *El injerto de plantas de tomate*. Recuperado el 30 de junio de 2017 de: <http://www.poscosecha.com/es/publicaciones/2>

INTA. (2004). *GUIA MIP tomate 2014*. Recuperado el 30 de junio de 2017 de: (<http://www.inta.gob.ni/biblioteca/index.php/component/booklibrary/101/view/58/Gu%C3%ADas%20t%C3%A9cnicas%20INTA/243/manejo-integrado-de-plagas-cultivo-del-tomate-guia-mip>

INFOAGRO. (2017). *Cultivo de berenjena*. Recuperado el 30 de junio de 2017 de: <http://www.infoagro.com/hortalizas/berenjena.htm>

INIDE. (Julio de 2012). *CENAGRO*: Recuperado el 03 de Abril de 2017 de: <http://www.inide.gob.ni/Cenagro/INFIVCENAGRO/informefinal.html>

INTA. (2015). *INTA*. Recuperado el 30 de junio de 2017 de: <http://www.inta.gob.ni/index.php/es/noticias/313-inta-presenta-nueva-variedad-de-tomate-inta-jinotega>

International, C., (2009). *Manual técnico para el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum)*. Programa de diversificación agrícola, Proyecto de Desarrollo de la Cadena de Valor y

Conglomerado Agrícola. Recuperado el 23 de abril de 2017 de: <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01CH517t.pdf>

Izaguirre, L. (2008) *Epidemiología de la marchitez bacteriana Ralstonia solanacearum en el cultivo de tomate Lycopersicon esculentum mill en el oriente de Guatemala*. Recuperado el 23 de mayo de 2017 de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2388.pdf

Kempe, J. & Sequeira, L. (1983). *Biological control wilt of potatoes: attempts to induce resistance by treating tubers with bacterial*. *Plant disease*. Vol. (67). Recuperado el día 12 de abril de 2017 de: http://www.apsnet.org/publications/plantdisease/backissues/Documents/1983Articles/PlantDisease67n05_499.PDF

M. Villarroja. (2009). *Caracterización morfológica y genotipado de una población interespecífica de Solanum incanum x solanum melongena l*. Recuperado el 03 de julio de 2017 de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12030/TESIS%20M%C3%81STER%20MANUEL%20BLASCO%20VILLARROYA.pdf?sequence=1>

Melgar, J. Rivera, J. Brown, J. Weller, S. (2012) *Marchitez bacteriana en solanáceas: su reconocimiento y manejo integrado*. Recuperado el 30 de junio de 2017 de: www.fhia.org.hn/downloads/proteccion_veg_pdfs/manual_marchitez.pdf

Mendoza, F. (2008). *El Nuevo Diario*. Recuperado el 30 de junio de 2017 de: <http://www.elnuevodiario.com.ni/departamentales/26009-liberan-nueva-variedad-semilla-tomate/>

MIFIC. (2007). *Ficha del tomate*. Recuperado el 30 de junio de 2017 de: <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENE71N583ft.pdf>

Pearson, K. (1897) *Mathematical contributions to the theory of evolution – on the form of spurious correlation which may arise when indices are used in the measurements of organs*. *Proceedings of the Royal Society of London*. Recuperado el 22 de enero de 2018 de: <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rspl.1896.0076>

Priou, S. Aley, P. Chujoy, E. Lemaga, B & French, E. (1999) *Control integrado de la marchitez bacteriana de la papa*. Recuperado el 24 de agosto de 2017 de: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/publication%20files/research%20guides/guiaesp.pdf>

Perea, J., García, R., Allende, R., Carrillo, J., León, J., Valdez, B., & López, F. (02 de Septiembre de 2011). *Identificación de Razas y Biovares de Ralstonia solanacearum Aisladas de Plantas de Tomate*. *Revista Mexicana de Fitopatología*: Recuperado el 24 de Agosto de 2017 de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61222864002>

Pérez López, R. C. (2015). *CUNORI-USAC*. Recuperado 23 de mayo de 2017 de: http://cunori.edu.gt/descargas/Resistencia_Ralstonia_solanacearum.pdf

Salazar, W., Berrios, V., Estrada, D., & Caballero, A. (2009). *Enfermedades de Hortalizas*. 1ra. Edición. León.

Sánchez, A. Mejía, L. Allen, C. (2008). *Diversity and distribution of Ralstonia solanacearum strains in Guatemala and rare occurrence of tomato fruit infection*. *Plant Pathology*. Vol. (57). Recuperado el 23 de agosto de 2017 de <https://www.researchgate.net/publication/43501524>

Shaner, G. & Finney, R. E. (1977). *The Effect of Nitrogen Fertilization on the Expression of Slow-Mildewing Resistance in Knox Wheat*. Recuperado el 19 de marzo de 2019 de: https://www.apsnet.org/publications/.../Phyto67n08_1051.PDF

Spiegel, M & Stephens, L. (2005) *Estadística*. Recuperado el 26 de marzo de 2017 de: [http://Estadística.%20Serie%20Schaum-%204ta%20edition%20-%20Murray%20R.%20Spiegel.pdf%20\(1\)%20\(1\).pdf](http://Estadística.%20Serie%20Schaum-%204ta%20edition%20-%20Murray%20R.%20Spiegel.pdf%20(1)%20(1).pdf)

X. ANEXOS.

Anexo 1: Glosario

Aeróbica microorganismo que vive y lleva a cabo su proceso en presencia de oxígeno.

Bacteria son microorganismos unicelulares que se reproducen por fisión binaria (división simple).

Cultivares son las variedades o razas de plantas obtenidas por medios de técnicas agrícolas utilizadas para diferenciarlas de las variedades botánica.

Espectrómetro (también llamado espectroscopio o espectrógrafo) es un instrumento óptico que se usa para medir las propiedades de la luz sobre una porción específica del espectro electromagnético. Su utilidad es realizar análisis espectroscópicos para identificar materiales.

Gram negativa aquellas que no se tiñen de azul oscuro o de violeta por la tinción de Gram, y lo hacen de un color rosado tenue: de ahí el nombre de "gram negativas" o también "Gram-negativas.

Hospedante planta que es invadida por un parásito y de la cual éste obtiene sus nutrientes.

Híbrido progenie de dos individuos que difieren en una o más características hereditarias.

Inoculo patógeno o partes de él que causan infección; partes de los patógenos que entran en contacto con el hospedante.

Inoculación arribo o transferencia de un patógeno sobre su hospedante.

Marchitez pérdida de rigidez y caída de los órganos de la planta que por lo general se debe a la falta de agua en su estructura.

Patógeno entidad que causa enfermedad.

Patogenicidad capacidad que tiene un patógeno para producir enfermedad.

Susceptibilidad incapacidad de una planta para resistir el efecto de un patógeno u otro factor perjudicial.

Susceptible cualquier planta que es atacada por un determinado patógeno; una planta hospedante que carece de la capacidad inherente de resistir a las enfermedades o al ataque de un cierto patógeno; no inmune.

Síntoma reacciones o alteraciones internas y externas que sufre una planta como resultado de su enfermedad.

Termohigrómetro es un instrumento que puede medir temperatura y humedad relativa.

Virulencia grado de patogenicidad de un patógeno determinado.

Xilema tejido vegetal constituido por traqueidas, vasos, células de parénquima y fibras, madera.

Anexo 2: Escala de severidad.

Grado	Descripción
0	Ningún síntoma de la enfermedad.
1	1-25% de las hojas marchitas.
2	26-50% de las hojas marchitas.
3	51-75% de las hojas marchitas con excepción de las dos o tres hojas superiores.
4	76-100% planta muerta.

Kempe, J. & Sequeira, L. (1983).



Anexo 3: Hoja de muestreo de fenología.

FECHA:

CULTIVO:

DDI:

		T1			T2			T3			T4			T5			T6			
Repetición	Planta	Altura (cm)	D. del tallo (mm)	Nº de hojas	Altura (cm)	D. del tallo (mm)	Nº de hojas	Altura (cm)	D. del tallo (mm)	Nº de hojas	Altura (cm)	D. del tallo (mm)	Nº de hojas	Altura (cm)	D. del tallo (mm)	Nº de hojas	Altura (cm)	D. del tallo (mm)	Nº de hojas	
R1	1																			
	2																			
	3																			
R2	1																			
	2																			
	3																			
R3	1																			
	2																			
	3																			
R4	1																			
	2																			
	3																			

Anexo 4: Hoja de muestreo de incidencia (%) de la enfermedad.

FECHA:
 DDI:
 CULTIVO:

Plantas	Tratamiento T1				Tratamiento T2				Tratamiento T3			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
PROMEDIO												

Anexo 5: Hoja de muestreo de severidad (%) de la enfermedad.

FECHA:
 CULTIVO:
 DDI:

Plantas	T1				T2				T3			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
1												
2												
3												
PROMEDIO												

Anexo 6: Hoja de registro de temperatura y humedad relativa.

Fecha	Mañana		Medio Dia		Tarde		Promedio	
	T°	H	T°	H	T°	H	T°	H
2 05 2017	31	62	38.8	44	31.5	68	33.8	58
3 05 2017	36.5	50	41.1	41	31.8	57	36.5	49.3
4 05 2017	36.9	42	33.9	58	27.2	78	32.7	59.3
5 05 2017	26.5	79	33.9	72	31.5	74	30.6	75
8 05 2017	34.1	48	36.5	40	31.5	66	34	51.3
9 05 2017	29.6	77	38	45	32.5	65	33.4	62.3
10 05 2017	33.5	52	38.9	51	27.2	82	33.2	61.7
11 05 2017	42.3	35	35.7	49	32	67	36.7	50.3
12 05 2017	30.1	75	36.5	51	31.1	73	32.6	66.3
15 05 2017	32	46	40	24	33	35	35	35
16 05 2017	32	76	36	47	30.1	75	32.7	66
17 05 2017	33.1	72	43.4	36	32.8	61	36.4	56.3
18 05 2017	37.3	61	36.4	54	32.5	60	35.4	58.3
19 05 2017	34.6	55	37.2	46	28.5	60	33.4	53.7
22 05 2017	32.4	67	35.7	67	31.5	74	33.2	69.3
23 05 2017	28.6	80	40.9	60	29.2	88	32.9	76
24 05 2017	33.5	74	37.5	48	33.1	68	34.7	63.3
25 05 2017	33.9	75	29.5	81	29.1	82	30.8	79.3
26 05 2017	31.2	68	36.7	55	29.9	78	32.6	67
29 05 2017	31.5	70	45.1	31	33.2	55	36.6	52
30 05 2017	29.9	75	44.8	43	31.9	53	35.5	57
31 05 2017	32.1	55	39.8	46	33.9	60	35.3	53.7
1 06 2017	34.6	71	38.7	52	25.5	81	32.9	68
2 06 2017	30.1	77	38.5	59	27.5	79	32	71.7
5 06 2017	30.2	70	39.7	42	32.1	51	34	54.3
6 06 2017	31.8	81	39.9	43	33.5	55	35.1	59.7
7 06 2017	30.8	72	39.4	58	33.5	55	34.6	61.7
8 06 2017	35.7	67	31.1	72	26.2	88	31	75.7
9 06 2017	31.8	68	38.7	50	34.6	61	35	59.7
12 06 2017	31.8	66	38.9	65	32.1	66	34.3	65.7
13 06 2017	33.5	61	36.9	47	34.3	55	34.9	54.3
14 06 2017	30.1	70	34.9	56	26.2	77	30.4	67.7
15 06 2017	30.1	75	36.5	55	31.1	66	32.6	65.3
16 06 2017	26.7	80	28.6	79	28.7	70	28	76.3
19 06 2017	24.5	86	26.2	77	25.7	76	25.5	79.7
20 06 2017	24.1	82	33.3	66	31.3	60	29.6	69.3
21 06 2017	29.1	70	32.5	62	29.2	77	30.3	69.7
22 06 2017	30.1	79	31.5	67	26.9	69	29.5	71.7
23 06 2017	31.9	71	39.1	48	28.9	67	33.3	62
26 06 2017	29.6	55	34.2	49	29.1	59	31	54.3
27 06 2017	28.7	67	35.7	52	27.5	55	30.6	58
28 06 2017	30.9	60	38.9	49	28.3	52	32.7	53.7
29 06 2017	31.5	61	39.3	45	28.5	50	33.1	52
30 06 2017	30.9	59	39.1	48	27.9	49	32.6	52

Anexo7: Tablas de análisis estadístico.

✚ Análisis de variables fenológicas de los cultivares de solanáceas inoculados y no inoculados.

Tabla 1: Normalidad.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Altura de la planta	Diámetro del tallo	Hojas
N		70	70	70
Parámetros normales ^{a,b}	Media	73.86	11.06	47.87
	Desviación estándar	18.393	1.202	15.226
Máximas diferencias extremas	Absoluta	.075	.198	.096
	Positivo	.068	.145	.096
	Negativo	-.075	-.198	-.061
Estadístico de prueba		.075	.198	.096
Sig. asintótica (bilateral)		.200 ^{c,d}	.000 ^c	.184 ^c

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Tabla 2: Estadísticas de prueba t-student para el cultivar INTA Valle de Sébaco.

Estadísticas de grupo INTA Valle Sébaco

Inoculación de la bacteria		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Altura de la planta	Inoculado	132	46.88	22.544	1.962
	No inoculado	132	46.24	22.690	1.975
Diámetro del tallo	Inoculado	132	7.52	2.634	.229
	No inoculado	132	7.36	2.680	.233
Hojas	Inoculado	132	22.88	15.259	1.328
	No inoculado	132	22.38	14.669	1.277

Tabla 3: Prueba t-student para muestras independientes del cultivar INTA Valle de Sébaco.

Prueba de muestras independientes INTA Valle Sébaco

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Altura de la planta	Se asumen varianzas iguales	.004	.951	.229	262	.819	.636	2.784	-4.845	6.118
	No se asumen varianzas iguales			.229	261.989	.819	.636	2.784	-4.845	6.118
Diámetro del tallo	Se asumen varianzas iguales	.001	.973	.486	262	.627	.159	.327	-.485	.803
	No se asumen varianzas iguales			.486	261.923	.627	.159	.327	-.485	.803
Hojas	Se asumen varianzas iguales	.537	.464	.271	262	.786	.500	1.842	-3.128	4.128
	No se asumen varianzas iguales			.271	261.594	.786	.500	1.842	-3.128	4.128

Tabla 4: Estadísticas de prueba t-student para el cultivar INTA Jinotega.

Estadísticas de grupo INTA Jinotega

Inoculación de la bacteria		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Altura de la planta	Inoculado	130	52.37	28.540	2.503
	No inoculado	132	49.20	28.513	2.482
Diámetro del tallo	Inoculado	130	6.96	2.698	.237
	No inoculado	132	7.06	3.088	.269
Hojas	Inoculado	130	24.25	19.084	1.674
	No inoculado	132	25.92	19.395	1.688

Tabla 5: Prueba t-student para muestras independientes del cultivar INTA Jinotega.

Prueba de muestras independientes INTA Jinotega

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Altura de la planta	Se asumen varianzas iguales	.054	.816	.900	260	.369	3.172	3.525	-3.769	10.113
	No se asumen varianzas iguales			.900	259.931	.369	3.172	3.525	-3.769	10.113
Diámetro del tallo	Se asumen varianzas iguales	3.498	.063	-.276	260	.782	-.099	.358	-.805	.607
	No se asumen varianzas iguales			-.277	256.355	.782	-.099	.358	-.804	.606
Hojas	Se asumen varianzas iguales	.834	.362	-.703	260	.483	-1.670	2.378	-6.352	3.011
	No se asumen varianzas iguales			-.703	260.000	.483	-1.670	2.377	-6.351	3.011

Tabla 6: Estadísticas de prueba t-student para el cultivar berenjena.

Estadísticas de grupo Berenjena

Inoculación de la bacteria		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Altura de la planta	Inoculado	128	28.24	17.837	1.577
	No inoculado	132	25.05	17.233	1.500
Diámetro del tallo	Inoculado	128	7.68	3.040	.269
	No inoculado	132	6.83	3.214	.280
Hojas	Inoculado	128	21.94	14.854	1.313
	No inoculado	132	19.55	14.742	1.283

Tabla 7: Prueba t-student para muestras independientes del cultivar berenjena.

Prueba de muestras independientes Berenjena

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Altura de la planta	Se asumen varianzas iguales	.110	.740	1.466	258	.144	3.189	2.175	-1.094	7.472
	No se asumen varianzas iguales			1.466	256.904	.144	3.189	2.176	-1.096	7.474
Diámetro del tallo	Se asumen varianzas iguales	.917	.339	2.200	258	.029	.854	.388	.089	1.618
	No se asumen varianzas iguales			2.202	257.844	.029	.854	.388	.090	1.618
Hojas	Se asumen varianzas iguales	.004	.948	1.303	258	.194	2.392	1.836	-1.223	6.007
	No se asumen varianzas iguales			1.303	257.619	.194	2.392	1.836	-1.223	6.007

✚ **Análisis de Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de los cultivos de solanácea inoculados.**

Tabla 8: Normalidad

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Área bajo la curva del progreso de la enfermedad
N		30
Parámetros normales ^{a,b}	Media	26.5900
	Desviación estándar	48.45117
Máximas diferencias extremas	Absoluta	.312
	Positivo	.312
	Negativo	-.292
Estadístico de prueba		.312
Sig. asintótica (bilateral)		.000 ^c

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

Tabla 9: Prueba de Kruskal Wallis

Estadísticos de prueba^{a,b}

	Área bajo la curva del progreso de la enfermedad
Chi-cuadrado	13.127
gl	2
Sig. asintótica	.001

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación:
Tratamiento

Anexo 8: Fotos de la investigación.

Imagen 1: Esterilización de suelo.



Esterilización con vapor de agua



Medición de temperatura.



Empacado de suelo.

Imagen 2: Establecimiento de semillero.



Desinfección de bandejas



Mezcla de sustrato



Siembra en bandejas.

Imagen 3: Manejo de semillero.



Porcentaje de germinación



Fertilización foliar



Manejo de enfermedades

Imagen 4: Establecimiento del ensayo



Llenado de maceteras



Instalación de cintas de riego



Trasplante

Imagen 5: Reproducción e inoculación de la bacteria *Ralstonia solanacearum*.



Imagen 6: Manejo del ensayo

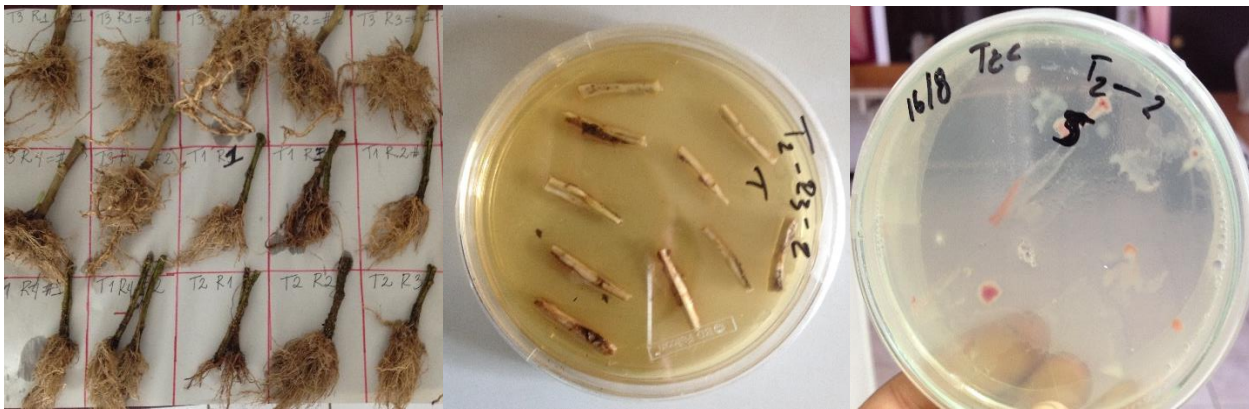


Imagen 7: Sintomatología de la enfermedad.



Sintomatología presentada por la enfermedad

Imagen 8: Comprobación de presencia de *Ralstonia solanacearum* en los cultivares.



Extracción de tallos y raíces del ensayo

Muestra de tallo en medio Agar nutritivo

Crecimiento bacteriano en Tetrazolium chloride.