

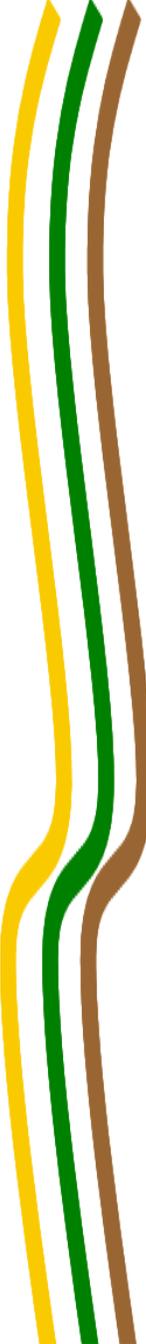


“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis



Tolerancia de cuatro genotipos de berenjena (*Solanum melongena* L.) a *Ralstonia solanacearum* [Smith (1896) Yabuuchi et al., 1996], en condiciones de invernadero Managua, 2020

Autoras

Br. Marilena del Carmen Gutiérrez Rivas
Br. Virginia del Carmen Lezama Miranda

Asesores

Ing. MSc. Jorge Gómez Martínez
Lic. MSc. Isaías Sánchez Gómez

Managua, Nicaragua
Octubre, 2020



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Tolerancia de cuatro genotipos de berenjena (*Solanum melongena* L.) a *Ralstonia solanacearum* [Smith (1896) Yabuuchi et al., 1996], en condiciones de invernadero Managua, 2020

Autoras

Br. Marilena del Carmen Gutiérrez Rivas
Br. Virginia del Carmen Lezama Miranda

Asesores

Ing. MSc. Jorge Gómez Martínez
Lic. MSc. Isaías Sánchez Gómez

Presentado a la consideración del honorable tribunal examinador como requisito final para optar al grado de Ingeniero Agrónomo

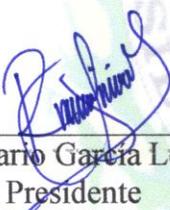
Managua, Nicaragua
Octubre, 2020

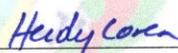
Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

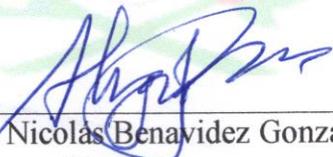
Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Tribunal Examinador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Miembros del Tribunal Examinador


Ing. Rosario García Loáisiga
Presidente


MSc. Heidy Guadalupe Corea
Narvárez
Secretario


MSc. Álvaro Nicolás Benavidez González
Vocal

Lugar y Fecha: Sala Magna FAGRO 21 de octubre 2020

DEDICATORIA

A DIOS padre, por haberme permitido llegar hasta este momento importante en mi formación profesional, **a mi madre**, por ser mí más hermoso ejemplo de amor, humildad y sencillez. **A mis hijos Stalin Gómez y Cindy Gómez** quienes han sido el motor que me obliga a funcionar para ser cada día mejor.

Marilena Gutierrez Rivas

DEDICATORIA

Este logro de mi vida se lo dedico con mucho amor a:

Mis padres **Virginia Espinoza y Roberto Vargas Arévalo** por todos sus esfuerzos que hicieron posible cumplir mis anhelos de ser una persona profesional.

A mi hija **Hannah Virginia Duarte Lezama** que sin duda alguna es mi motor de vida, te dedico en especial este logro tan importante para mí.

A mi esposo **Henry Duarte Canales** quien ha sido clave en mi formación profesional por todo su apoyo, sus enseñanzas, paciencia y por estar ahí siempre diciéndome que si se puede.

A mi hermana **Joseling Vargas y abuela Jacoba Espinoza** que las quiero de una manera especial.

Virginia Lezama Miranda

AGRADECIMIENTO

A Dios nuestro padre quien me da la sabiduría de brindar día a día lo mejor de mí, con la firme convicción de que uno solo es dueño de lo que puede compartir a la sociedad, por brindarme salud y tiempo para poder cumplir mis metas.

A U.N.A por abrirme sus puertas y brindarme las herramientas necesarias, para mi formación académica durante 14 años.

A mis asesores Ing. Jorge Gómez e Isaías Sánchez por depositar su confianza en mí, sin dudar de mis capacidades y colaborar en la elaboración de este documento que me permitió llegar a la etapa final de mi formación académica.

Al Ing. Gregorio Varela, Lic. Mercedes Ordoñez, Ing. Hellen Ramírez, por el apoyo y la confianza brindada en el impulso de mi carrera y a todo el cuerpo docente en la “**Modalidad encuentros**”, quienes formaron parte de mi formación profesional.

Al Dr. Freddy Sebastián Alemán Zeledón por ser una de mis motivaciones esperanzadoras diciéndome que lo podía lograr.

Al personal administrativo de la facultad de agronomía por el apoyo brindado en el transcurso de la carrera en especial a la **Sra. Carolina Padilla**, porque siempre estuvieron accesible brindándome su apoyo de manera incondicional.

A mi madre Encarnación Rivas Masis, Gracias por tus oraciones que día a día le pides a Dios por mí.

A mis hijos Stalin Gomez y Cindy Gomez, quienes siempre han sido y seguirán siendo el soporte universal en mi vida.

A mi familia que quiero mucho, de los que me siento orgullosa de haberme enseñado lo que es la generosidad, la constancia. Gracias por apoyarme en todas mis locuras.

A todos mis compañeros de clases que por seis años estuvieron ahí soportando y apoyándome en mis desaciertos, por las risas y buenos momentos compartidos especialmente Cristhel Suarez, Francisco Talavera, Aracely Blandón, América Téllez, Virginia Lezama y Guillermo Ortega.

Marilena Gutiérrez Riva

AGRADECIMIENTO

A Dios creador del cielo y la tierra quien nos da la oportunidad de vida cada día.

A mis asesores Ing. Jorge Gómez e Isaías Sánchez por apoyarme en la culminación de mis estudios y depositar su confianza en mí, sin dudar de mis capacidades y colaborar en la elaboración de este documento que me permitió llegar a la etapa final de mi formación académica.

A mi esposo Henry Duarte Canales por apoyarme en mis estudios, colaborar en la enseñanza y elaboración de este documento.

A U.N.A por abrirme sus puertas y brindarme las herramientas necesarias, permitir formarme profesionalmente estos 6 años.

A todos los docentes que me impartieron clase, todos aportaron para adquirir un nuevo conocimiento a lo largo de mi carrera.

A los Ingenieros José María Sánchez, Eddy Castellón y Norvin Sepúlveda quienes me motivaron siempre a llegar al final de la meta, compartiéndome de sus experiencias y apoyándome con materiales de estudios.

A mi familia por creer en mí siempre.

A todos mis compañeros de clase que compartimos todos estos 6 años apoyándonos unos a otros en especial Heydi Vallejos, Darling Treminio, Daybelis Gutierrez, Mery Rios, Nelson Gutierrez, Kevin Larios, Marilena Gutierrez y Guillermo Ortega por ser uno de los compañeros ejemplo a seguir y estar siempre dispuesto a compartirnos de sus conocimientos.

Virginia Lezama Miranda

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN		PÁGINA
	DEDICATORIA	i
	AGRADECIMIENTO	ii
	ÍNDICE DE CUADROS	iii
	ÍNDICE DE FIGURAS	iv
	ÍNDICE DE ANEXOS	v
	RESUMEN	vi
	ABSTRACT	vii
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	2
	2.1 Objetivo general	2
	2.2 Objetivos específicos	2
III.	MARCO DE REFERENCIA	3
	3.1 Origen, taxonomía y generalidades del cultivo de berenjena	3
	3.2 Descripción Botánica	4
	3.3 Producción e importancia nutricional	4
	3.4 Bacteria (<i>Ralstonia solanacearum</i>)	5
	3.5 Epidemiología y sintomatología	6
	3.6 Incidencia de la Marchitez bacteriana	8
	3.7 Severidad de la Marchitez bacteriana	8
	3.8 Tolerancia a (<i>Ralstonia solanacearum</i>)	8
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	9
	4.1 Ubicación del estudio	9
	4.2 Registro de humedad relativa y temperatura del invernadero	9
	4.3 Descripción del material genético	10
	4.3.1 Los genotipos EG-195 y EG- 203	10
	4.3.2 Berenjena Belleza Negra	10
	4.3.3 Berenjena Morada Larga	11
	4.4 Establecimiento de semillero en bandejas	11
	4.5 Manejo del riego	11
	4.6 Descripción de los tratamientos evaluados	11
	4.7 Establecimiento del ensayo en invernadero	12
	4.8 Preparación del inóculo e inoculación de (<i>Ralstonia solanacearum</i>) en cuatro genotipos de berenjena	12
	4.8.1 Evaluación de incidencia de la marchitez bacteriana	13
	4.8.2 Evaluación de la severidad de la Marchitez bacteriana	13
	4.8.3 Área baja la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)	14
	4.9 Análisis de datos	15
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
	5.1 Emergencia de plántulas (%)	16
	5.2 Incidencia de marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>) días después de la inoculación (ddi).	16
	5.3 Incidencia de la Marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>) en cuatro genotipos de berengena	17

5.4	Severidad de marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>) en genotipos de berenjena	19
5.5	Severidad de marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>) después de la inoculación (ddi)	20
5.6	El ABCPE de marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>) en cuatro genotipos de berenjena Managua 2020.	22
VI	CONCLUSIONES	23
VII	RECOMENDACIONES	24
VIII	LITERATURA CITADA	25
IX	ANEXOS	30

ÍNDICE DE CUADRO

CUADRO		PÁGINA
1	Descripción de los tratamientos.	13
2	Escala de severidad de la enfermedad (<i>Ralstonia solanacearum</i>) (Kempe y Sequiera 1983).	15

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Ubicación del área de estudio sobre la tolerancia de cuatro genotipos de berenjena, Managua 2020.	9
2	Comportamiento de Humedad Relativa (%) y Temperatura (°C), registradas en el ensayo sobre la tolerancia de cuatro genotipos de berenjena en invernadero, Managua 2020.	10
3	Comportamiento de marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>) a los 4, 7, 9, 13 y 17 ddi, Managua 2020.	16
4	Sintomatología de la marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>) observadas en los cuatro genotipos de berenjena, Managua 2020.	17
5	Porcentaje de incidencia de la marchitez bacteriana en cuatro genotipos de berenjena, Managua 2020	18
6	Porcentaje de severidad de la Marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>) en cuatro genotipos de berenjena Managua 2020	20
7	Comportamiento de severidad de la Marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>) a los 27, 31, 34, 36 y 40 ddi, Managua 2020	21
8	ABCPE de (<i>Ralstonia solanacearum</i>), de cuatro genotipos, Managua 2020.	22

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Escala McFarland utilizada en el estudio.	30
2	Valores medios por tratamiento de incidencia de (<i>Ralstonia solanacearum</i>) días después de la inoculación ddi.	30
3	Valores medios de incidencia de (<i>Ralstonia solanacearum</i>) en genotipos de berenjena	31
4	Comparación de los valores medios de la severidad de (<i>Ralstonia solanacearum</i>) en los ddi	31
5	Valores medios por tratamiento de severidad de (<i>Ralstonia solanacearum</i>) en genotipos de berenjena.	31
6	Comparación de los valores medios del Área bajo la curva de progreso de la enfermedad en genotipos de berenjena	31
7	Comparación de los valores medios de la incidencia de (<i>Ralstonia solanacearum</i>) en los ddi	32
8	Valores medios de la severidad de (<i>Ralstonea solanacearum</i>) en los días después de la inoculación ddi.	32
9	Hoja de muestreo para registro de datos de incidencia y severidad.	33
10	Grados de severidad presentados durante el desarrollo del estudio Kempe y Sequeira (1983)	34
11	Plano de campo	35
12	Porcentaje de Emergencia de plántulas de los genotipos en estudio	35
13	Inoculación de la bacteria (<i>Ralstonia solanacearum</i>) en los cuatros genotipos de berenjena en el invernadero.	36
14	Levantamiento de datos.	36

RESUMEN

La marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum*, es una de las enfermedades más devastadoras que afecta los cultivos como: Berenjena, papa, tomate y tabaco en los países en desarrollo. El estudio se realizó en el invernadero del Departamento De Protección Agrícola y Forestal de la Universidad Nacional Agraria. El ensayo se estableció en el periodo comprendido entre abril a julio 2020, con el objetivo de evaluar la tolerancia de cuatro genotipos de berenjena (*Solanum melongena* L.) a la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* en condiciones de invernadero. Se estableció en un diseño completo al azar (CED), unifactorial, con cuatro genotipos y 20 repeticiones de cada uno de ellos, para un total de 80 plantas en cada unidad experimental. Las variables fueron sujetas a un análisis de varianza y agrupaciones de medias mediante Tukey ($\alpha=0.05$). Las variables de incidencia y severidad mostraron diferencia significativa, las mayores afectaciones las registraron los genotipos EG-195 y Morada Larga en comparación a los genotipos Belleza Negra y EG-203. Según el Área bajo la curva del Progreso de la enfermedad (ABCPE) realizado para marchitez bacteriana las mayores áreas bajo la curva se presentaron en los genotipos Belleza Negra (261 %) y EG-203 (484.75 %) con relación a EG-195 (691.25 %) y Morada Larga (673.75 %).

Palabras claves: marchitez bacteriana, incidencia, severidad, área bajo la curva.

ABSTRACT

Bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* is one of the most devastating diseases that affects crops such as: Eggplant, potato, tomato and tobacco in developing countries. The study was carried out in the greenhouse of the Department of Agricultural and Forest Protection of the National Agrarian University. The trial was established in the period from April to July 2020, with the aim of evaluating the tolerance of four genotypes of eggplant (*Solanum melongena* L.) to bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* under greenhouse conditions. It was established in a complete randomized design (CED), unifactorial, with four genotypes and 20 repetitions of each one of them, for a total of 80 plants in each experimental unit. The variables were subjected to an analysis of variance and groupings of means by Tukey ($\alpha = 0.05$). The variables of incidence and severity showed a significant difference, the greatest affectations were registered by the EG-195 and Morada Larga genotypes compared to the Belleza Negra and EG-203 genotypes. According to the Area under the curve of the Progress of the disease (AUDPC) performed for bacterial wilt, the largest areas under the curve were presented in the genotypes Black Beauty (261%) and EG-203 (484.75%) in relation to EG-195 (691.25%) and Long Morada (673.75%).

Key words: Bacterial wilt, incidence, severity, area under the curve.

I INTRODUCCIÓN

La berenjena (*Solanum melongena* L.) es una hortaliza perteneciente a la familia de las Solanáceas. Existen multitud de géneros y especies, de las cuales pocas son comestibles. Entre los cultivos más conocidos se encuentran el tomate, pimiento, papa, patata y berenjena. De acuerdo a Gutiérrez, *et al* (2005),

A nivel mundial dentro de la familia de las solanáceas, la berenjena es el quinto cultivo más importante económicamente después de la papa, el tomate, chiltoma y tabaco. Aparte de la berenjena que comúnmente se conoce *Solanum melongen* L, también existen otras dos especies de berenjenas *Solanum aethiopicum* y *Solanum macrocarpon* (p. 17)

FAO (2009), describe que: Más del 80 % de la producción se concentra entre China e India, siendo el primero de éstos el responsable de más del 53 % y 30 %.

Los agricultores necesitan variedades mejoradas para la producción sostenible y la adaptación a los desafíos del cambio climático. Las plantas de la familia de las solanáceas tienen un período de crecimiento relativamente largo, por lo que está más expuesta que otros cultivos a una amplia gama de plagas y enfermedades. Las enfermedades más comunes en las plantas de la familia de las solanáceas incluyen marchitamientos producido por *Ralstonia solanacearum*, *Verticillium* sp, y *Fusarium* sp, así como pudrición por antracnosis, alternaría sp y tizones por *Phytophthora* sp, *Phomopsis* sp y mosaico (Rotino et al., 1997).

Sánchez *et al.*, (2008), describen que: “La marchitez bacteriana de las solanáceas causada por *Ralstonia solanacearum*, es una de las enfermedades con daño más devastador en cultivos de importancia económica como el tomate, papa, chile, chiltoma y tabaco”. Perea *et al.*, (2011) mencionan que “la bacteria invade a las plantas hospederas a través de la raíz y coloniza los vasos del xilema en el sistema vascular y las plantas infectadas muestran disminución de crecimiento, amarillamiento, marchitamiento y muerte repentina” (p.32).

La bacteria *Ralstonia solanacearum* conocida anteriormente como *Pseudomonas solanacearum* tiene aproximadamente 450 especies de plantas hospedantes causando grandes pérdidas de rendimiento en cultivos como tomate (hasta 90%), berenjena (50-60%), pimiento o chile dulce (40-50%) y chile (30-40%) en climas húmedos tropicales (Elphinstone, 2005).

Se han sugerido varios métodos químicos intensivos para el manejo del marchitamiento bacteriano, los cuales reducen drásticamente la calidad del suelo y contaminan los cuerpos de agua. Aunque se proponen otras prácticas como la rotación de cultivos, variedades resistentes, solarización del suelo, aplicación de enmiendas al suelo y agentes de control biológico, estos métodos tienen una baja eficacia en condiciones de campo. De los métodos antes mencionados, el uso de variedades resistentes parece ser la solución más apropiada para el manejo de la enfermedad (FAO, 2002, p.46 ,52).

En estudio realizado por Medina (2020), determinó que la berenjena de variedad Belleza Negra usada como portainjerto registró las incidencias más bajas ante la marchitez bacteriana. Otros estudios realizados por el centro mundial de vegetales de Asia (ASERCA, 1999) en Taiwán han determinado que “el uso de genotipos de berenjena como portainjertos reduce significativamente la incidencia de este patógeno” (p.60).

En Nicaragua existe escasa información referente al uso de cultivares de berenjena tolerantes a patógenos radiculares. Por consiguiente, la presente investigación se llevó a cabo con el objetivo evaluar la tolerancia de cuatro genotipos de berenjena (*Solanum melongena* L.) a la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* en condiciones de invernadero., para que en el país haya información del tema y pueda servir de apoyo para futuras investigaciones.

II OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Evaluar la tolerancia en cuatro genotipos de berenjena (*Solanum melongena* L.) a la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* en condiciones de invernadero.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar la incidencia y severidad de la marchitez bacteriana causada por (*Ralstonia solanacearum*) en cuatro genotipos de berenjena en condiciones de invernadero.
- Determinar el área bajo la curva de progreso de la marchitez bacteriana causada por (*Ralstonia solanacearum*) en cuatro genotipos de berenjena en condiciones de invernadero
- Identificar el genotipo con mayor tolerancia a *Ralstonia solanacearum* bajo condiciones de invernadero

III MARCO DE REFERENCIA

3.1. Origen, taxonomía y generalidades del cultivo de berenjena

La Berenjena es originaria de las zonas tropicales y subtropicales asiáticas. Se cultivó desde épocas antigua en la India, Birmania y China. En el año 1200 A.C ya se cultivaba en Egipto, desde donde fue introducida en la Edad Media a través de la Península Ibérica y Turquía, para posteriormente extenderse por el Mediterráneo y resto de Europa. Estudios obtenidos a partir de variabilidad morfológica y molecular indican que la berenjena es el resultado de la domesticación de la especie silvestre *S. insanum* L (Mayer *et al*, 2012, p.32).

Según ASERCA (1999), describen que: “La berenjena, es una hortaliza desconocida en diversos países y apreciada en otros, como: China, India, Japón, los países del Mediterráneo y EE.UU” (p.13). Sambamurty (2005), indica que la berenjena (*Solanum melongena* L.) pertenece a la clase angiospermas.

La familia Solanáceas está compuesta por 83 géneros que engloban unas 1 000-1 400 especies de amplia distribución por todo el mundo, especialmente en zonas templadas y tropicales. Dicha familia se caracteriza por presentar flores pentámeras (cinco pétalos). Los frutos son bayas y con varias semillas por lóbulo (Hurtado, 2016. p.29).

La especie cultivada (*Solanum melongena* L), junto con las formas adventicias naturalizadas del sudeste asiático (*Solanum melongena* var. *Insanum*) y la especie silvestre (*Solanum incanum*) forman lo que se denomina el complejo berenjena, el cual representa el germoplasma primario de la berenjena, es decir, los materiales que, con mayor o menor dificultad, dan híbridos fértiles (Blasco, 2009.p.31).

Knapp, *et al* (2013), demuestran que,

Después de una caracterización morfológica exhaustiva en variedades de todo África, que dentro del nuevo complejo berenjena existen 5 especies diferentes, donde permanecen *S. melongena*, *S. incanum* o *S. insanum*, y se incorporan al nuevo complejo las especies *S. campylacantum* y *S. lichtensteinii* (p.15)

3.2 Descripción Botánica

La berenjena es una planta herbácea anual, puede rebrotar y mantenerse en cultivo más de un año. Su sistema radical es fuerte y está muy desarrollado, tanto en profundidad como lateralmente. Posee un tallo semileñoso, cilíndrico, verde o de color violáceo, piloso, rígido, erecto y de crecimiento indeterminado, alcanzando al aire libre, una altura de entre 0.5 y 1.5 m., Illescas y Vesperinas (1989) Citado por Blasco (2009, p.36).

Hurtado (2016), menciona que:

Las hojas alternas ovadas u oblongo-ovadas y grandes, con márgenes ligeramente lobulados, recubiertos en el envés de una vellosidad de color grisáceo, también es frecuente la presencia de espinas en las nerviaciones prominentes o en el pecíolo de las hojas. Las flores son de color blanco o violeta más o menos intenso, en algunas variedades aparecen en grupos de hasta 4-5 flores.

Cuando el fruto presenta la madurez fisiológica es blanco y de color amarillento e incluso negro. La pulpa es carnosa, de coloración amarilla, blanca o verde, volviéndose parduzca al contacto con el aire debido a la oxidación. Las semillas son pequeñas, aplastadas, de color marrón y son muy abundantes. En un fruto pueden existir hasta 2.500, su poder germinativo medio en condiciones normales es de unos 4-6 años (p.21).

3.3 Producción e importancia nutricional

Según Linares (2012), menciona que:

La producción mundial de berenjena (*Solanum melogena* L.), conforme a datos de la FAO, que registra los correspondientes a 68 países, se ubica en los 34 millones de ton. Se estima que el total real superaría los 45 millones de ton, de contarse con los datos del total de los países productores. A pesar de ello, se destaca en la información disponible una importante evolución en los últimos 15 años, con un incremento del 165 %, pasando de 12,8 millones de ton en 1990 a 12 34 millones en 2005 (p.30).

Más del 80 % de la producción se concentra entre China e India, siendo el primero de éstos el responsable de más del 53 % y 30 % el segundo. En el caso de Guatemala, las exportaciones de berenjena para el año 2011 fue de 1,143.80 ton, a los países que exporta Guatemala son: Estados Unidos (97.89 %), Honduras (0.99 %), Nicaragua (0.52 %), El Salvador (0.51 %) y Costa Rica (0.09 %) (Banguat, 2012, p.29).

Según la BDECA (2010), describen que: “El cultivo de la berenjena posee valores nutricionales como: agua 92 %, glúcidos 2.20-2.49 g, proteínas que oscilan entre un 0.90-1.24 g, grasas entre 0.18-0.40 g, fibras alimentarias 2.00-2.82 g y un valor energético que oscilan 15.00-17.08 kcal” (p.52)

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 y Li., sf, p. 28).

3.4 Bacteria *Ralstonia solanacearum*

El complejo de especies de *Ralstonia solanacearum* se encuentra entre las bacterias patógenas de plantas más destructivas para los cultivos, lo que genera pérdidas económicas significativas para los productores de todo el mundo y tiene consecuencias dramáticas para la producción sostenible y seguridad alimentaria (Ravelomanantsoa *et al*, 2018, p. 45),

Este complejo de especies causa el marchitamiento vascular en casi 200 especies de plantas y se encuentra como una infección latente en un rango inusualmente amplio de 450 especies de plantas en aproximadamente 54 familias botánicas, incluidos cultivos alimenticios y de alto valor económico como papa, tomate, tabaco, jengibre y plátano, así como también diversos cultivos hortícolas y plantas ornamentales (Mansfield *et al.*, 2012, p.34).

Safni *et al.* (2014), aseveran que: “El complejo *Ralstonia* comprende tres especies y se clasifica en cuatro linajes principales según su origen geográfico inicial” (p.16).

Prior y Fegan (2005), mencionan que:

Ralstonia pseudosolanacearum incluye el filotipo I de Asia y el filotipo III de África, *R. solanacearum* incluye el filotipo II con subdivisiones IIA y IIB de las Américas, y *Ralstonia syzygii* contiene el filotipo IV de Indonesia y probablemente Japón, Filipinas, Corea y Australia (p.20).

Las cepas del complejo *Ralstonia* tienen la capacidad de sobrevivir en nichos heterogéneos y plantas asintomáticas (Ravelomanantsoa *et al.*, 2018; Wicker *et al.*, 2012).

La versatilidad y diversidad de estas cepas, la limitada resistencia de hospedante dificulta el manejo de este complejo. Actualmente, no existen prácticas de manejo efectivas contra esta bacteria. Debido a su impacto social y económico, el complejo *Ralstonia* ha sido ampliamente investigado para comprender aspectos de su biología y diseñar estrategias óptimas y duraderas de manejo de este destructivo patógeno de plantas (Mansfield *et al.*, 2012, p.34).

3.5 Epidemiología y sintomatología de *Ralstonia solanacearum*

Según EPPO, (2018), describe que:

La bacteria se mueve a las raíces de la planta hospedante, se adhiere a la epidermis, infecta la corteza y coloniza el xilema, lo que produce la marchitez del hospedante. La entrada de la bacteria a la planta es favorecida por el ataque primario de nemátodos noduladores del género *Meloidogyne* spp. La penetración al interior de los tejidos de la planta ocurre también a través de heridas producidas por el desarrollo de raíces secundarias, heridas producidas por insectos y prácticas culturales. Después de la muerte de la planta, la bacteria es liberada al medio ambiente, donde parece sobrevivir en las plantas hospedantes alternas (malezas), en el suelo y/o el agua, a través de diversas estrategias, como el estado de formas viables, pero no cultivables (p. 29)

Las fuentes de inóculo y de dispersión de la bacteria son material vegetal infectado (semillas, plántulas, tubérculos, etc.); residuos infectados; hospedantes alternos y malezas; suelo infestado, agua de riego, equipos, etc.; partes de la planta (por ejemplo, tubérculos) sin síntomas visibles. Como un patógeno nativo de suelo, *R. solanacearum* puede sobrevivir en varios tipos de suelos en todo el mundo. Tiene la capacidad de cambiar de estado virulento a avirulento, mediante un proceso denominado "conversión fenotípica" (CF) que ocurre por la producción reducida de proteínas y polisacáridos extracelulares. Este fenómeno permite que la bacteria resista condiciones adversas y permanezca viable durante períodos muy largos como 2 a 10 años (Poussier *et al.*, 2000, p. 34).

Con respecto a la temperatura de crecimiento, las cepas de *R. solanacearum* de áreas tropicales tienen una temperatura óptima de 35°C, mientras que la de cepas que se encuentran en altitudes más altas en los trópicos y en áreas subtropicales y templadas es más baja 27°C; no se ha observado crecimiento a 40°C o 4°C. Los valores aproximados mínimos y máximos de temperatura de crecimiento son 8°C-10°C y 37°C-39°C respectivamente. Con respecto a los requisitos de pH, en general, el crecimiento de *R. solanacearum* se inhibe en medios ácidos, pero se favorece en condiciones alcalinas. El patógeno *R. solanacearum* puede crecer en medios líquidos con NaCl al 1% pero poco o nada en NaCl al 2% (EPPO, 2018, p. 30).

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 (Sánchez y Rojas, 2019, p. 23).

Las hojas infectadas 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 *et al.*, 2012, p. 45).

3.6 Incidencia de la Marchitez bacteriana

De acuerdo a Salazar *et al.* (2009):

Es la 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 (p, 36).

3.7 Severidad de la Marchitez bacteriana

Salazar *et al.* (2009), describen que:

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 (p 42).

3.8 Tolerancia a *Ralstonia solanacearum*

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, p. 18).

IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del estudio

El estudio se realizó en dos etapas, la primera consistió en preparar la suspensión bacteriana de *Ralstonia solanacearum* en el laboratorio de microbiología de la Facultad de Agronomía. La segunda etapa fue la inoculación de plantas de berenjena en el invernadero del Departamento de Protección Agrícola y Forestal (DPAF) de la Facultad de Agronomía costado sur perteneciente a la Universidad Nacional Agraria (UNA) ubicado en el km 12 ½ carretera Norte en el departamento de Managua. El invernadero se localiza en las coordenadas 12° 08´ de latitud Norte y 86° 10´ de longitud Oeste, una Altitud de 56 msnm, temperatura promedio de 34.6°C y una humedad relativa del 47 %. El estudio se llevó a cabo en el periodo comprendido de abril a julio 2020. (Figura 1).



Figura 1. Ubicación del área de estudio sobre tolerancia de cuatro genotipos de berenjena, Managua 2020

4.2 Registro de humedad relativa y temperatura del invernadero

Se registró la humedad relativa y temperatura con un hidrómetro marca Fisherbrand, la humedad relativa y la temperatura durante el periodo de estudio fue irregular, las mayores temperaturas oscilaron entre 34°C a 39°C en las primaras fechas de muestreo (15 de mayo, 3 y 15 de junio), esto contribuyó a la disminución de la humedad relativa, que oscilaron entre 31 y 80 %. Las menores temperaturas se registraron entre 21°C y 27°C y se presentaron en las fechas 28 de mayo y 20 de julio, (Figura 2).

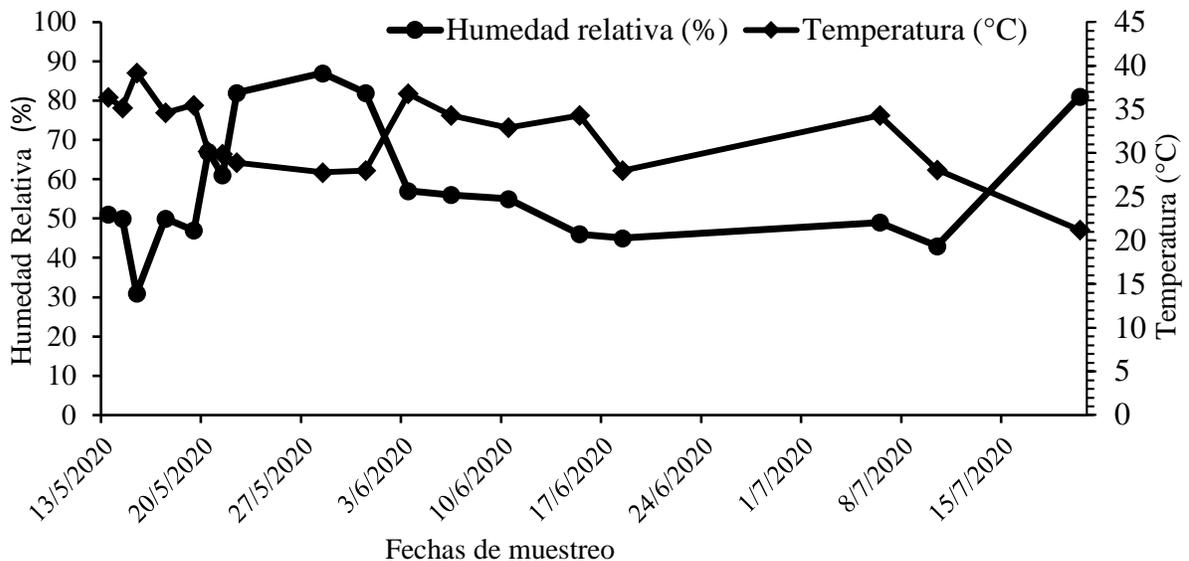


Figura 2. Comportamiento de Humedad Relativa (%) y Temperatura (°C), registradas en el ensayo sobre tolerancia de cuatro genotipos de berenjena en invernadero DPAF, Managua 2020

4.3 Descripción del material genético

Se evaluaron cuatro genotipos de berenjena, G -195 y G-203 procedentes del Centro de Investigación y Desarrollo de Vegetales Asiáticos (AVRDC) y dos variedades comerciales Belleza Negra y Berenjena Morada Larga.

4.3.1 Los genotipos EG-195 y EG- 203

La empresa TAKII SEED de Kyoto, Japón, desarrollo los genotipos EG-195 y EG-203 para ser utilizadas como patrones o porta injertos ya que presentan las características deseadas para este propósito. Según Chen *et al.* (2015) estos genotipos “presentan tolerancia a patógenos tales como *Fusarium*, *R. solanacearum*, nemátodos y también ha mostrado un excelente comportamiento en suelos con exceso de humedad” (p .31).

4.3.2 Berenjena Belleza Negra

Según Medina (2020) “la variedad Belleza Negra posee tolerancia a marchitez bacteriana causada por *R solanacearum*” (p. 12).

4.3.3 Berenjena Morada Larga

Las Planta de berenjena Morada Larga presentan las siguientes características buen vigor con internudos cortos, hojas de color oscuro con alta producción tanto en invernadero como en campo abierto. El fruto es de forma ovalada bastante alargada, con un color brillante, adaptable a altas temperaturas, tiene pocas espinas. Las características organolépticas son óptimas gracias a su pulpa blanca, poco esponjosa y dulce de origen español (ZIP MEC, 2013, p.56).

4.4 Establecimiento de semillero en bandejas

La siembra se realizó en bandeja de polietileno de 162 orificios y se utilizó sustrato Kekkila debidamente esterilizado en autoclave a 121 °C durante 15 minutos, las bandejas se depositaron en bolsas plásticas de color negro por un periodo de 48 horas para estimular la germinación, posteriormente las plántulas se trasplantaron a macetearas para su debido manejo agronómico.

Para determinar el porcentaje de germinación se utilizó la fórmula descrita por: Fernández y Jonston (1986).

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\text{No de semillas germinadas}}{\text{No. total de semillas}} \times 100$$

4.5 Manejo del riego

El riego en las maceteras fue por microaspersión con un gasto de 1.1 litros por minuto, se realizaron tres riegos al día proporcionando aproximadamente entre 3.3 litros de agua en cada ciclo de riego. El riego incremento a medida que la planta fue desarrollando.

4.6 Descripción de los tratamientos evaluados

Los tratamientos estuvieron constituidos por cuatro genotipos EG-195, EG-203, Belleza Negra y Morada Larga, esta última se consideró como testigo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos y origen de genotipos evaluados en el ensayo sobre tolerancia de cuatro genotipos de berenjena

Tratamiento	Genotipos	Origen
1	EG-195	AVRDC-Taiwán
2	EG-203	AVRDC-Taiwán
3	Belleza Negra	EDENA Sedds - USA
4	Morada Larga	España

4.7 Establecimiento del ensayo en invernadero

El ensayo se estableció en un Diseño Completo al Azar en (DCA) unifactorial, cuatro tratamientos y 20 repeticiones de cada uno de ellos en cada unidad experimental.

El trasplante se realizó a los 30 días después de la siembra (dds) en maceteras de 600 ml de volumen, las cuales se llenaron de suelo previamente esterilizado en estufa de convección a 100 °C por 24 horas. Previo a la siembra el suelo se humedeció con solución arrancadora, a base del fertilizante 18-46-0 previamente diluida en dosis de 136.36 g en 10 litros de agua y a cada planta se le aplicó 250 ml de la solución para la estimulación del desarrollo radicular. Posteriormente en cada macetera se depositó una plántula a una profundidad de 4 a 5 cm. Las plantas en maceteras se ubicaron en bancales de concreto con dimensiones de 2.70 m de largo por 1.20 m de ancho a una altura del suelo de 1 m.

4.8 Preparación del inóculo e Inoculación de *Ralstonia Solanacearum* en cuatro genotipos de berenjena

La bacteria *Ralstonia solanacearum*, biovar tres, raza uno fue facilitado por el laboratorio de microbiología vegetal de la UNA. El inóculo fue preparado a partir de platos Petri que contenían la bacteria y se diluyó en agua destilada estéril hasta alcanzar el grado de turbidez 0.5 escala MacFarland (1×10^8 UFC/ml), se verificó mediante un espectrofotómetro a fin de que la densidad óptica a 550-660 nm sea de 0.7-1.0 nm (Hernández y Bustamante, 2001) (Anexo 1).

La inoculación se realizó a los 30 dds, se inocularon 80 plantas a las que se les aplicó 1 ml de la suspensión bacteriana por planta, cuando estas tenía el primer par de hojas verdaderas, se hicieron cortes en la base de las plantas con hojas de bisturí, generando lesiones radiculares para

asegurar la introducción y presencia de la bacteria en las plantas, a continuación se empleó la técnica de inoculación por vaciado al suelo empleada por French y Hebert (1980), que consistió en adicionar directamente en la zona aleadaña a las raíces y el suelo (Rizósfera) la bacteria *Ralstonia solanacearum* en los genotipos de berenjena evaluados.

Posteriormente se observaron y evaluaron el avance de la enfermedad cada tres días después de la inoculación (ddi) por un periodo de dos meses. El avance de la enfermedad se evaluó determinando la incidencia y severidad en las 20 plantas por tratamiento.

4.9 Variables evaluadas en el estudio

Las variables evaluadas fueron: Incidencia Marchitez Bacteriana, Severidad Marchitez Bacteriana y área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) marchitez bacteriana,

4.9.1 Evaluación de incidencia de la Marchitez Bacteriana

Se seleccionaron 20 plantas por tratamiento y se inocularon con la bacteria *Ralstonia solanacearum* para determinar el porcentaje de incidencia de la enfermedad se llevaron a cabo registros a los 4, 7, 9, 13 y 17 días después de la inoculación (ddi) y, el cálculo de incidencia se realizó haciendo uso de la fórmula propuesta por Castaño, (1989).

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

4.9.2 Evaluación de la severidad de la Marchitez Bacteriana

Se calculó el área de tejido dañado a los 27, 31, 34, 36 y 40 ddi de plantas afectadas mediante la fórmula propuesta Castaño, (1989).

$$Severidad = \frac{\sum \text{número de plantas} \times \text{grado}}{\text{Número de plantas evaluadas} \times \text{grado mayor}} \times 100$$

Para evaluar el grado de severidad de la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* se utilizó la escala propuesta por Kempe y Sequeira, (1983). (Cuadro 2).

Cuadro 2. Escala de severidad de la *marchitez bacteriana* (Kempe y Sequiera 1983)

Valor de la escala	Descripción de <i>marchitez bacteriana</i>
0	Sin presencia de síntomas
1	0 – 25% en promedio de la planta con marchitez
2	26-50% en promedio de la planta con marchitez
3	50-75% en promedio de la planta con marchitez
4	75-100% en promedio de la planta con marchitez (muerte de la planta).

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

Se calculó el avance de la enfermedad en el tiempo, además de su efecto acumulativo en el cultivo, mediante la fórmula propuesta por Shaner y Finney, (1977)

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

Donde, ABCPE = área bajo la curva de progreso de la enfermedad; y_i = índice de incidencia de la lectura anterior; y_{i+1} = índice de incidencia de la lectura actual; t_{i+1} = días después del trasplante de la lectura actual; t_i = días después del trasplante de la lectura anterior.

4.10 Análisis de datos

Las variables evaluadas en este estudio fueron sometidas a un análisis de varianza (ANDEVA). Se hizo transformaciones de datos de incidencia y severidad con el fin de satisfacer los criterios de normalidad requeridos para el ANDEVA, los resultados que presentaron diferencia estadística significativas se les realizó separaciones de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) de confiabilidad.

Para la incidencia se transformó al *arcoseno* $\sqrt{\frac{y(\%)}{100}}$ Donde y (%) es la incidencia de las enfermedades (*Ralstonia solanacearum*)

Para la severidad se transformó a la $\sqrt{SMB + 0.5}$, donde SMB es el valor en la escala de la severidad de *Ralstonia solanacearum* (Quinn y Keough, 2009).

Los datos se analizaron con el programa estadístico Infostat versión 2016, con el objetivo de determinar el efecto de la media de los tratamientos, el error experimental de las pruebas y el coeficiente de variación de las mismas.

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Emergencia de plántulas (%)

A los 8 días se contabilizó el número de plantas germinadas y no germinadas en cada bandeja. Obteniendo como resultado el 100 % de germinación. La germinación de las semillas de los cuatro genotipos se dio entre los 5 y 7 días después de la siembra.

5.2. Incidencia de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) días después de la inoculación (ddi)

Según el ANDEVA realizado con el 95 % de confiabilidad indica que a los 7 días se registró la menor incidencia de la bacteria en los cuatro genotipos con un 20.94 % de infestación (Anexo 2). La figura 3 muestra que a los 4 ddi no se observó incidencia de la bacteria, no obstante, a partir de los 7 ddi se observó los síntomas causados por la marchitez bacteriana siendo el genotipo EG 203 el que registró las menores incidencia durante el periodo de evaluación con 21.25 % y las mayores incidencias lo presentó el genotipo EG 195 con un 24.69 % de incidencia en las fechas de estudio, (Anexo 7).

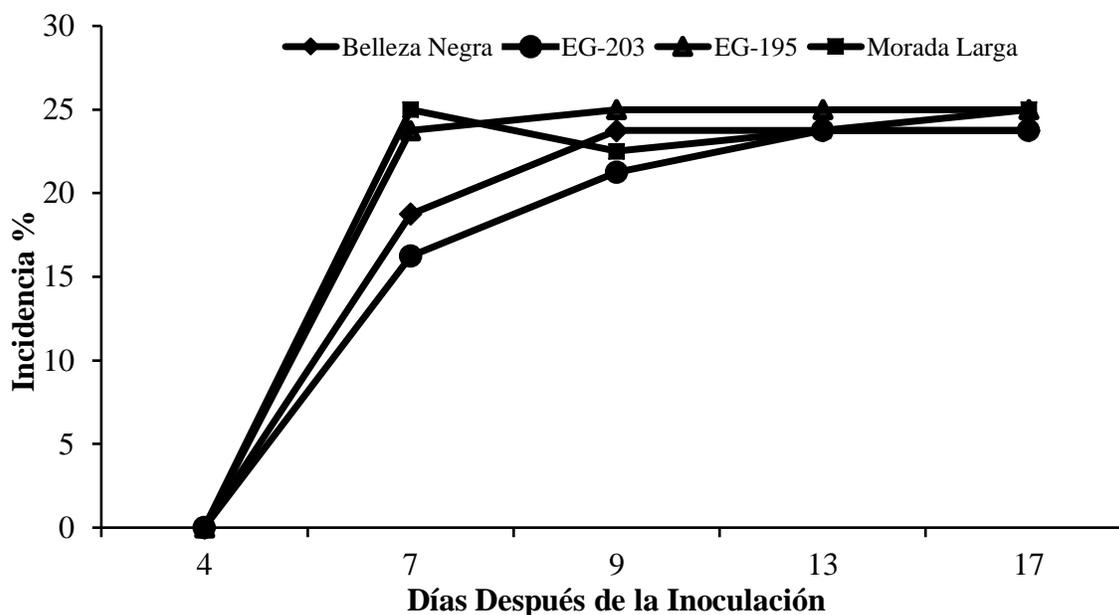


Figura 3. Comportamiento de Marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) a los 4, 7, 9, 13 y 17 ddi, Managua 2020.

Los resultados obtenidos en este estudio no coinciden con los reportados por Melgar *et al.*, (2012), el cual menciona que la marchitez en hortalizas se presenta entre los 2 a 3 días después de la infección cuando el genotipo es altamente susceptible, además afirma que la humedad es el factor más importante porque incrementa la sobrevivencia de la bacteria, y la bacteria tiene la habilidad de penetrar e infectar la planta, capacidad de inducir el desarrollo de la enfermedad después de la infección.

En este estudio los síntomas que se observaron en las primeras fechas de muestreo fueron: marchitamiento, caída de hojas, necrosis en las nervaduras de las hojas, clorosis, V invertida y en algunas plantas se observó raíces adventicias. Estos síntomas son similares a los reportados por Gutarra *et al.*, (1995), quien también observó síntomas de la V invertida, (figura 4).



Figura 4. Sintomatología de la Marchitez bacteriana (*Ralstonia Solanacearum*) observadas en los cuatro genotipos de berenjena, Managua 2020.

5.3 Incidencia de Marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) en cuatro genotipos de berenjena.

El análisis de varianza reveló diferencia estadística ($p < 0.0055$) entre los genotipos, registrando las menores afectaciones el genotipo Belleza Negra con 17 % de incidencia, y las mayores incidencias las registro en el genotipo EG-195 con 19.25 % de incidencia, este último genotipo resulto ser el más susceptible a la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia Solanacearum* (Figura 5).

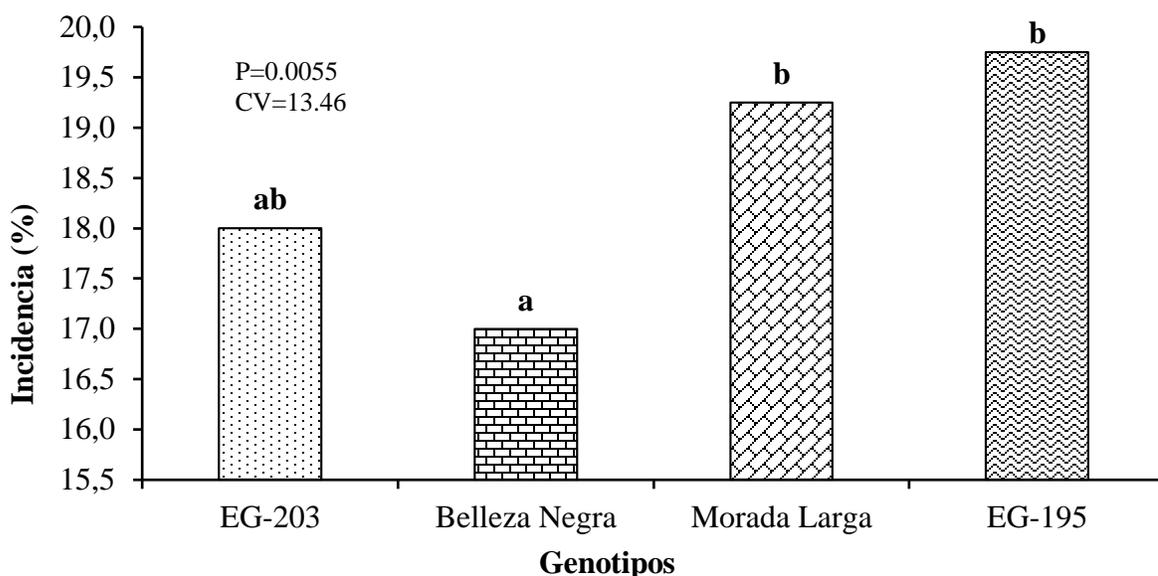


Figura 5. Porcentaje de incidencia de la Marchitez bacteriana en cuatro genotipos de berenjena, Managua 2020.

En un estudio realizado por Medina (2020) determinó que:

El genotipo Belleza Negra presentó incidencia de la marchitez bacteriana de 0.41 %. Los porcentajes de incidencia registrados en este estudio fueron superiores a los reportados por este autor. Melgar, *et al* (2012), mencionan que las plantas de berenjena pueden ser infectadas y manifestar la enfermedad, en cualquier edad, sin embargo, las plantas adultas tienden a mostrar mayor incidencia y severidad cuando ocurren temperaturas moderadas a altas (30-35 °C) y alta humedad del suelo, estos rangos de temperaturas coinciden con las mencionadas por este autor ya que en el presente estudio se presentaron temperaturas entre 34 a 39 °C lo que influyó a una disminución de la humedad relativa las cuales

oscilaron entre 31 y 80 % y por ende favoreció al desarrollo de la bacteria (*Ralstonia solanacearum*) (p, 40) (figura 2).

En un estudio realizado por Lin *et al.*, (2008), determinó que:

“El uso del genotipo EG-203 como portainjerto redujo significativamente la incidencia de *R. solanacearum* en el cultivo de tomate, como se puede observar los resultados de este autor coinciden con el presente estudio ya que también este genotipo registró los menores porcentajes de incidencia” (p. 25).

5.4 Severidad de Marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) en cuatro genotipos de berenjena.

En la figura 6. Se presenta el comportamiento de la severidad del daño en los tejidos de las plantas de los genotipos evaluados. El ANDEVA realizado al 95 % de confiabilidad muestra que existen diferencias significativas con respecto al comportamiento de la severidad entre los genotipos (Anexo 5). El genotipo Belleza Negra presentó la menor severidad con un 16.25 %, seguido de, EG-203 con 19.50 %, y con mayor severidad el genotipo EG-195 con 25.75 % y Morada Larga con 23.25 %. (Figura 6).

En Taiwán los genotipos EG-195 y EG-203 han sido ampliamente utilizados por su tolerancia a diversos patógenos entre ellos (*Fusarium oxysporum*, *fusarium lycopersici* y *Sclerotium rolfsii*) y a nemátodos (Black, *et al*, 2003, p. 21).

Cabe señalar que en este estudio el genotipo EG-195 fue el que registro la mayor severidad o daño en los tejidos de las plantas.

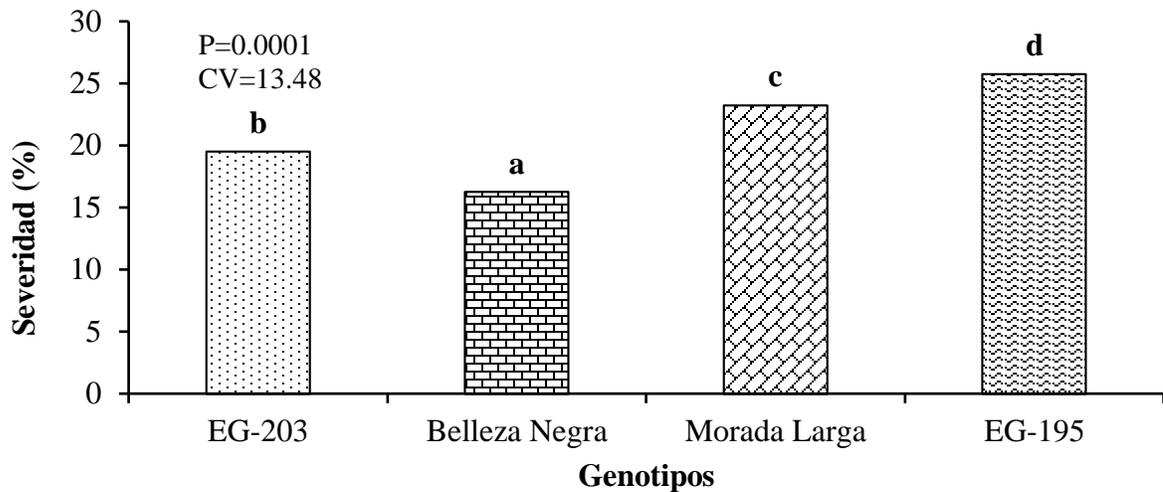


Figura 6. Porcentaje de severidad de Marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) en cuatro genotipos de berenjena, Managua 2020.

Los genotipos de berenjena inoculados con la bacteria *Ralstonia solanacearum* presentaron los porcentajes mínimos de daño con respecto a la escala propuesta por Kempe y Sequeira (1983).

Este comportamiento se atribuye a la morfología de estos cultivares debido a que desarrollan un sistema radicular vigoroso, extenso, tallos leñosos y bien ramificados, lo que la hace más tolerante (Kempe y Sequeira, 1983).

5.5 Severidad de Marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) después de la inoculación (ddi)

El análisis estadístico demostró que existe diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) entre los genotipos evaluados, siendo el genotipo Belleza Negra el que registro los menores porcentajes de severidad durante los momentos de evaluación ya que registro medias de 7.5 % a 21 %, en segundo lugar se ubicó el genotipo EG-203 con medias de 15 % a 22.50 % y el que registro la mayor severidad fue el genotipo EG-195 con medias de 20 % a 26.25 % (figura 6), La separación de medias por tukey ($\alpha = 0.05$), también mostró diferencias significativas entre los días después de realizada la inoculación, siendo a los 27 días donde registró la menor severidad (Anexo 8).

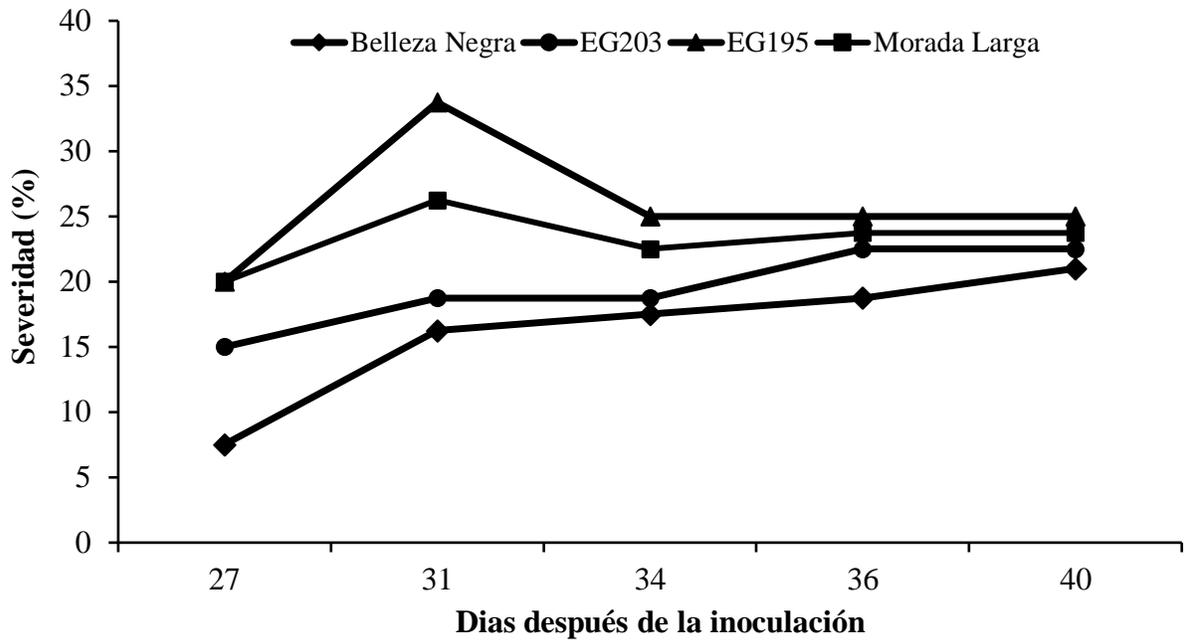


Figura 7. Comportamiento de severidad de la Marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) a los 27, 31, 34, 36 y 40 ddi, Managua 2020.

5.6 ABCPE de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) en cuatro genotipos de berenjena

Según el ABCPE realizado para marchitez bacteriana la menor área bajo la curva se presentó en el genotipo Belleza Negra con 261%. En cambio, la mayor área bajo la curva se registró en el genotipo EG-195 con 691.25%, esto se debió a que en este genotipo los porcentajes del área bajo la curva fueron mayores. (Figura 8). Al igual que el análisis de varianza y separación de media realizada, para la incidencia de la marchitez bacteriana, y para el área bajo la curva, indica que existen diferencias significativas entre los genotipos. En general, los valores promedios más altos del área bajo la curva fueron encontrados en el genotipo EG-195, con estos resultados se puede afirmar que este genotipo tuvo efecto sobre el desarrollo de la bacteria, pero también es posible que este cultivar mostró mayor susceptibilidad a la bacteria. (Figura 8), (Anexo 6).

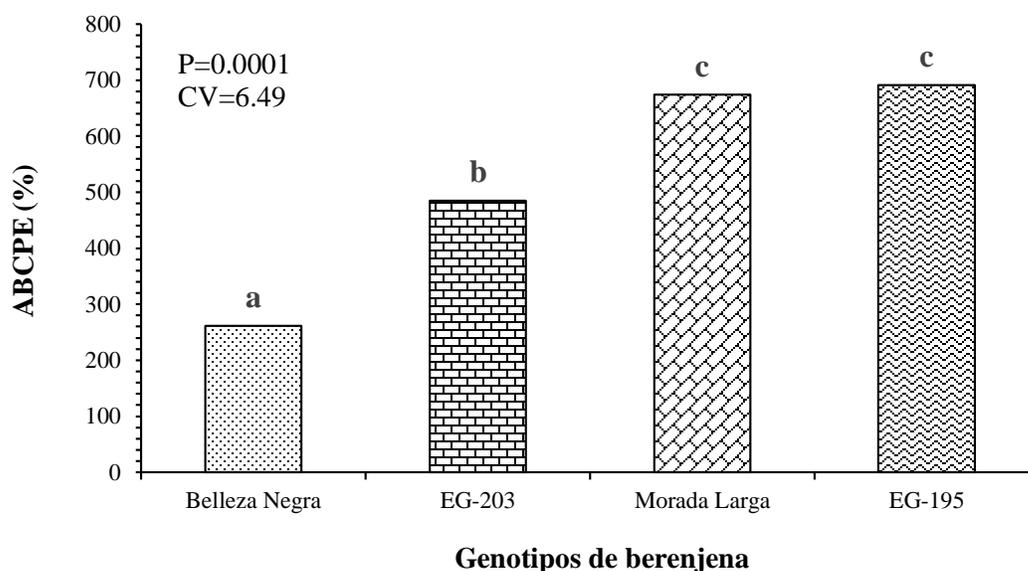


Figura 8. El ABDPE de *Ralstonia solanacearum*, de cuatro genotipos, Managua 2020.

VI CONCLUSIONES

Los genotipos Belleza Negra y EG-203 registraron los menores porcentajes de incidencia y severidad a la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) en condiciones de invernadero.

Los genotipos Belleza Negra y EG-203 presentaron la menor área bajo curva de progreso de la enfermedad con 261 % y 484.75 %, respectivamente.

En base a los resultados del análisis estadístico de incidencia, severidad y ABCPE, los genotipos Belleza Negra y EG-203, son considerados en este estudio tolerantes a la bacteria *Ralstonia solanacearum*.

VII. RECOMENDACIONES

Utilizar los genotipos Belleza Negra y EG-203, en estrategias de manejo (porta injertos) para el manejo de *Ralstonia solanacearum* en cultivos como tomate (*Solanum lycopersicum* L) y chiltoma (*capsicum annuum* L), ya que presentaron los menores valores de incidencia y severidad frente a la bacteria.

Evaluar estos genotipos con diferentes concentraciones de *Ralstonia solanacearum* para continuar determinando la tolerancia a dicha bacteria.

Evaluar los genotipos de Belleza Negra y EG-203 en condiciones de campo abierto y continuar determinando la tolerancia a la bacteria.

VIII. LITERATURA CITADA

- Agrios, G. (2010). *Introducción a la Fitopatología*. Consultado el 27 de enero de 2020 de: http://redbiblio.unne.edu.ar/pdf/0603-002323_i.pdf
- ASERCA (1999). Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. La berenjena, una hortaliza desconocida en nuestro país, pero con enorme vocación exportadora, MX. 31 pp.
- BEDCA. (2010). Composición de berenjena en 100 gramos de porción comestible. Consultado 27 de febrero del 2020: <https://diet.es/alimento/berenjena/>
- Banco de Guatemala (Banguat). (2012). Exportaciones Realizadas (en línea). Disponible http://www.banguat.gob.gt/estaeco/ceie/hist/pdfs/2011/TA/kG-116_2011.pdf. R.
- Blasco Villarroya, M.D. (2009) *Caracterización morfológica y genotipado de una población interespecífica de desarrollo de marcadores caps a partir de COSII y realización de mapa genético. Solanum incanum x Solanum melongena L.*
- Black, D.L. Wu, J.F. Wang, T. Kalb, D. Abbass and J.H. Chen, (2003). Guía de cooperadores internacionales de AVRDC: para la producción de tomate en la estación cálida y húmeda. <https://worldveg.tind.io/search?f1=author&as=1&sf=title&so=a&rm=&m1=e&p1=Black%2C%20L.L.&ln=en>.
- Castaño, J. (1989). *Estandarización de la estimación de daños causados por hongos, bacterias y nematodos en frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Colombia, Universidad de Caldas. p. 59-67.
- Champoiseau, P. G., Jones, J. B., y Allen, C. (2009). *Ralstonia solanacearum race 3 biovar 2 causes tropical losses and temperate anxieties. Online. Plant Health Progress* doi:10.1094/PHP-2009-0313-01-RV.
<file:///C:/Users/usuario/Downloads/ChampoiseauetalPHP09.pdf>
- Chen, N. C. y Li, H. M. (s. f). Cultivation and breeding of eggplant. Asian Vegetable Research and Development Center. :http://203.64.245.61/fulltext_pdf/eam0137.pdf.
- Chen, H.-M., Lin, C.Y., Yoshida, M., Hanson, P., y Schafleitner, R. (2015). Multiplex PCR for detection of tomato yellow leaf curl disease and root-knot nematode resistance genes in tomato (*Solanum lycopersicum L.*). *International Journal of Plant Breeding and Genetics* 9:44-56.

- Chih-Hung Lin, (2008). *Aplicación de una pantalla preliminar para seleccionar patrones resistentes adaptados localmente y enmienda del suelo para el manejo integrado de la marchitez bacteriana del tomate en Taiwán.*
<https://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PDIS-92-6-0909>.
- EPPO. (2018). *Ralstonia solanacearum*, *R. pseudosolanacearum* and *R. syzygii* (*Ralstonia solanacearum* species complex). EPPO Bulletin 48:32-63.
- Elphinstone, J. G. (2005). *The current bacterial wilt situation: a global overview.* Pages 9-28 in: *Bacterial wilt disease and the Ralstonia solanacearum species complex.* C. Allen, P. Prior, and A. C. Hayward, eds. APS press, St-Paul, M. N.
- FAO (2002). *Manual para la capacitación de trabajadores de extensión y agricultores.* PP. 46-52.
- French, E. y Hebert, T. (1980). *Método de investigación fitopatología.* Ed. Matilde de la Cruz. CR. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 289 p.
- FAO. (2009). Base de datos FAOSTAT. Roma. Recuperado en: www.faostat.fao.org.
- Fernández, G. y Jonston, M. (1986). *Fisiología Vegetal Experimental.* Ed. Servicio Editorial IICA, Costa Rica. 428pp.
- Gutarra, E. R. F. L., Aley, P. y Elphinstone, J. (1995). *Methods for the detection Ralstonia solanacearum in potato crops.* In: Hardy, B., French, E.R. (Eds.). *Integrated Management of Bacteria*
- Gutiérrez, M; Bruna, P y Valles, M. (2005). *El cultivo de la berenjena en Aragón, Estudio de variedades con destino industrial. Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón.* [bibliografia%20berengena%202020/IT160_05.pdf](#).
- Hernández-Garboza, L. H., y Bustamante-Rojas, E. (2001). *Control biológico de la marchitez bacteriana en tomate con el uso de enmiendas orgánicas. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 62:18-28.
- Hurtado Ricart, M. (2016). *Mejora genética de la berenjena. (S. melongena L.) (Doctoral dissertation).*
- Karim, Z., and Hossain, M.S. (2018). *Management of bacterial wilt (Ralstonia solanacearum) of potato: focus on natural bioactive compounds.* Journal of Biodiversity Conservation and Bioresource Management 4:73-92.

- Kempe J y Sequeira L. (1983). Biological control of bacterial wilt of potatoes: Attempts to induce resistance by treating tubers with bacteria. *Plant Dis.* 67, 499–503.
- Knapp S., Voronstova M.S, Prohens J. (2013). Wild relatives of the eggplant (*Solanum melongena* L.: Solanaceae): New understanding of species names in a complex group. *PLoS ONE*, 8: e 57039.
- Lin, C.-H., Hsu, S.-T., Tzeng, K.-C., y Wang, J.-F. (2008). Application of a preliminary screen to select locally adapted resistant rootstock and soil amendment for integrated management of tomato bacterial wilt in Taiwan. *Plant Dis.* P.92
- Linares, H. (2012). Berenjena. Ficha/42/UE. Consultado 20 de enero. 2020. Disponible en <http://www.minec.gob.sv/cajadeherramientasue/images/stories/fichas/guatemala/gt-berenjena.pdf>.
- Mansfield, J., Genin, S., Magori, S., Citovsky, V., Sriariyanum, M., Ronald, P., Dow, M., Verdier, V., Beer, S.V., Machado, M.A., Toth, I., Salmond, G., and Foster, G.D. (2012). Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology* 13:614-629.
- Melgar, J. Rivera, J. Brown, J y Weller, S. (2012). *Marchitez bacteriana en solanáceas: su reconocimiento y manejo integrado*. Consultado el 28 de enero de 2020 de: www.fhia.org.hn/downloads/proteccion_veg_pdfs/manual_marchitez.pdf.
- Meyer R.S., Karol K.G., Little D.P., Nee M.H., Litt A. (2012). Phylogeographic relationships among Asian eggplants and new perspectives on eggplant domestication. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 63:685–701.
- Medina, L. (2020). *Evaluación de la tolerancia de portainjertos de tomate y berenjena para el manejo de Ralstonia solanacearum* [Smith (1896) Yabuuchi et al., 1996], León Nicaragua, 2019. Universidad Nacional Agraria, NI.
- Perea, J., García, R., Allende, R., Carrillo, J., León, J., Valdez, B., y López, F. (2011). Consultado el 20 de enero del 2020. Identificación de Razas y Biovares de *Ralstonia*
- Perea, M; García ERS, Allende MR, Carrillo FJA, León FJ, Valdez TB y López SFSM. (2011). Identificación de razas y biovares de aisladas de plantas de tomate. *Ralstonia solanacearum* Revista Mexicana de Fitopatología 29:98-108.

- Poussier S., Trigalet-Demery D., Vanderwalle P., Goffinet B., Luisetti J., Trigalet A. (2000). Genetic diversity of *R. solanacearum* as assessed by PCR-RFLP of the *hrp* gene region AFLP and 16SrRNA sequence analysis, and identification of an African subdivision. *Microbiology* 146.
- Prior, P Fegan M, (2005) How complex is the '*Ralstonia Solanacearum*, French National Institute for Agriculture, Food, and Environment (INRAE)
- Ravelomanantsoa S, Vernière C, Rieux A, Costet L, Chiroleu F, Arribat S, Cellier G, Pruvost O, Poussier S, Robène I, Guérin F, Prior P. (2018). Molecular Epidemiology of Bacterial Wilt in the Madagascar Highlands Caused by Andean (Phylotype IIB-1) and African (Phylotype III) Brown Rot Strains of the *Ralstonia solanacearum* Species Complex.
- Rotino, G., Perri, E y Zottini, M. (1997). Genetic engineering of parthenocarpic plants. *Nat Biotechnol* 15, 1398–1401. <https://doi.org/10.1038/nbt1297-1398>.
- Salazar, W., Berrios, V., Estrada, D., y Caballero, A. (2009). Enfermedades de Hortalizas. 1ra. Edición. León.
- Sambamurty, A. (2005). Taxonomy of Angiosperms. I.K. International Pvt. Ltd. Department of Botany. Sri Venkateswara, College South Campus, Delhi University. New Delhi.
- Safni, I., Cleenwerck, I., De Vos, P., Fegan, M., Sly, L., and Kappler, U. (2014). Polyphasic taxonomic revision of the *Ralstonia solanacearum* species complex: proposal to emend the descriptions of *Ralstonia solanacearum* and *Ralstonia syzygii* and reclassify current *R. syzygii* strains as *Ralstonia syzygii* subsp. *syzygii* subsp. nov., *R. solanacearum* phylotype IV strains as *Ralstonia syzygii* subsp. *indonesiensis* subsp. nov., banana blood disease bacterium strains as *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* subsp. nov. and *R. solanacearum* phylotype I and III strains as *Ralstonia pseudosolanacearum* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 64:3087-3103.
- Sánchez, B y Rojas, R (2019). *Evaluación de tolerancia a marchitez bacteriana causada por Ralstonia solanacearum en diferentes cultivares de solanácea en el campus agropecuario* UNAN-León 2017. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/7244/1/242033.pdf>
- Sánchez, A. Mejía, L y Allen, C. (2008). *Diversity and distribution of Ralstonia solanacearum strains in Guatemala and rare occurrence of tomato fruit infection. Plant Pathology.* Vol. (57). <https://www.researchgate.net/publication/43501524>.

- Shaner, G., y Finney, R. (1977). *The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat*. *Phytopathology* 67, 1051-1056.
- Wicker, E., Lefeuvre, P., de Cambiaire, J.-C., Lemaire, C., Poussier, S., and Prior, P. 2012. *Contrasting recombination patterns and demographic histories of the plant pathogen *Ralstonia solanacearum* inferred from MLSA*. *ISME Journal*.
- ZIP MEC. (2013). Las variedades de Berenjenas. Obtenido de <https://www.zipmec.com/es/las-variedades-de-berenjenas.html>

IX ANEXOS

Anexo 1. Escala McFarland utilizada en el estudio

Estándar McFarland	BaCl₂ al 1% (en ml)	1% H₂SO₄ (en ml)	Suspensión bacterial aproximada (las UFC) / ml
0,5	0,05	9,95	1,0 x 10⁸
1.0	0,1	9,9	3,0 x 10 ⁸
2.0	0,2	9,8	6,0 x 10 ⁸
3.0	0,3	9,7	9,0 x 10 ⁸
4.0	0,4	9,6	1,2 x 10 ⁹
5.0	0,5	9,5	1,5 x 10 ⁹
6.0	0,6	9,4	1,8 x 10 ⁹
7.0	0,7	9,3	2,1 x 10 ⁹
8.0	0,8	9,2	2,4 x 10 ⁹
9.0	0,9	9,1	2,7 x 10 ⁹
10.0	1.0	9,0	3,0 x 10 ⁹

Anexo 2. Valores medios por tratamiento de incidencia de *Ralstonia solanacearum* días después de la inoculación ddi.

Días después de la inoculación(ddi)	Incidencia (%)
4	0.00 a
7	20.94 b
9	23.13 bc
13	24.06 c
17	24.38 c
P>f	0.0055
CV	13.46

Anexo 3. Valores medios de incidencia de *Ralstonia solanacearum* en genotipos de berenjena.

Genotipos	Incidencia %
Belleza Negra	17.00 a
EG-203	18.00 ab
EG-195	19.25 b
Morada Larga	19.75 b
P>f	0.0055
CV	13.46

Anexo 4. Comparación de los valores medios de la severidad de *Ralstonea solanacearum* en los ddi.

DDI	Severidad
27	15.63 a
31	20.94 b
34	22.50 b
36	23.13 b
40	23.75 b
P>f	0.0001
CV	13.48

Anexo 5. Valores medios por tratamiento de severidad de *Ralstonea solanacearum* en genotipos de berenjena

Genotipo	Severidad %
Belleza Negra	16.25 a
EG-203	19.50 b
Morada Larga	23.25 c
EG-195	25.75 d
P>f	0.0001
CV	13.48

Anexo 6. Comparación de los valores medios del Área bajo la curva de progreso de la enfermedad en genotipos de berenjena.

Genotipos	ABCPE Incidencia
Belleza Negra	261.00 a
EG-203	484.75 b
Morada Larga	673.75 c
EG-195	691.25 c
P>f	0.0001
CV	6.49

Anexo 7. Comparación de los valores medios de la incidencia de *Ralstonea solanacearum* en los ddi

Factores	P > f	4 DDI	7 DDI	9 DDI	13 DDI	17 DDI
Belleza Negra	0.045	0.00 a	18.75 bc	23.75 c	23.75 c	23.75 c
EG-203	0.045	0.00 a	17.25 b	21.25 bc	23.75 c	23.75 c
EG-195	0.045	0.00 a	23.75 c	25.00 c	25.00 c	25.00 c
Morada Larga	0.045	0.00 a	25.00 c	22.50 bc	23.75 c	25.00 c

Anexo 8 valores medios de la severidad de *Ralstonea solanacearum* en los días después de la inoculación ddi.

Factores	P>f	27 DDI	31 DDI	34 DDI	36 DDI	40 DDI
Belleza Negra	0.0001	17.50 bcd	18.75 bcde	21.25 bcde	7.50 a	16.25 bc
EG-203	0.0001	18.75 bcde	22.50 bcde	22.50 bcde	15.00 ab	18.75 bcde
EG-195	0.0001	25.00 de	25.00 de	25.00 de	20.00 bcde	33.75 f
Morada Larga	0.0001	22.50 bcde	23.75 cde	23.75 cde	20.00 bcde	26.25 ef

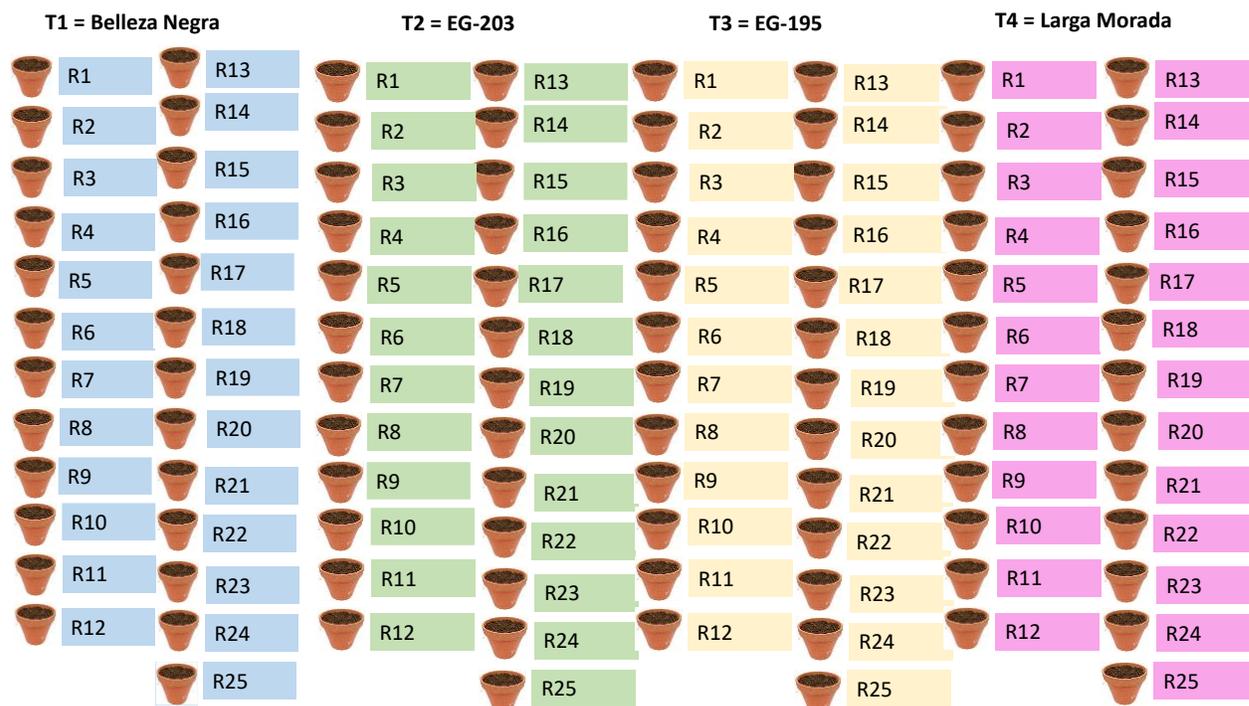
Anexo 9. Hoja de muestreo para registro de datos de incidencia y severidad

Tratamientos	Replicas	incidencia										severidad									
		Evaluaciones										Evaluaciones									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T1	R1																				
	R2																				
	R3																				
	R4																				
	R5																				
	R6																				
	R7																				
	R8																				
	R9																				
	R10																				
	R11																				
	R12																				
	R13																				
	R14																				
	R15																				
	R16																				
	R17																				
	R18																				
	R19																				
	R20																				

Anexo 10. Grados de severidad presentados durante el desarrollo del estudio, Kempe y Sequeira (1983).



Anexo 11. Plano de campo



T1: Belleza Negra inoculada
T3: EG-195 inoculada

T2:EG.203 inoculada
T4: Morada larga inoculada (Testigo)

Anexo 12. Porcentaje de emergencia de plántulas de los genotipos en estudio

Variedades	Porcentaje de germinación
EG-195	100
EG-203	100
Belleza Negra	100
Morada Larga	100

Anexo.13. Inoculación de la bacteria (*Ralstonia Solanacearum*). En los cuatros genotipos de berenjena en el invernadero.



Anexo14. Levantamiento de datos

