

# Tolerancia de cultivares de berenjena (*Solanum melongena* L.) a *Ralstonia solanacearum* en condiciones de invernadero

*Eggplant cultivar tolerance to Ralstonia solanacearum under greenhouse conditions*

Jorge Gómez Martínez<sup>1</sup>  
Isaías Sánchez Gómez<sup>2</sup>  
Virginia Lezama Miranda<sup>3</sup>  
Marilena Gutiérrez Rivas<sup>4</sup>

## Resumen

La marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum*, es una de las enfermedades más devastadoras que afecta cultivos como berenjena, papa, tomate y tabaco. El estudio se realizó en el invernadero del Departamento de Protección Agrícola y Forestal de la Universidad Nacional Agraria (UNA) entre abril y julio del 2020 con el objetivo de evaluar la tolerancia de cultivares 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 (DCA), unifactorial, con cuatro tratamientos y 20 repeticiones, se muestreó un total de 80 plantas en cada unidad experimental. Las variables de incidencia, severidad y avance de la enfermedad mostraron diferencias significativas, siendo los cultivares EG-195 y Morada Larga los más afectados por la bacteria, en comparación a los cultivares Belleza Negra y EG-203.

**Palabras clave:** marchitez bacteriana, incidencia, severidad, área bajo la curva, invernadero

## Abstract

Bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* is one of the most devastating diseases affecting crops such as eggplant, potato, tomato and tobacco. The study was carried out in the greenhouse of the Department of Agricultural and Forest Protection of the National Agrarian University (UNA) between April and July

<sup>1</sup> MSc agroecología, docente investigador, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Correo: [jorge.gomez@ci.una.edu.ni](mailto:jorge.gomez@ci.una.edu.ni), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4157-4874>

Master in Agroecology. Research Professor by the National Agrarian University, Nicaragua. Email: [jorge.gomez@ci.una.edu.ni](mailto:jorge.gomez@ci.una.edu.ni), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4157-4874>

<sup>2</sup> MSc. Sanidad Vegetal, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Correo: [isanchez@ci.una.edu.ni](mailto:isanchez@ci.una.edu.ni), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6604-1660>  
Master in degree Plant Health. National Agrarian University, Nicaragua. Email: [isanchez@ci.una.edu.ni](mailto:isanchez@ci.una.edu.ni), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6604-1660>

<sup>3</sup> Ing. agrónomo, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Correo: [virginialezama29@gmail.com](mailto:virginialezama29@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6098-8418>  
Agronomist Engineer, National Agrarian University, Nicaragua. Email: [virginialezama29@gmail.com](mailto:virginialezama29@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6098-8418>

<sup>4</sup> Ing. agrónomo, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Correo: [marilena.gutierrez@ci.una.edu.ni](mailto:marilena.gutierrez@ci.una.edu.ni), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2388-7014>  
Agronomist Engineer, National Agrarian University, Nicaragua. Email: [marilena.gutierrez@ci.una.edu.ni](mailto:marilena.gutierrez@ci.una.edu.ni), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2388-7014>

Recibido: 18/01/2023 - Aprobado: 17/05/2023

2020 with the aim of evaluating the tolerance of eggplant cultivars (*Solanum melongena* L.) to bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* under greenhouse conditions. It was established in a complete randomized design (DCA), unifactorial, with four treatments and 20 repetitions, a total of 80 plants were sampled in each experimental unit. The variables of incidence, severity and progress of the disease showed significant differences, with cultivars EG-195 and Morada Larga being the most affected by the bacteria, compared to cultivars Belleza Negra and EG-203.

**Keywords:** Bacterial wilt, incidence, severity, area under the curve, greenhouse

## I- Introducción

La berenjena (*Solanum melongena* L.) pertenece a la familia de las Solanáceas y según Gutiérrez *et al.* (2005), existen multitud de géneros y especies de este cultivo y solo algunas pocas son comestibles; también indican que a nivel mundial este cultivo ocupa el quinto lugar más importante en términos económicos después de la papa, el tomate, chiltoma y el tabaco.

Además de la especie melongena, también existen las especies *aethiopicum* y *macrocarpon*. Según Linares (2012, como se cita en Díaz, 2015) “La producción mundial de berenjena es de 34 millones de toneladas siendo China e India los que producen el 80% de la producción” (p. 54).

Las plantas de la familia de las solanáceas tienen un período de crecimiento relativamente largo, por lo que está más expuesta a plagas y enfermedades. Las enfermedades más comunes incluyen: marchitamientos producidos 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).

Como establecen Sánchez *et al.* (2008) “La marchitez bacteriana de las solanáceas causada por *Ralstonia solanacearum*, es una de las enfermedades con daño más devastadora en cultivos de importancia económica como el tomate, papa, chile, chiltoma y tabaco” (p.32).

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 y muerte repentina” (Perea *et al.*, 2011, p.32).

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 (Swarnam y Velmurugan, 2013).

Medina (2020) menciona que:

Variedad de berenjena 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 (AVRDC) en Taiwán han determinado que el uso de cultivares de berenjena como porta injertos reduce significativamente la incidencia de este patógeno. (p.60)

En Nicaragua no existe información referente al uso de cultivares de berenjena tolerantes a patógenos radiculares. Por consiguiente, la presente investigación se realizó con el propósito de evaluar la tolerancia de genotipos de berenjena (*Solanum melongena* L.) ante la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* en condiciones de invernadero, los cultivares más prominentes podrán utilizarse como porta-injertos en futuras investigaciones y por consiguiente como una estrategia de manejo en los sistemas de cultivos hortícolas nicaragüenses.

## II- Revisión de literatura

### Generalidades del cultivo

Es originaria de las zonas tropicales y subtropicales asiáticas. 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” (Meyer *et al.*, 2012, p.32).

Knapp *et al.* (2013) demostraron que “Dentro del nuevo complejo berenjena existen 5 especies diferentes, entre ellas *S. melongena*, *S. incanum* o *S. insanum*, *S. campylacantum* y *S. lichtensteinii* con potencial para ser usadas como porta injertos” (p.15).

### Importancia de *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 lo que provoca consecuencias en la producción sostenible y la seguridad alimentaria. (Ravelomanantsoa *et al.*, 2018, p. 45)

Safni *et al.* (2014) mencionan 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) aseguran que:

*Ralstonia solanacearum* es clasificada en 5 razas diferentes según el rango de hospedero y se divide en 6 biovares según las características fenotípica de los aislados. La División I comprende básicamente los biovares 3,4 y 5 los cuales son aislados pertenecientes a Asia y la división II comprende los biovares 1, 2 y N2 estos últimos aislados pertenecientes a las Américas. (p.20)

Las cepas del complejo *Ralstonia* tienen la capacidad de sobrevivir en nichos heterogéneos y plantas asintomáticas (Ravelomanantsoa *et al.*, 2018), por lo tanto, además de la versatilidad y diversidad de estas, la limitada resistencia de hospedante dificulta el manejo de este complejo. Actualmente, no existen prácticas de manejo efectivas contra esta bacteria, por lo tanto, debido a su impacto social y económico, el complejo *Ralstonia* ha sido ampliamente investigado para comprender aspectos de su biología y diseñar estrategias óptimas de manejo de este destructivo patógeno (Mansfield *et al.*, 2012).

## III- Materiales y métodos

### 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 consistió en la inoculación de plantas de berenjena en el invernadero del departamento de protección agrícola y forestal de la Facultad de Agronomía, perteneciente a la Universidad Nacional Agraria, 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.

### Descripción del material genético

Se evaluaron cuatro cultivares de berenjena, EG -195 y EG-203 procedentes del Centro de Investigación y Desarrollo de Vegetales de Asia (AVRDC) y dos variedades comerciales (Belleza negra y berenjena morada).

Los cultivares EG-195 y EG-203 fueron desarrollados por la empresa TAKII SEED de Kyoto, Japón, como porta injertos ya que poseen las características para este propósito y presentan tolerancia a patógenos tales como *Fusarium*, *R. solanacearum*, nematodos y también ha mostrado un excelente comportamiento en suelos con exceso de humedad. (Chen *et al.*, 2015, p. 31)

En un estudio realizado por Medina (2020) determinó que: “El cultivar Belleza Negra posee tolerancia a marchitez bacteriana causada por *R. solanacearum*” (p. 12).

“El cultivar morada larga posee alta producción tanto en invernadero como en campo abierto, adaptable a altas temperaturas. Las características organolépticas son óptimas gracias a su pulpa blanca, poco esponjosa y dulce de origen español” (Zip Mec, 2013, p.56).

### **Establecimiento de semillero en bandejas**

La siembra de los cultivares se realizó en bandeja de polietileno de 162 orificios y se utilizó suelo como sustrato debidamente esterilizado en autoclave a 121 °C durante 15 minutos, a los 30 días de la germinación se trasplantaron a las maceteras para su debido manejo agronómico.

### **Manejo del riego**

Se aplicó el riego por microaspersión aplicando 1.1 litros por minuto, se realizaron tres riegos al día proporcionando aproximadamente entre 3.3 litros de agua en cada ciclo de riego. Se aumentó la cantidad de agua a medida que la planta fue desarrollando.

### **Descripción de los tratamientos evaluados**

Los tratamientos estuvieron constituidos por cuatro cultivares (EG-195 y EG-203, Belleza negra y variedad Morada larga) esta última variedad se consideró como tratamiento testigo (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Descripción de los tratamientos**

Tratamiento	Genotipos	Origen
1	EG-195	AVRDC-Taiwán
2	EG-203	AVRDC-Taiwán
3	Belleza negra	EDENA Sedds – USA
4	Larga morada	España

Fuente: elaboración propia.

### **Establecimiento del ensayo en invernadero**

El ensayo se estableció en un diseño completo al azar en (DCA) unifactorial, con cuatro tratamientos y 20 repeticiones para un total de 80 plantas en cada unidad experimental, se utilizaron 20 plantas como testigo las cuales se le adicionaron cinco ml de agua destilada.

El trasplante se realizó a los 30 días después de la siembra (dds) en maceteras de 600 mililitros (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 18-46-00 previamente diluida en dosis de 136.36 gramos 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 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.

## Preparación del inóculo e inoculación de *Ralstonia solanacearum* en cultivares de berenjena

La bacteria *Ralstonia solanacearum*, biovar 3, raza 1 fue facilitada por el laboratorio de microbiología vegetal de la UNA.

Hernández y Bustamante (2001) establecen que: 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 MacFarlan ( $1 \times 10^8$  UFC/ml), se verificó mediante un espectrofotómetro con el objetivo de que la densidad óptica a 550-660 nm sea de 0.7-1.0.

La inoculación de las plantas se realizó a los 30 días después de la siembra (dds), se inocularon 80 plantas a las que se les depositó 1 ml de la suspensión bacteriana por planta, cuando tenían 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 (Hernández y Bustamante, 2001).

Se empleó la técnica de inoculación por vaciado al suelo empleada por French y Hebert (1980) que consiste en adicionar la bacteria directamente en la zona aledaña a las raíces y el suelo (Rizosfera) en los genotipos evaluados.

Posteriormente se observó y evaluó 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.

## VARIABLES EVALUADAS

### Incidencia de la marchitez bacteriana

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 siembra (dds) y se seleccionaron 20 plantas por tratamiento, el cálculo de incidencia se realizó haciendo uso de la fórmula propuesta por Castaño (1989).

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

### Evaluación de la severidad de la marchitez bacteriana

Se calculó el área de tejido afectado por la bacteria a los 3, 6, 10, 27 y 31 días después de la siembra (dds) mediante la fórmula propuesta Castaño (1989).

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

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

**Cuadro 2. Escala de severidad de la enfermedad ocasionada por *Ralstonia Solanacearum***

Valor de la escala	Descripción de marchitez bacteriana
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).

Fuente: Kempe y Sequeira (1983).

### 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.

#### 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 análisis de varianza (ANDEVA), los resultados que presentaron diferencia estadística significativas se les realizó separaciones de media de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de confiabilidad.

Para la incidencia se transformó al  $\arccoseno \sqrt{\frac{y(\%)}{100}}$  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.

## IV- Resultados y discusión

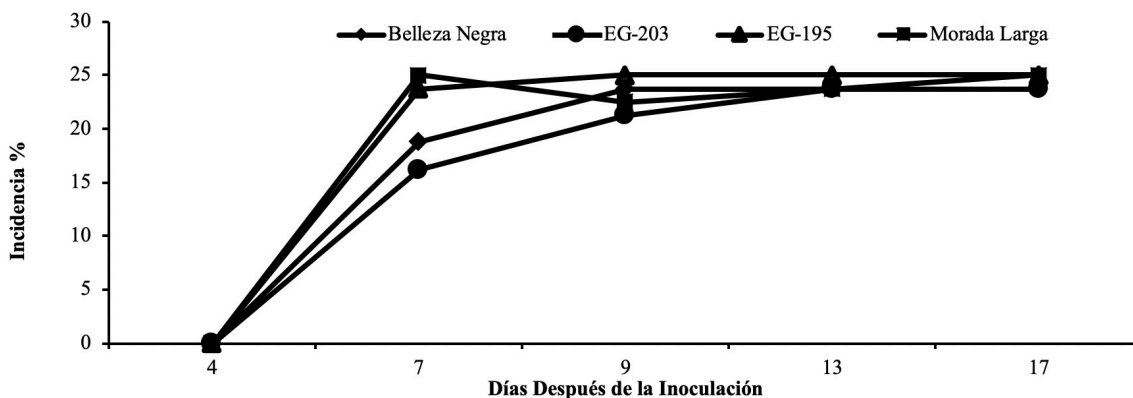
### Incidencia de marchitez bacteriana de *Ralstonia solanacearum*

El ANDEVA realizado con el 95 % de confiabilidad, indica que a los 7 días se registró la menor incidencia de la bacteria con un 20.94 %. Como se observa en la Figura 1, a los 4 días después de la inoculación (ddi)



no se observó incidencia de la bacteria, no obstante, a partir de los 7 ddi se observó los síntomas causados por la bacteria (*R. solanacearum*) siendo el cultivar EG 203 el que registró las menores incidencias durante el periodo de evaluación con 21.50 % y las mayores incidencias lo presentó el genotipo EG 195 con un 24.69 % de incidencia en las fechas de estudio.

**Figura 1. Comportamiento de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) a los 4, 7, 9, 13 y 17 ddi**

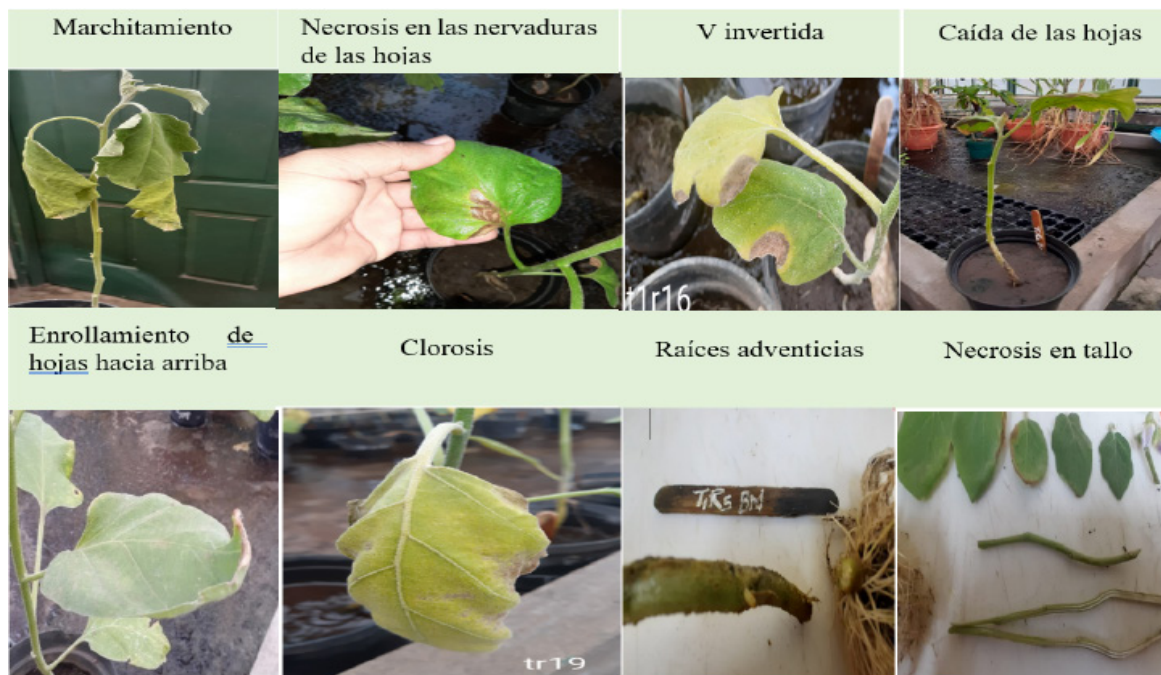


Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos en este estudio no coinciden con los reportados por Melgar *et al.* (2012), que mencionan que la marchitez en hortalizas se presenta entre los 2 a 3 días después de la infección cuando el genotipo es altamente susceptible.

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.* (2014), quienes también observaron síntomas de la V invertida (ver Figura 2).

**Figura 2. Sintomatología de la marchitez bacteriana (*Ralstonia Solanacearum*) en el estudio**

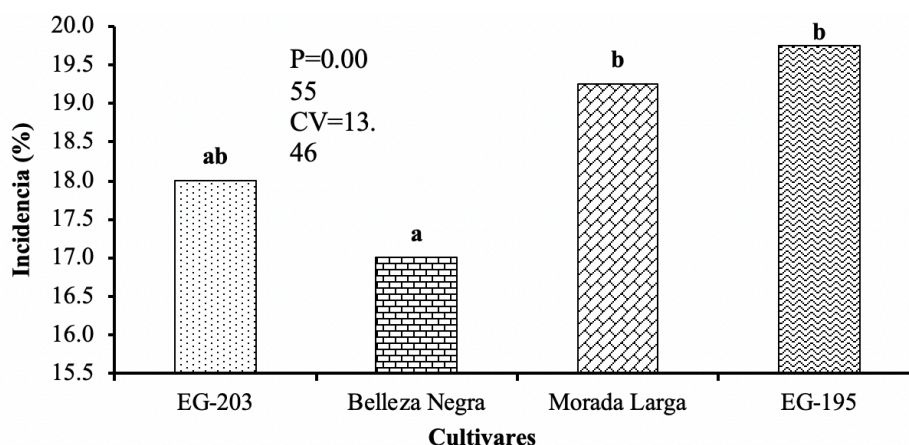


Fuente: elaboración propia.

### Incidencia de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) en los cultivares evaluados

El análisis de varianza reveló diferencia estadística ( $p < 0.0055$ ) y según la separación de medias por tukey ( $\alpha = 0.05$ ), se encontró diferencias significativas entre los cultivares. Las menores afectaciones se registraron en el genotipo EG-203 con una media de 17 %, en comparación a los cultivares, Belleza negra con 18 %, Morada Larga con 19.25 % y EG-195 con 19.75 %, este último genotipo resultó ser el más susceptible a la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia Solanacearum* (ver Figura 3).

**Figura 3. Porcentaje de incidencia de la marchitez bacteriana en los cuatro cultivares de berenjena, a los 4, 7, 9, 13 y 17 ddi**



Fuente: elaboración propia.

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

El cultivar 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, Rivera, Brown y Weller (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 o C) y alta humedad del suelo, en el periodo de este estudio en las primeras fechas de muestreo se presentaron temperaturas entre 34 a 39 °C esto aportó a una disminución de la humedad relativa las cuales oscilaron entre 31 y 80 % y por ende favorece al desarrollo de la bacteria (*Ralstonia solanacearum*). (p. 40)

En un estudio realizado por Lin *et al.* (1998) determinaron que: “El uso del cultivar EG203 como portainjerto redujo significativamente la incidencia de *R. solanacearum* en el cultivo de tomate” (p. 25). En el presente estudio también se determinó que el cultivar EG203 registró los menores porcentajes de incidencia de daños.

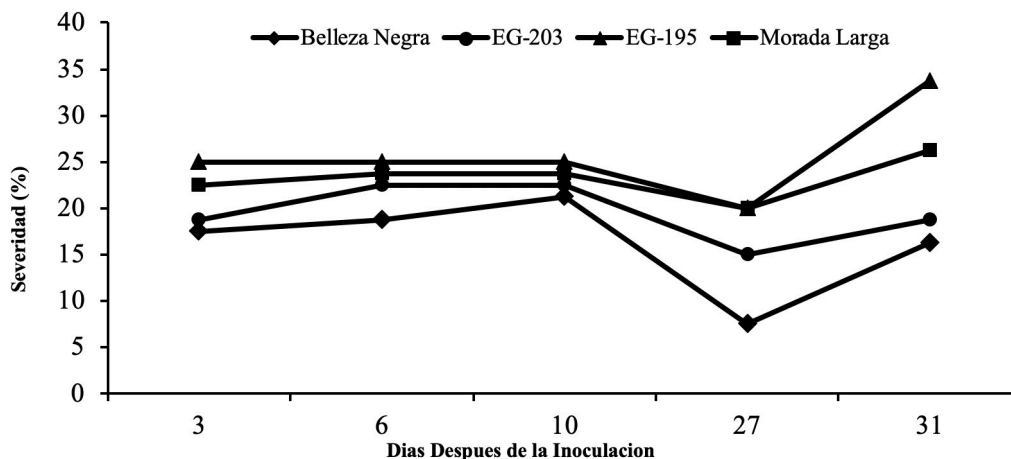
### Severidad de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) después de la inoculación (ddi)

El análisis estadístico reveló que existe altamente significativo ( $p < 0.0001$ ) entre los genotipos evaluados con la bacteria *Ralstonia Solanacearum*. Según la separación de medias por tukey ( $\alpha = 0.05$ ), mostró diferencias significativas entre los días después de la inoculación, siendo a los 27 días donde registró la menor



severidad; la Figura 4 también muestra que el genotipo Belleza negra presentó la menor severidad en los diferentes días después de la inoculación con porcentajes de 7.5 a 21.5 %, seguido por el cultivar EG-203 con 15 a 22.50 %, el cultivar con mayor severidad fue EG-195 con porcentajes de 20 a 26.25 %.

**Figura 4. Comportamiento de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) a los 3, 6, 10, 27 y 31 ddi**



Fuente: elaboración propia.

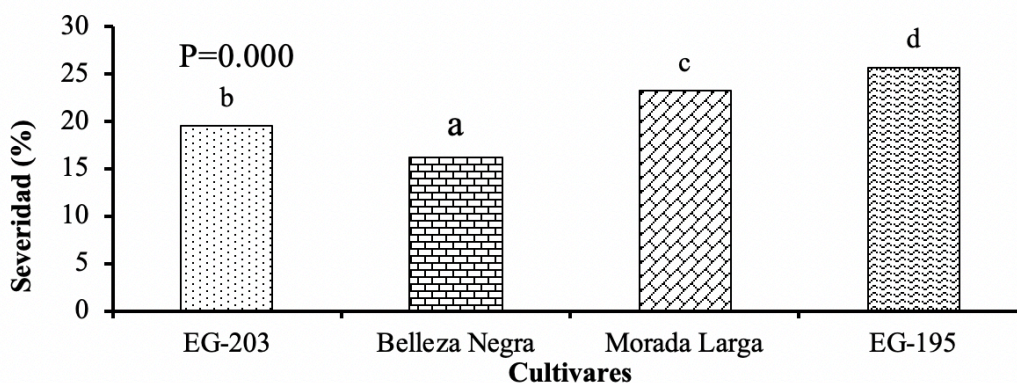
#### Severidad de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) en los cultivares de berenjena

En la Figura 5, 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 cultivares. El cultivar Belleza negra presentó la menor severidad con un 16.25 %, seguido de EG-203 con 19.50 %, y con mayor severidad EG-195 con 25.75 % y Morada Larga con 23.25 %.

“En Taiwán los cultivares 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 cultivar EG-195 fue el que registró la mayor severidad o daño en los tejidos de las plantas.

**Figura 5. Porcentaje de severidad de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) en cultivares de berenjena**



Fuente: elaboración propia.

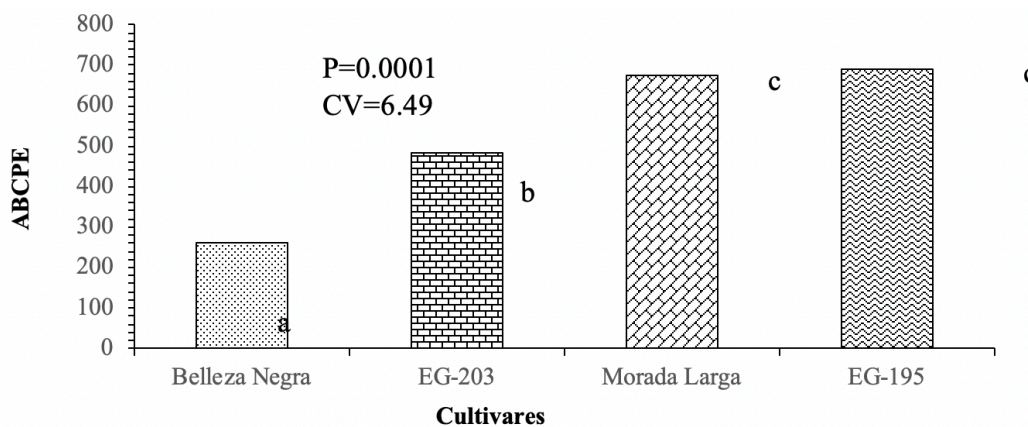
Los cultivares inoculados con la bacteria *Ralstonia solanacearum* presentaron los porcentajes mínimos de daño con respecto a la escala propuesta por Kempe y Sequeira (1983). Este comportamiento se atribuye a la morfología de estos cultivares debido a que desarrollan un sistema radicular vigoroso, extenso, tallos leñosos y bien ramificados, lo que los hace más tolerantes.

#### Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) en cuatro cultivares de berenjena

Según el ABCPE realizado para marchitez bacteriana, la menor área bajo la curva se presentó en el cultivar Belleza Negra con 261%. En cambio, la mayor área bajo la curva se registró en el cultivar EG-195 con 691.25%, esto se debió a que en este cultivar los porcentajes fueron mayores (Figura 6). 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 cultivares.

En general, los valores promedios más altos del área bajo la curva fueron encontrados en el cultivar 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 6.** Área bajo la curva de progreso de *Ralstonia solanacearum*, de cuatro cultivares de berenjena



Fuente: elaboración propia.

## V- Conclusiones

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

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

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

## VI- Lista de referencias

- Black, D.L., Wu, J.F., Wang, T., Kalb, D. Abbass, and J.H. Chen. (2003). *Grafting Tomatoes for Production in the Hot-Wet Season*. International Cooperators' Guide. <https://bpb-us-w2.wpmucdn.com/u.osu.edu/dist/9/24091/files/2015/11/avrdc-grafting-tomatoes-hot-wet-season-2003-vya9sv.pdf>
- Castaño, J. (1989). *Estandarización de la estimación de daños causados por hongos, bacterias y nematodos en frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Universidad de Caldas.
- 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 (2), 44-56. <https://scialert.net/fulltext/?doi=ijpbg.2015.44.56#t2>
- Díaz, D. (2015). *Rendimiento de berenjena injertada en función de la densidad de siembra; La blanca, San Marcos* [Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar]. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/17/Diaz-Diego.pdf>
- French, E., y Hebert, T. (1980). *Métodos de investigación fitopatológica*. (Matilde de la Cruz, Ed.). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- Gutarra, L., Kreuze, J., Lindqvist-Kreuzer, H., and De Mendiburu, F. (2014). Variation of resistance to different strains of *Ralstonia solanacearum* in highland tropics adapted potato genotypes. *American Journal of Potato Research*, 92, 258-265. <https://doi.org/10.1007/s12230-014-9426-4>
- 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. <https://docplayer.es/32477773-El-cultivo-de-la-berenjena-en-aragon-estudio-de-variedades-con-destino-industrial.html>
- 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*, 62, 18-28.
- Kempe, J., y Sequeira, L. (1983). Biological control of bacterial wilt of potatoes: Attempts to induce resistance by treating tubers with bacteria. *Plant*, 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 (2), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057039>
- Lin, C-H., Wu, D.L., Imai, H., y Wang, J-F. (1998). Grafting with resistant tomato and eggplant rootstocks to control tomato bacterial wilt. *Plant Pathol Bulletin*, 7, 216-217.
- 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*. [www.fhia.org.hn/downloads/proteccion\\_veg\\_pdfs/manual\\_marchitez.pdf](http://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 [Tesis]. Universidad Nacional Agraria.
- Perea, J., García, R., Allende, R., Carrillo, J., León, J., Valdez, B., y López, F. (2011). Identificación de Razas y Biovares de Ralstonia. *Revista mexicana de fitopatología*, 29(2), 98-108. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=So185-33092011000200002](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So185-33092011000200002)
- Prior, P., y Fegan, M., (2005). *How complex is the 'Ralstonia Solanacearum*. French National Institute for Agriculture, Food, and Environment (INRAE).
- Quinn, G. P., & Keough, M. J. (2009). *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press.
- 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*. *Frontier in Plant Science*.
- Rotino, G., Perri, E., y Zottini, M. (1997). Genetic engineering of parthenocarpic plants. *Nat Biotechnol* 15, 1398–1401. <https://www.nature.com/articles/s41598-019-55400-7>
- Sánchez, A.P., Mejía, L., Fegan, M., y Allen, C. (2008). Diversity and distribution of Ralstonia solanacearum strains in Guatemala and rare occurrence of tomato fruit infection. *Plant Pathology*, 57, 320-331.
- Safni, I., Cleenwerck, I., De Vos, P., Fegan, M., Sly, L., y Kappler, U. (2014). Polyphasic taxonomic revision of the Ralstonia solanacearum species complex. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, volumen 64. [https://www.microbiologyresearch.org/docserver/fulltext/ijsem/64/9/3087\\_ijso66712.pdf?expires=1599793179&id=id&accname=guest&checksum=95Ao49BCCD979E7E41F5C76E8BD30C80](https://www.microbiologyresearch.org/docserver/fulltext/ijsem/64/9/3087_ijso66712.pdf?expires=1599793179&id=id&accname=guest&checksum=95Ao49BCCD979E7E41F5C76E8BD30C80)
- Shaner, G., & Finney, R. (1977). The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. *Phytopathology*, 67, 1051-1056.
- Swarnam, T.P., y Velmurugan, A. (2013). Pesticide residues in vegetable samples from the Andaman Islands, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 6119-6127.
- Zip Mec. (2013). *Las variedades de Berenjenas*. <https://www.zipmec.com/es/las-variedades-de-berenjenas.html>