



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

**Tolerancia de seis cultivares de tomate
(*Solanum spp*) a *Ralstonia solanacearum* [Smith
(1896) Yabuuchi *et al.*, 1996], en el Centro
Experimental El Plantel, Masaya, 2020**

Autores

**Br. Brayan Josué López Figueroa
Br. Winson Alfredo Matey Trochez**

Asesores

**MSc. Jorge Antonio Gómez Martínez
Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz**

**Managua, Nicaragua
Abril, 2022**



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

**Tolerancia de seis cultivares de tomate
(*Solanum spp*) a *Ralstonia solanacearum* [Smith
(1896) Yabuuchi *et al.*, 1996], en el Centro
Experimental El Plantel, Masaya, 2020**

Autores

**Br. Brayan Josué López Figueroa
Br. Winson Alfredo Matey Trochez**

Asesores

**MSc. Jorge Antonio Gómez Martínez
Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz**

Presentado a la consideración del Honorable Comité
Evaluador como requisito final para optar al grado de
Ingeniero Agrónomo

**Managua, Nicaragua
Abril, 2022**

Hoja de aprobación del Comité Evaluador

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

Ingeniero Agrónomo

Miembros del Comité Evaluador

MSc. Isaías Sánchez Gómez
Presidente

MSc. Markelin Rodríguez Z
Secretario

MSc. Juan Carlos Morán Centeno
Vocal

Lugar y Fecha: Managua, Nicaragua, 20 de abril 2022

DEDICATORIA

A **DIOS padre**, por haberme permitido llegar hasta este momento importante en mi formación profesional, a **mi madre María Guadalupe Figueroa Cabrera** y a **mi padre Marlon Raúl López Herrera**, a **mi abuelita Rosa Marina que está en el cielo celebrando mi triunfo**, gracias por ser mí más hermoso ejemplo de amor, humildad y sencillez porque me enseñó todos los días que en la vida no hay sueño que no pueda cumplir con esfuerzo y dedicación. Te dedico este triunfo madre, sí se pudo, también se lo dedico a mis amigos **Anderson Guzmán, José Montalván, Froylan, Olga, Alfredo**, a **mi tío Ing. Jeffry Sadin** por todo su apoyo en mi formación como profesional.

Brayan Josué López Figueroa

DEDICATORIA

A **Dios** por haberme permitido culminar con éxitos una de mis más grandes metas planteadas en la vida, siendo de aquí para adelante un profesional, a mis padres **Luis Matey y Jesenia Trochez** por ser mis ejemplos motores y motivadores a mis hermanas **Dania y Nuria Trochez** y a mis amigos que estuvieron ahí durante el proceso educativo, **Froylan, Brayán, Olga, Jahoska, Kelly.**

Winson Alfredo Matey Trochez

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 **mis asesores MSc. Jorge Gómez Martínez y el Dr. Jorge Ulises Blandón Diaz** por depositar su confianza y colaborar en la elaboración de este documento que me permitió llegar a la etapa final de mi formación académica.

A **mi madre María Guadalupe Figueroa**, Gracias por tus oraciones que día a día le pides a Dios por mí, gracias porque de ti aprendí a dar sin esperar nada a cambio y sobre todo inculcarme lo que es el amor a la familia y el respeto a los demás.

A **mi padre Marlon Raúl López Herrera**, por creer en mi capacidad de salir adelante y darme todo su apoyo en estos años de mi formación profesional.

A **mi gran abuela Rosa Marina Cabrera**, que estas en el cielo y desde allá estará viendo mi logro, gracias por todo el apoyo y los excelentes consejos, porque gracias a eso cambio mi vida.

A mi colega de tesis **Winson Matey** por compartir momentos de alegría y otros no muy alegres durante el proceso educativo y etapa de tesis.

A mis amigos que de una u otra manera estaban ahí animándome a seguir adelante y creciendo.

Brayan Josué López Figueroa

AGRADECIMIENTO

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

A MSc. Jorge Gómez Martínez por su confianza y dedicación de su tiempo para el desarrollo de la investigación al Doctor Jorge Ulises Blandón Díaz por su incondicional apoyo en el desarrollo de esta investigación.

A **Universidad Nacional Agraria** por permitirme mi desarrollo intelectual durante el proceso educativo 2016-2020.

A mi madre **Jesenia Trochez** por sus innumerables oraciones a Dios para culminar mis estudios con éxitos.

A mi padre **Luis Matey** por ser uno de los motores principales en motivación dedicación, consejos fe y esperanza, por estar ayudándome moralmente cuando más lo necesitaba.

A mis hermanas que siempre creyeron en mi motivándome a ser mejor cada día (**Dania y Nuria Trochez**)

A mis amigos que de una u otra manera estaban ahí animándome a seguir adelante y creciendo en todas las áreas de la vida. a mis compañeros de carrera por haber compartido parte de su tiempo en apoyo mutuo, alegrías y logros de la vida.

A mis abuelos que de forma incondicional estuvieron presentes dándome consejos y animándome siempre.

A mi colega de tesis **Brayan López** por compartir momentos de alegría y otros no muy alegres durante el proceso educativo y etapa de tesis

A mi amigo **ing. Froylan Dávila** por ser uno de mis colegas más cercanos que siempre estuvo dispuesto a apoyarme.

A mi amiga **Kelly** por ser una de mis motivadoras principales, por creer en mis capacidades incluso de las que dudé que tenía.

Cuan grande es tu bondad, que atesoras para los que te temen, y que a la vista de la gente derramas sobre los que en ti se refugian. Salmo 31:19

Winson Alfredo Matey Trochez

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. Importancia del uso de patrones	4
3.2. Origen y taxonomía	4
3.3. Producción e importancia nutricional	5
3.4. Descripción del material genético	6
3.5. Descripción del patógeno <i>Ralstonia solanacearum</i>	7
3.6. Síntomas de <i>Ralstonia solanacearum</i>	8
3.7. Epidemiología de <i>R. solanacearum</i>	8
3.8. Manejo de <i>Ralstonia solanacearum</i>	9
IV MATERIALES Y MÉTODOS	11
4.1. Ubicación del estudio	11
4.2. Diseño metodológico	11

4.3. Descripción de los tratamientos	12
4.4. Manejo del semillero	12
4.5. Trasplante en campo	12
4.6. Registro de la incidencia y severidad en campo	13
4.6.1. Incidencia	13
4.6.2. Severidad	13
4.7. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad	14
4.8. Análisis de los datos	14
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
5.1. Comportamiento de la marchitez bacteriana	16
5.1.1. Incidencia de marchitez bacteriana	16
5.1.2. Severidad de marchitez bacteriana	19
5.1.3. Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE)	22
VI CONCLUSIONES	24
VII RECOMENDACIONES	25
VIII LITERATURA CITADA	26
IX ANEXOS	32

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Descripción y origen de los cultivares en estudio	12
2	Medias y significancia estadística de incidencia de marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>) entre los cultivares y los días después de trasplante, Managua 2020	18
3	Medias y significancia estadística de la severidad de marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>) entre los cultivares de tomate y los días después del trasplante Managua 2020	22
4	Medias y significancia estadística de ABCPE de marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>) entre los genotipos de tomate, Managua 2020	23

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Ubicación del área de estudio Managua 2020.	11
2	Escala de severidad de marchitez bacteriana: se estimó mediante la escala desarrollada por Kempe y Sequeira (1983).	14
3	Curvas de progreso de la enfermedad de marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>).	17
4	Porcentaje de incidencia de la marchitez bacteriana en seis cultivares de tomate, finca el plantel, Managua 2020.	19
5	Curvas de progreso de la severidad de marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>).	20
6	Porcentaje de la severidad de la marchitez bacteriana en seis cultivares de tomate, Managua 2020.	21
7	Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABDPE) de la severidad de <i>Ralstonia solanacearum</i> , de seis cultivares, Managua 2020.	23

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Condiciones climáticas registradas en la zona de estudio (Estación meteorológica-Finca el plantel)	32
2	Comparación de los valores medios de la incidencia de <i>Ralstonia solanacearum</i> en los DDT	32
3	Valores medios de incidencia en los cultivares, días después de trasplante y en la interacción tratamiento-DDT de <i>Ralstonia solanacearum</i>	33
4	Comparación de los valores medios de incidencia, del área bajo la curva de progreso de la enfermedad en cultivares de tomate	33
5	Valores medios de severidad en los genotipos, días después de trasplante y en la interacción tratamiento-DDT de <i>Ralstonia solanacearum</i>	34
6	Plano de campo 6 genotipos de tomate en estudio	35
7	Hoja de evaluación para identificar momento de afectación de <i>Ralstonia Solanacearum</i>	36

RESUMEN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es miembro del género *Solanum* dentro de la familia Solanaceae y es una de las hortalizas más consumidas y cultivadas en todo el mundo. El cultivo de tomate es afectado por la bacteria *Ralstonia solanacearum*, agente causal de la marchitez bacteriana, la cual en Nicaragua es una de las principales causas de disminución en los rendimientos. Aunque el uso de productos químicos es la alternativa más utilizada para el control de la enfermedad, el uso de variedades tolerantes es el método más efectivo y práctico para manejarla. Por consiguiente, el presente estudio se emprendió con el objetivo de generar información sobre la tolerancia de cultivares de tomate (*Solanum spp*) a la marchitez bacteriana. Se estableció un experimento en diseño de bloques completos al azar (BCA), con seis tratamientos (cultivares de tomate) y cuatro repeticiones. El semillero se estableció en casa malla, el trasplante se realizó a los 22 días después de la germinación, se suministró agua mediante riego por goteo y las demás labores fueron de manera convencional. Las variables evaluadas fueron incidencia, severidad y área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE). El análisis de varianza (ANDEVA) detectó diferencias significativas ($p = 0.0059$) en la incidencia en los genotipos. El cultivar BB fue el más susceptible (15%) y el menos susceptible fue Sakata (5%). Con respecto a la severidad, el ANDEVA indicó con una $p = 0.01$, que el genotipo Silvestre (*S. cheesmaniae*) fue el más tolerante con 0.6% y el menos tolerante fue Armada con un 8.6% de severidad. En relación con el ABCPE, el valor más alto correspondió a Armada con 524 %-días y el valor más bajo al genotipo Silvestre con 36 %-días. El cultivar Silvestre presentó la más alta tolerancia a marchitez bacteriana en condiciones de campo.

Palabras clave: marchitez bacteriana, intensidad de enfermedad, ABCPE, cultivo de solanáceas

ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is a member of the *Solanum* genus within the Solanaceae family and is one of the most consumed and cultivated vegetables in the world. Tomato cultivation is affected by the bacterium *Ralstonia solanacearum*, the causal agent of bacterial wilt, which in Nicaragua is one of the main causes of decreased yields. Although the use of chemical products is the most widely used alternative to disease control, the use of tolerant varieties is the most effective and practical method to manage it. Therefore, the present study was undertaken with the aim of generating information on the tolerance of tomato cultivars (*Solanum spp*) to bacterial wilt. An experiment was established in a randomized complete block design (RCB), with six treatments (tomato cultivars) and four replications. The seedbed was established in a net house, the transplant was carried out 22 days after germination, water was supplied by drip irrigation and the other tasks were conventional. The variables evaluated were incidence, severity, and area under the disease progress curve (AUDPC). The analysis of variance (ANOVA) detected significant differences ($p = 0.0059$) in the incidence in the genotypes. The BB cultivar was the most susceptible (15%) and the least susceptible was Sakata (5%). Regarding severity, the ANOVA indicated with a $p = 0.01$, that the Silvestre genotype (*S. cheesmaniae*) was the most tolerant with 0.6% and the least tolerant was Armada with 8.6% severity. Regarding AUDPC, the highest value corresponded to Armada with 524 %-days and the lowest value to the Silvestre genotype with 36 %-days. The Silvestre cultivar presented the highest tolerance to bacterial wilt under field conditions.

Keywords: bacterial wilt, disease intensity, AUPDC, solanaceous crops

I. INTRODUCCIÓN

Kaloo, (1991), aseguró que:

la domesticación del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se extiende por la costa oeste de América del Sur, sin embargo, no hay evidencias de que en la época precolombina los indios suramericanos conociesen la existencia del tomate. En la región Andina no existió un nombre para el tomate, tampoco formaba parte de su cultura y no se han encontrado restos arqueológicos del mismo, la domesticación tuvo lugar en México donde los tomates silvestres sí son conocidos, aunque sólo se encuentran plantas silvestres en el sur. Los indios mexicanos sí le dieron un nombre al tomate en la lengua Nahuatl (azteca), le llamaron 'jitomate' este se introdujo en Europa por primera vez a mediados del siglo XVI (p. 19).

Rick, (1978), expresó:

las primeras variedades de tomate debieron ser de color amarillo ya que en Europa se le denominaba pomodoro o pomme d'or y todavía se le denomina así en Italia, su aceptación fue lenta, ya que el tomate pertenece a la familia de la belladona y se pensaba que podía ser venenoso, la toxicidad de la belladona, perteneciente a la familia de las Solanáceas, está producida por alcaloides el alcaloide predominante en el tomate es la tomatina, que se encuentra en elevada concentración en el follaje y en el fruto verde y que se degrada a componentes inertes al madurar el fruto, pero incluso a grandes dosis es mucho menos peligroso que los alcaloides de la hierba mora, la belladona y otras especies (p. 25).

Según MAGFOR, (2007), afirmó que:

el tomate se cultiva en Nicaragua desde los años 1940, iniciándose en el municipio de Tisma, departamento de Masaya, posteriormente fue distribuido al resto del país, el tomate en Nicaragua ocupa uno de los primeros lugares en consumo y comercialización entre las hortalizas; los rendimientos varían en un rango de 12 a 18 t ha⁻¹, cultivándose anualmente de 2000 a 2500 ha (p. 37).

“El tomate es la hortaliza con mayor importancia económica en el mundo, con una superficie cultivada de casi 5 millones de hectáreas y una producción de 126 millones de toneladas en 2007. El principal continente productor es Asia con un 56.7% de la producción, seguido del continente europeo con un 16.24%” (FAOSTAT, 2009, p. 42).

Al referirse al vigor y resistencia de las variedades, se afirma que:

una de las variedades de la compañía SAKATA SEED es la línea “B.B.”, esta línea presenta buen vigor y resistencia a las mismas enfermedades que la línea ARMADA y a otras dos más, las cuales son *Fusarium radialis* y *Pyrenochaeta lycopersici*, estas dos líneas presentan similitud con respecto al comportamiento hacia los nematodos ya que tienen alta tolerancia y resistencia al género *Meloidogyne* sp, (Bumgarner y Kleinhenz, 2013, p. 29).

La marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum* E.F. Smith) es una de las enfermedades de gran importancia económica a nivel mundial en el cultivo del tomate. Según el Programa de Hortalizas CENTA (Centro de Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal), las pérdidas en rendimiento y calidad del cultivo de tomate son causadas en un 80% por bacterias y entre ellas el 60% se debe a *Ralstonia solanacearum*. En Nicaragua las afectaciones por marchitez bacteriana en el cultivo de tomate es una de las principales causas de disminución en los rendimientos.

En las zonas productoras de hortalizas de Nicaragua, el uso de productos químicos es la única alternativa para el manejo de la marchitez bacteriana es por esta razón que la presente investigación tiene como propósito determinar el comportamiento de cultivares de tomate *Solanum hirsutum* procedentes del centro de vegetales de Asia (AVDRC) de Taiwán ante *Ralstonia solanacearum* en condiciones de campo abierto, los cultivares más prominentes podrán utilizarse como porta-injertos y por consiguiente como una estrategia de manejo en los sistemas de cultivos hortícolas Nicaragüenses.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Generar información sobre la tolerancia de cultivares de tomate (*Solanum* spp) a la marchitez bacteriana, causada por la bacteria *Ralstonia solanacearum* en el Centro Experimental El Plantel.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar el comportamiento de la marchitez bacteriana en seis cultivares de tomate en condiciones de campo.
- Identificar el cultivar de tomate con tolerancia a la marchitez bacteriana en condiciones de campo.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Importancia del uso de patrones

El uso de portainjertos constituye actualmente una alternativa que podría sustituir el control químico para el combate de las enfermedades radiculares en el cultivo de tomate. En nuestro país existe un gran potencial de germoplasma silvestre que puede ser aprovechado como portainjertos para inducir resistencia a patógenos radiculares en las principales variedades comerciales que se encuentran registradas en el país.

3.2 Origen y taxonomía

El tomate se originó en la región andina que es hoy en día Chile, Bolivia, Ecuador, Colombia y Perú; sin embargo, el sitio original de domesticación no está claro. Se han expresado dos hipótesis para el sitio original de domesticación del tomate: una estipula Perú y la otra México. Sin embargo, se presume que México es probablemente el sitio de domesticación y que Perú es el centro de la diversidad (Larry y Joanne, 2007).

El tomate cultivado es miembro del género *Solanum* dentro de la familia Solanaceae, la cual incluye más de 3 000 especies que ocupan una amplia variedad de hábitats. La Familia Solanaceae, comúnmente conocida como la familia de las solanáceas (hierba mora), también incluye otras plantas cultivadas importantes, como el tabaco, pimiento, papa y berenjena. La clasificación del tomate ha sido objeto de mucha discusión y la diversidad del género ha llevado a reevaluar la taxonomía anterior. El tomate fue originalmente llamado *Solanum lycopersicum* por Linneo en 1753, mientras que Miller (1768) en su libro “The Gardener’s Dictionary” utilizó el nombre *Lycopersicon esculentum* Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD, 2017; Valdés y Gray, 1998). Durante mucho tiempo, el nombre binomial del tomate fue *Lycopersicon esculentum*, pero investigaciones recientes han demostrado que es parte del género *Solanum* y ahora se le conoce de nuevo en general como *Solanum lycopersicum* (Knapp, 2002; Knapp y Peralta, 2016; Peralta et al., 2008; Spooner et al., 2005, 2003;).

El género *Solanum* consta de aproximadamente 1 500 especies, anteriormente reconocido como el género *Lycopersicon* incluye al tomate cultivado (*Solanum lycopersicum*) y 12 parientes silvestres, todos nativos del oeste de Sudamérica. El tomate se deriva de dos especies ancestrales silvestres, *Solanum pimpinellifolium* y *Solanum cerasiforme*. Existen otras especies silvestres que son útiles para el fitomejoramiento, la obtención de resistencia a enfermedades, (Ranc et al., 2008). Las investigaciones recientes indican que, además de las especies *pimpinellifolium* y *cerasiforme*, existen las especies *S. galapagense* y *S. cheesmaniae* que se encuentran en las islas Galápagos (Menda et al., 2013).

3.3 Producción e importancia nutricional

El tomate está dentro del grupo de hortalizas más consumidas y cultivada en todo el mundo para uso local o como cultivo de exportación. En 2017 se cultivaron más de 182 millones de toneladas de tomates en todo el mundo. Esto significó que la producción fue casi un 30% más alta que diez años antes. Esta producción se ha obtenido de un área de aproximadamente cinco millones de hectáreas. En promedio, se cosechan 3.7 kilos por metro cuadrado de esa superficie. Los mayores productores son China e India, aunque el rendimiento en India es bajo y se sitúa por debajo de 2.5 kg por metro cuadrado. Esto contrasta fuertemente con los rendimientos que los productores logran en los Estados Unidos (9.03 kg m⁻²), España (8.62 kg m⁻²) y Marruecos (8.08 kg m⁻²). El rendimiento holandés se destaca por encima del resto del mundo, con un promedio de 50.7 kg m². En el año 2017, Nicaragua se situó en el puesto número 83 entre los países productores de tomate, cuando se obtuvo una producción de 71 577 toneladas (FAOSTAT, 2018).

El tomate se utiliza para el consumo fresco en ensaladas o se procesa en varias formas, como pasta, puré y jugos; es una fuente rica de vitaminas (A y C), minerales (hierro, fósforo), licopeno, betacaroteno. Los tomates, son una fruta y no una verdura, contienen muchos beneficios, entre los beneficios más conocidos está el alto contenido de licopeno. El licopeno es un antioxidante vital que ayuda en la lucha contra la formación de células cancerosas, así como otros tipos de complicaciones en la salud. Entre más intenso es el color rojo del fruto de tomate, mayor es el contenido de licopeno (Bhowmik et al., 2012).

3.4 Descripción del material genético

Materiales genéticos utilizados fueron 6 genotipos de tomates, 4 de ellos procedentes del Centro de Investigación y Desarrollo de Vegetales Asiáticos” (AVRDC), (ARMADA, B.B, SAKATA, HAWAI) estos cuatro pertenecen al género *Lycopersicum hirsutum* y un genotipo local silvestre, *Solanum cheesmaniae*) así como una variedad testigo (Peto 98) liberada por el instituto de tecnología agropecuaria INTA.

La empresa TAKII SEED ha desarrollado estos cuatro genotipos de tomate para ser utilizadas como patrones o porta injertos ya que traen las características deseadas para este propósito.

ARMADA: Este genotipo presenta tolerancia a enfermedades tales como *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae*, *Ralstonia solanacearum*, *Pseudomonas* sp, y también ha mostrado un excelente comportamiento ante el ataque de nematodos del género *Meloidogyne* sp (Bumgarner y Kleinhenz 2013, TAKII SEED, 2015).

B.B: Este genotipo además de presentar tolerancia a las mismas enfermedades y nematodos que ARMADA, también presenta tolerancia a *Fusarium radices* y *Pyrenochaeta lycopersici*, (Bumgarner y Kleinhenz, 2013).

SAKATA: Este genotipo presenta buen vigor y dentro de las características que sobresalen para su potencial como porta injerto es que posee resistencia a hongos como *fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici*, *Passalora fulva*, *Stemphylium solani*, *Verticillium dahliae*, al virus del mosaico del tomate (*Tomato mosaic virus*), Virus del rizado amarillo del tomate (*Tomato yellow leaf curl virus*) y al nematodo *Meloidogyne incognita* (SAKATA SEED, s.f.).

HAWAI: este genotipo es conocido como "piña hawaiana" es un tomate beefsteak americano con un contenido de ácido muy bajo y pocas semillas, procedente de agricultura ecológica. La carne es de color amarillo-naranja y es de sabor dulce. Las frutas pueden alcanzar hasta 500 g de peso y es muy adecuada para la siembra en invernadero (MAGIC GARDEN SEEDS, 2017).

Tomate gallina (Genotipo local): Esta especie es típica de las regiones andinas de América del Sur se ha adaptado al clima y a suelos áridos y es pariente silvestre del tomate doméstico (*solanum lycopersicum*) posee genes de resistencia contra la salinidad del suelo, enfermedades, sequías y temperaturas extremas.

Esta especie tiene una importancia particular porque si bien no produce frutos comestibles, no está domesticada y no se usa comercialmente, se utiliza como fuente de alelos por su alta resistencia a distintos tipos de estrés tanto bióticos como abióticos, (agriculturers, 2019).

Peto 98: Es una variedad susceptible (*R. solanacearum*) y susceptible a geminivirus, su fruto es de color rojo intenso, cuando no es afectada por geminivirus presenta una vida vigorosa para cultivarse en tutores (INTA, 2015).

3.5 Descripción del patógeno *Ralstonia solanacearum*

El grupo *Ralstonia* comprende tres especies y se clasifica en cuatro razas principales según su origen geográfico inicial (Safni et al., 2014): *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 (Jeong et al., 2007).

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). 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).

La familia *Ralstonia* tiene la capacidad de sobrevivir en nichos heterogéneos y plantas asintomáticas (Ravelomanantsoa et al., 2018; Wicker et al., 2012). Por lo tanto, limita la resistencia de los hospedante y 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 y duraderas de manejo de este destructivo patógeno de plantas.

3.6 Síntomas de *Ralstonia solanacearum*

La bacteria *R. solanacearum* infecta las plantas a través de heridas en la raíz o en sitios de emergencia de raíces secundarias, luego coloniza los vasos del xilema y se propaga rápidamente a las partes aéreas de la planta a través del sistema vascular. En los vasos del xilema, la población bacteriana puede multiplicarse ampliamente y alcanzar rápidamente niveles muy altos (>10¹⁰ células por cm³ de tallo en tomate). Los síntomas típicos de la enfermedad incluyen el pardeamiento del xilema, clorosis, retraso en el crecimiento, marchitez y las plantas infectadas generalmente mueren rápidamente (Peeters et al., 2013).

Las hojas más jóvenes son las primeras en verse afectadas y tienen una apariencia flácida, generalmente en el momento más cálido del día. El marchitamiento de toda la planta puede ocurrir rápidamente si las condiciones ambientales son favorables para el patógeno. En condiciones menos favorables, la enfermedad se desarrolla con menos rapidez, puede ocurrir retraso del crecimiento y se producen grandes cantidades de raíces adventicias en el tallo. Los tejidos vasculares del tallo muestran una decoloración marrón y, si el tallo se corta en forma transversal, pueden verse gotas de exudado bacteriano blanco o amarillento (EPPO, 2018).

3.7 Epidemiología de *R. solanacearum*

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 nematodos 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 como las malezas, (EPPO, 2018).

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. Como es un patógeno nativo de suelo, la bacteria 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 de 2 a 10 años (Poussier et al., 2003).

El crecimiento de la especie de *R. solanacearum* en áreas tropicales tiene 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. De acuerdo con 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).

3.8 Manejo de *Ralstonia solanacearum*

Las estrategias de supervivencia del patógeno han creado dificultades y limitaciones en los planes de manejo a través de medidas preventivas, métodos culturales, método químico y métodos biológicos. Las medidas preventivas tales como la cuarentena, prácticas fitosanitarias, uso de semilla certificada libre de la enfermedad, desinfección de equipos y herramientas, uso controlado del riego por inundación y evitar el riego por aspersión, entre otras medidas, han tenido éxito solamente donde el patógeno no está presente, ya que de lo contrario no son aplicables en lugares infectados (Karim y Hossain, 2018).

El uso de variedades resistentes es el método más efectivo y práctico para controlar la marchitez bacteriana (Grimault et al., 1994). Sin embargo, por un lado, su aplicación ha sido limitada debido a que el patógeno puede sobrevivir en el suelo durante mucho tiempo, puede sobrevivir en una amplia gama de malezas y cultivos voluntarios (Fajinmi y Fajinmi 2010). Por otro lado, la complejidad de la interacción hospedante-patógeno-ambiente hace que el mejoramiento de la resistencia sea extremadamente difícil, ya que *R. solanacearum* es un "complejo de especies heterogéneas" con un amplio rango de hospedantes; alta variabilidad en sus propiedades bioquímicas, reacciones serológicas, proteínas de membrana y conversión fenotípica (Karim y Hossain, 2018).

En los sistemas hortícolas se han utilizado plaguicidas como algicidas, fumigantes (metam sodio, 1,3-dicloropropeno y cloropicrina) y activadores de resistencia que generan resistencia sistémica en tomate (validamicina A y validoxilamina) para controlar la marchitez bacteriana. Algunos reportes de investigación señalan que la combinación de bromuro de metilo, 1,3 dicloropropeno o metam sodio con cloropicrina redujo significativamente la marchitez bacteriana en el campo del 72% al 100% y aumentó el rendimiento de tabaco y tomate. (Edwards-Jones, 2008).

Otros estudios han reportado el uso de microorganismos benéficos como agentes de control biológico (ACB) para enfermedades de plantas. Las bacterias antagonistas son los microorganismos más comúnmente estudiados con el propósito de controlar la marchitez bacterianas. Los ACB pueden suprimir la enfermedad a través de múltiples mecanismos que incluyen la competencia, la producción de enzimas que degradan la pared celular, antibióticos o sideróforos, y la inducción de resistencia sistémica. (Kurabachew y Wydra, 2013).

En algunas investigaciones se ha reportado el manejo de enfermedades mediante la técnica de injerto para patógenos fúngicos (*Verticillium*, *Fusarium*, *Pyrenochaeta* y *Monosporascus*), oomicetos (*Phytophthora*), bacterias fitopatógenas (particularmente *Ralstonia*), nematodos noduladores (*Meloidogyne* spp) y varios virus transmitidos por el suelo (Louws et al., 2010).

Es importante destacar que los términos resistencia y tolerancia son dos términos diferentes que es conveniente aclarar. La resistencia a las enfermedades se refiere a la capacidad de la planta hospedante para controlar la severidad de la infección cuando las condiciones ambientales favorecen al patógeno. En contraste, la tolerancia a la enfermedad se describe como la modificación de la biomasa o rendimiento de la planta hospedante después de la infección de un patógeno. (Horns y Hood, 2012).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del estudio

El estudio se realizó entre los meses de junio a agosto del 2020, en el Centro Experimental El Plantel, propiedad de la Universidad Nacional Agraria (UNA), situada en el kilómetro 30 de la carretera Masaya-Tipitapa, departamento de Masaya. Las coordenadas de El Centro Experimental son 12°06'27.69" Latitud Norte y 86°05'38.65" Longitud Oeste, se encuentra a una altura de 130 metros sobre el nivel del mar (msnm) y presenta suelos franco arcilloso con pH de 6.5, la temperatura anual promedio es de 28°C, precipitaciones promedio anual entre los 796 y 800 mm, y humedad relativa de 71% (INETER, 2019).

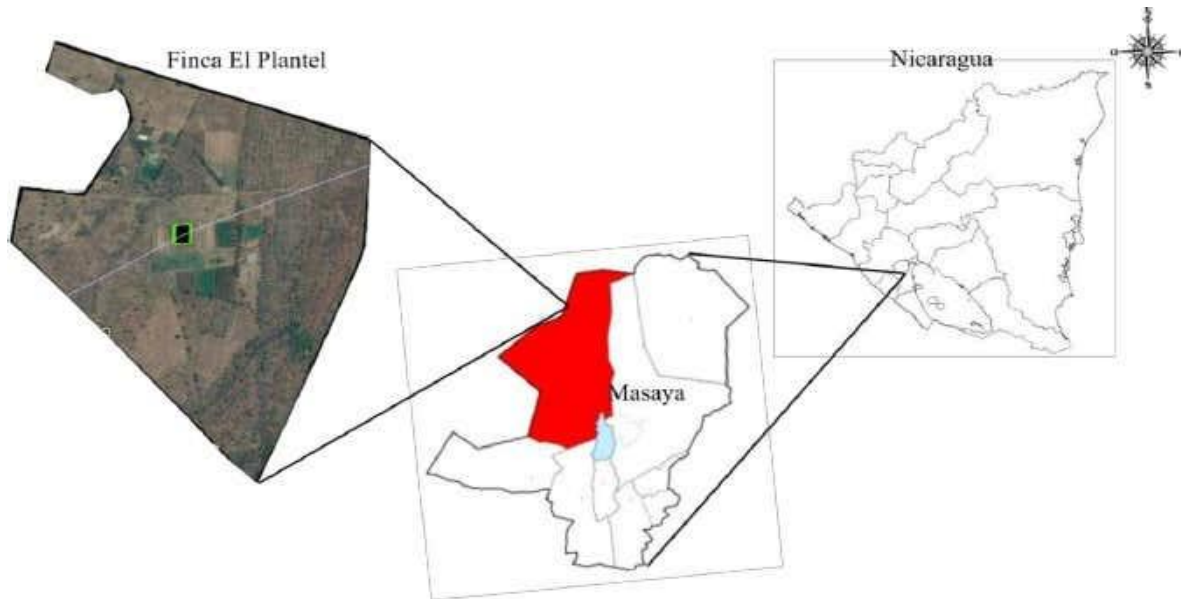


Figura 1. Ubicación del área de estudio Managua 2020.

4.2 Diseño metodológico

El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar (BCA), con seis tratamientos (cultivares de tomate) y cuatro repeticiones o bloques (Anexo 6).

4.3 Descripción de los tratamientos

Se consideraron como tratamientos, seis cultivares de tomate, de estos seis, cuatro (Armada, BB, Sakata y Hawaii) son procedentes del Centro de Investigación y Desarrollo de Vegetales de Asia (AVRDC), un genotipo nativo o local y un híbrido testigo variedad Peto 98. Los tratamientos estuvieron constituidos por los seis cultivares y se establecieron en surcos de cinco metros de largo, cada surco tenía 10 plantas a una distancia de 0.40 metros entre planta y un metro entre surcos para un total de 60 plantas en cada bloque y 240 plantas en todo el ensayo.

Cuadro 1. Descripción y origen de los cultivares en estudio

Tratamientos	Cultivares	Procedencia
T ₁	Genotipo local (<i>Solanum cheesmaniae</i>)	INTA-Nicaragua
T ₂	Armada (<i>Solanum hirsutum</i>)	AVRDC
T ₃	BB (<i>Solanum hirsutum</i>)	AVRDC
T ₄	Sakata (<i>Solanum hirsutum</i>)	AVRDC
T ₅	Hawaii (<i>Solanum hirsutum</i>)	AVRDC
T ₆	Peto 98 (<i>Solanum lycopersicum</i>)	INTA-Nicaragua

4.4 Manejo del semillero

El semillero se estableció en un invernadero ubicado en la finca Las Mercedes propiedad de la Universidad Nacional Agraria, se utilizaron bandejas de polietileno de 128 celdas u orificio, en cada orificio se depositó una semilla, se establecieron seis bandejas (una para cada cultivar). El sustrato utilizado fue Kekkyla Garden[®]. Se realizó riego en horas de la mañana y en horas de la tarde.

4.5 Trasplante en campo

Las plantas se trasplantaron a los 22 días después de germinadas en la Finca el Plantel. El área en donde se estableció el ensayo es un área con historial de suelo con presencia de la bacteria *Ralstonia solanacearum* causante de la marchitez bacteriana.

Las plantas se establecieron en surcos de 20 cm de altura, a estas plantas se les proporcionó riego por goteo durante cuatro horas diarias, también se realizó limpieza de malezas una vez a la semana, a los 15 días del trasplante se realizó tutorio con mecate tipo nylon. No se realizó ningún tipo de manejo nutricional ni fitosanitario ya que el objetivo fue evaluar el grado de tolerancia de cada tratamiento.

4.6 Registro de la incidencia y severidad en campo

Se evaluó la incidencia, severidad y área bajo la curva de progreso de la bacteria en las plantas de tomate desde los ocho días después del trasplante (DDT) hasta la etapa de fructificación.

4.6.1 Incidencia

Para medir el porcentaje de incidencia de la enfermedad se realizó un registro una vez por semana, y se seleccionaron todas las plantas de los cultivares bajo estudio (10 plantas por genotipo o tratamiento), haciendo uso de la fórmula propuesta por (Castaño,1989):

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

4.6.2 Severidad

Se evaluó la severidad de la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* utilizando la escala propuesta por Kempe y Sequeira (1983) (Figura 2).

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



Figura 2. Escala de severidad de marchitez bacteriana: se estimó mediante la escala desarrollada por Kempe y Sequeira (1983).

4.7 Área bajo la curva de progreso de la enfermedad

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

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

Donde, ABCPE = área bajo la curva de progreso de la enfermedad; y_i = índice de severidad de la lectura anterior; y_{i+1} = índice de severidad 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

4.8 Análisis de los datos

Para determinar los criterios para el análisis de varianza, fue necesaria la transformación de los datos de las variables evaluadas, seguido de esto se realizó el ANDEVA.

Para incidencia se transformó al *arcoseno* $\sqrt{\frac{y(\%)}{100}}$ Donde $y(\%)$ es la incidencia de la enfermedad (*Ralstonia solanacearum*). Para severidad se transformó $\sqrt{SMB + 0.5}$, donde SMB es el valor en la escala de la severidad de *Ralstonia solanacearum* (Quinn & Keough, 2009). El análisis de varianza fue realizado con el programa estadístico Infostat versión 2016.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Comportamiento de la marchitez bacteriana

5.1.1 Incidencia de marchitez bacteriana

A los ocho días después sembradas las semillas se contabilizó el número de plantas germinadas y no germinadas en cada bandeja. Obteniendo como resultado el 100% de germinación. A los ocho días después del trasplante en campo se realizó resiembra para homogenizar los bloques con las mismas cantidades de plantas y llevar un mejor conteo.

Los síntomas observados durante la toma de datos fueron marchitamiento de la planta, y enrollamiento de las hojas hacia abajo. La Figura 3 muestra que a los 22 DDT se registró una incidencia de 8% de la enfermedad en el cultivar Peto 98. Durante las posteriores fechas de muestreo la incidencia se presentó de manera irregular hasta el último día después del trasplante (78 días), así mismo se puede evidenciar que el genotipo nativo o local (*S. cheesmaniae*) se comportó altamente tolerante debido a que registró la menor incidencia a los 29, 43 y 57 DDT con afectaciones máximas de 10% mientras que los cultivares *Solanum hirsutum* (Hawaii y BB) se comportaron susceptibles ya que registraron la mayor incidencia a los 29, 43, 50, 64 y 71 DDT con afectaciones hasta el 30% de incidencia.

El análisis de varianza (ANDEVA) realizado con el 95% de confianza indica que hay diferencia significativa ($p < 0.0001$) con respecto a los días de muestreo. El análisis agrupó en cinco categorías diferentes, registrando las menores incidencias a los 22 y 36 DDT, con 1% y 3%, y las mayores incidencias se registraron a los 64 y 71 DDT, con 14% y 17% (Cuadro 2).

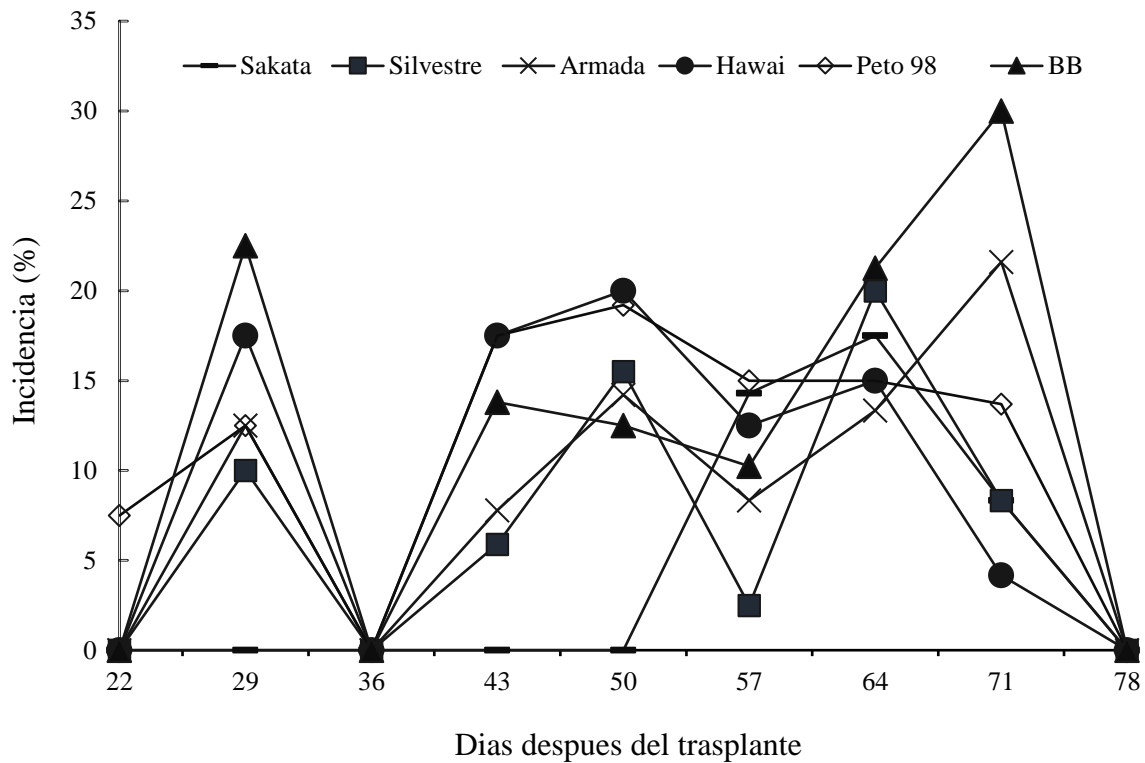


Figura 3. Curvas de progreso de la incidencia de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*).

Los resultados de este estudio son similares, a los reportados por Medina (2019), que afirma que la sintomatología de marchitez bacteriana inicia a presentarse entre los 26 y 30 DDT. Este mismo autor menciona que los porcentajes de incidencia aumentaron a medida que la planta cambia de etapa fenológica (p. 55). Los síntomas de marchitamiento registrados en este estudio se debieron posiblemente a las condiciones ambientales durante el estudio las cuales propiciaron el aumento de la incidencia en los tratamientos (Anexo 1). Mejía (2003), afirma que cuando las condiciones ambientales no son adecuadas, la bacteria se desarrolla lentamente.

El análisis de varianza reveló diferencia estadística ($p = 0.0059$) entre los cultivares evaluados, el análisis agrupo en 3 categorías diferentes y evidencio que el cultivar Sakata (*S. hirsutum*) registro las menores afectaciones con 5% de incidencia de marchitez bacteriana y las mayores incidencias las registró el cultivar BB con 15%, seguido de Peto 98 con 13%, Hawaii con 12% y Armada con 10% (Figura 4). Al realizar el análisis de interacción tratamiento y días después del trasplante no se encontró diferencias significativas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Medias y significancia estadística de incidencia de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) entre los cultivares y los días después de trasplante, Managua 2020

Genotipos	Porcentaje de incidencia
Sakata	5 a
Silvestre	7 ab
Armada	10 ab
Hawái	12 ab
Peto 98	13 ab
BB	15 b
P	0.0059
Días después del trasplante	Incidencia
22	1 a
29	13 bc
36	3 ab
43	10 abc
50	14 bc
57	10 abc
64	17 c
71	14 c
78	12 abc
P	0.001**
Interacción Tratamiento * DDT	
P	0.679
CV	118.32

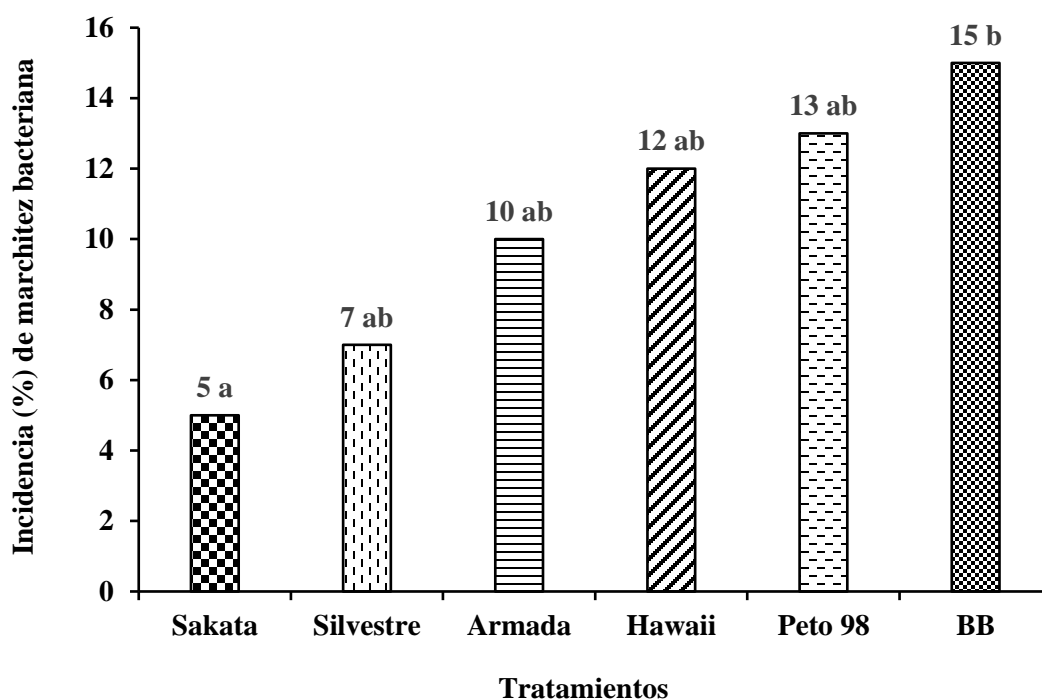


Figura 4. Porcentaje de incidencia de la marchitez bacteriana en seis cultivares de tomate, finca el plantel, Managua 2020.

USDA (2014), reporta que el genotipo Armada presenta resistencia a la marchitez bacteria, este reporte coincide con los resultados de este estudio. Otros estudios realizados por Orozco y Briones (2017), en el que avaluaron la tolerancia de la marchitez bacteriana con enmiendas orgánicas, encontraron que la variedad Peto 98 mostro susceptibilidad a la bacteria, así mismo Cardoso *et al.* (2006), reporta que el cultivar Hawái resulto con mayor tolerancia a la bacteria al utilizarlo como porta injerto.

5.1.2 Severidad de marchitez bacteriana

En la Figura 5 se observa que los menores valores de severidad se registraron en las primeras tres evaluaciones (29, 36 y 43 DDT). La severidad aumentó drásticamente a partir de los 50 DDT. El cultivar local registro (*S. cheesmaniae*) registró la menor severidad en todas las fechas de muestreo, con porcentaje máximos de severidad de 2.5% y la mayor severidad fue registrada en el cultivar Armada (*S. hirsutum*) desde los 50 DDT hasta los 71 DDT con valores de severidad que variaron de 12.5% hasta 20.5%.

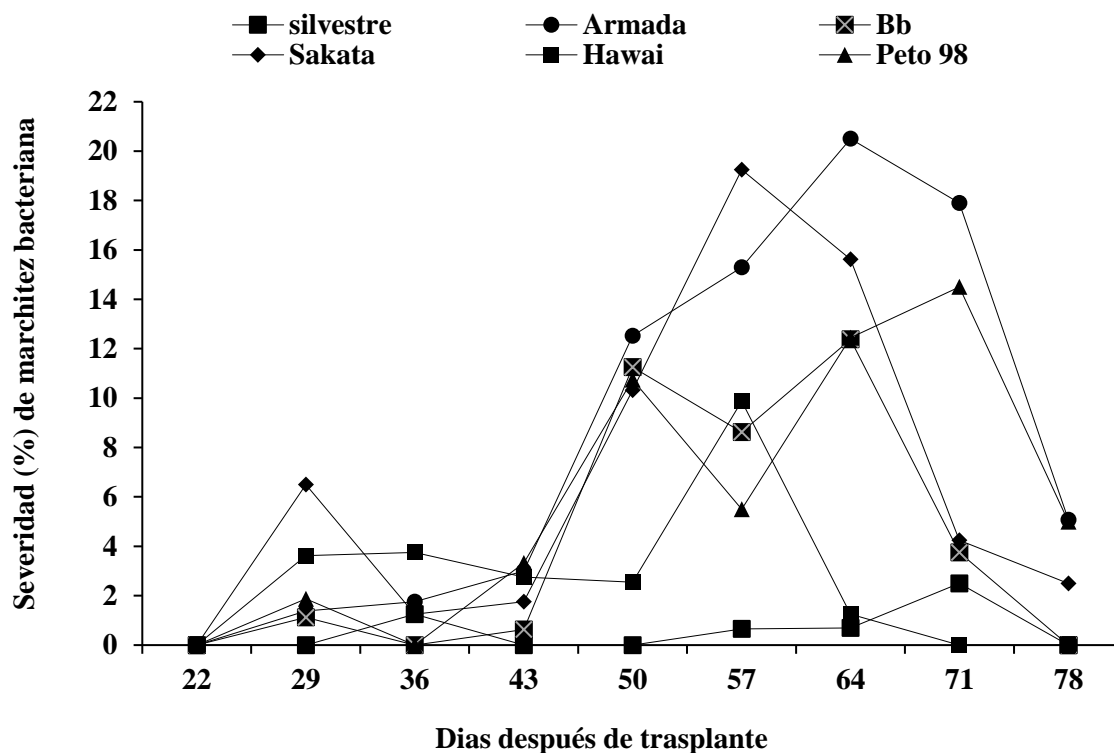


Figura 5. Curvas de progreso de la severidad de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*).

El análisis ANDEVA realizado con el 95% de confianza demuestra que hay diferencia estadística significativas ($p < 0.0001$) en los días después del trasplante. El análisis se agrupó en 3 categorías diferentes, presentándose las menores incidencias a los 22 y 43 DDT, con 0% hasta 3.75%, y el mayor avance de la enfermedad se presentó a partir de los 50 hasta los 71 DDT, con 20.5%, demostrando la tolerancia del cultivar local a la marchitez bacteriana (Cuadro 3).

Los genotipos de tomate presentaron porcentajes de severidad irregulares durante el periodo de estudio, sin embargo, como se puede apreciar en la Figura 6 muestra el cultivar local (*S. cheesmaniae*) ejerció un buen grado de tolerancia al patógeno ya que obtuvo severidad de daños mínimos con respecto a la escala propuesta por Kempe y Sequeira (1983).

Según los resultados se atribuye al comportamiento del cultivar que por su naturaleza es adaptado a cualquier condición edafoclimática como su nombre lo especifica es de hábitat silvestre.

Los primeros síntomas de *Ralstonia* se presentaron a los 29 días, y se deduce que en esta etapa es donde se empiezan a manifestar los síntomas de *Ralstonia*: en un estudio realizado por López, (2004, (p, 39) determino que los primeros síntomas de marchitez bacteriana fueron observados entre los 24 y 36 días después del trasplante (DDT).

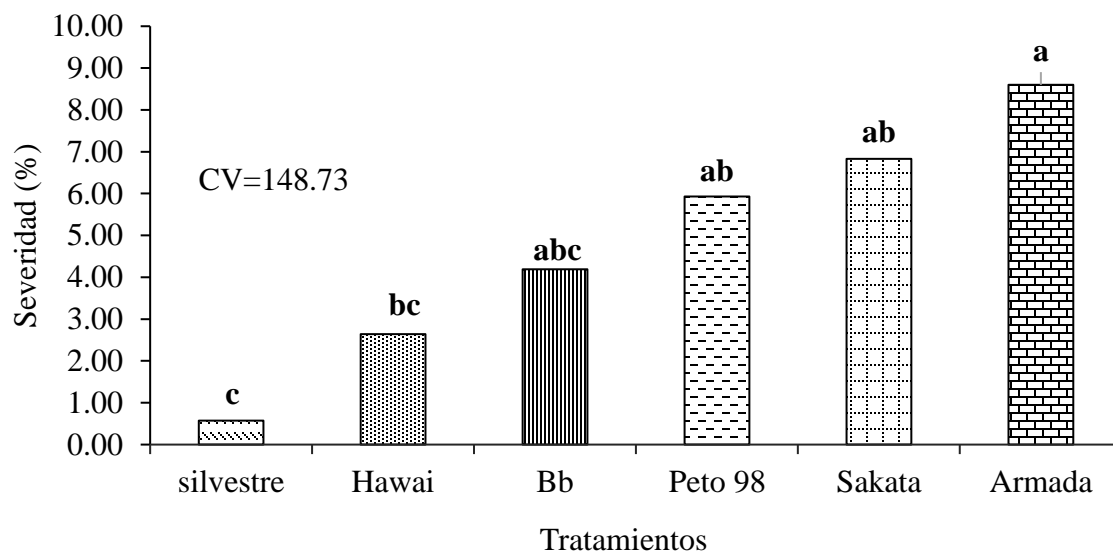


Figura 6. Porcentaje de la severidad de la marchitez bacteriana en seis cultivares de tomate, Managua 2020.

Con relación a los cultivares Armada y Peto 98 (*S hirsutum* y *S lycopersicum*) se comportaron como los más susceptibles a la bacteria durante el periodo de estudio. El análisis agrupó a los genotipos en 5 categorías, siendo el cultivar Armada el que presentó la mayor afectación con 8.6%, seguido de los tratamientos Sakata y Peto 98 que presentaron afectaciones de 5.9% y 6.8% de severidad respectivamente.

Cuadro 3. Medias y significancia estadística de la severidad de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) entre los cultivares de tomate, Managua 2020

Tratamientos	Severidad
Armada	8.6 a
Sakata	6.8 ab
Peto 98	5.9 ab
BB	4.2 abc
Hawai	2.6 bc
Silvestre	0.6 c
P	0.01
Días después del trasplante	Severidad
22	0.00 d
36	1.3 cd
43	1.2 bcd
78	2.1 bcd
29	2.4 bcd
71	7.2 abc
50	7.9 ab
57	9.9 a
64	10.4 a
P	0.001**
Interacción Tratamiento * DDT	
P	0.1890
CV	148.7

5.1.3 Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE)

Según el ABCPE realizado para marchitez bacteriana la menor área bajo la curva se presentó en el cultivar local con 35.75% y la mayor área bajo la curva se registró en el cultivar Armada con 524% (Figura 7). Al igual que el análisis de varianza y separación de medias realizada, para la incidencia y para el área bajo la curva, el ABCPE indica que existen diferencias significativas entre los cultivares. Los valores promedios más altos del área bajo la curva fueron encontrados en los cultivares correspondientes a las especies *Solanum hirsutum* y *Solanum lycopersicum* (Armada, SAKATA, BB, Hawai y Peto 98), con estos resultados se puede afirmar que de los seis cultivares en estudio existen tres que se pueden considerar como los más susceptibles (Armada, SAKATA y peto 98), dos moderadamente tolerantes (BB, Hawai) y solo el genotipo *Solanum cheesmaniae* (cultivar local o nativo) demuestra una alta tolerancia a la bacteria *R. solanacearum* en el cultivo de tomate.

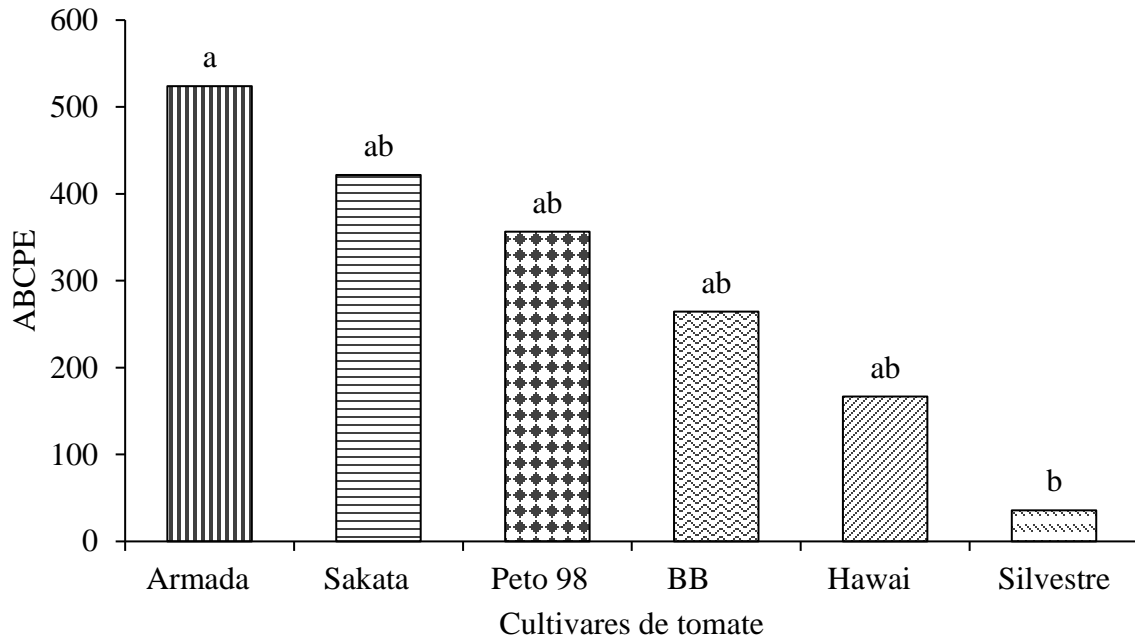


Figura 7. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABDPE), de *Ralstonia solanacearum*, de seis cultivares, Managua 2020.

El análisis realizado para el ABCPE agrupo en tres categorías estadísticamente donde se evidencia que el cultivar armada se mostró más susceptible a la bacteria y el cultivar local (silvestre), como el más tolerante en condiciones de campo, por lo cual se considera que estos cultivares podrán utilizarse como porta-injerto en estudios posteriores.

Cuadro 4. Medias y significancia estadística de ABCPE de marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) entre los genotipos de tomate, Managua 2020

Tratamientos	Porcentaje de ABCPESev
Armada	524.0 a
Sakata	421.75 ab
Peto 98	356.5 ab
BB	264.5 ab
Hawaii	166.75 ab
Silvestre	35.75 c
P	0.0001
CV	62.48%

VI. CONCLUSIONES

Se determinó que las menores intensidades de la bacteria las registro el cultivar local (*Solanum cheesmaniae*), con incidencias del 10 % debido a que presento la menor área bajo la curva de la enfermedad en condiciones de campo.

El cultivar local (*Solanum cheesmaniae*) fue el que evidencio la más alta tolerancia a la marchitez bacteriana ya que registro las menores incidencias de la bacteria en condiciones de campo.

VII. RECOMENDACIONES

Continuar desarrollando evaluaciones relacionadas con la tolerancia de estos cultivares y utilizarlos en futuras investigaciones como porta-injerto así como la evaluación de la compatibilidad de estos mismos y utilizarlos en los sistemas hortícolas nicaragienses como una estrategia de manejo ante *R. solanacearum*.

VIII. LITERATURA CITADA

- Agriculturers, (2019). Descripción del genoma del tomate, abriendo camino para la mejora del tomate. Recuperado de <https://agriculturers.com/describen-el-genoma-del-tomate-silvestre/>
- Arteaga, C., & Avendaño, S. 2004. Manejo de marchitez bacteriana del tomate (*Burkholderia solanacearum*), con ocho tratamientos a nivel de invernadero. Salvador.
- Bekhradi, F; Kashi, AK; Delshad, M. 2009. Effect of three cucurbits rootstocks on vegetative and yield of 'Charleston Gray' watermelon (en línea). International Journal of Plant Production 5(2):105–110.
- Bhowmik, D., Kumar, K. P. S., Paswan, S., and Srivastava, S. 2012. Tomato - a natural medicine and its health benefits. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 1:33-43.
- Bumgarner, N. y Kleinhenz, M. 2013. Grafting guide: pictorial guide to the cleft and splice graft methods as applied to tomato and pepper. Department of Agriculture. Ohio University. Ohio, USA. 78p.
- Edwards-Jones, G. 2008. Do benefits accrue to 'pest control' or 'pesticides?': a comment on Cooper and Dobson. Crop Protection 27:965-967.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). 2018. *Ralstonia solanacearum*, *R. pseudosolanacearum* and *R. syzygii* (*Ralstonia solanacearum* species complex). EPPO Bulletin 48:32-63.
- Fajinmi, A. A. and Fajinmi, O. B. 2010. An overview of bacterial wilt disease of tomato in Nigeria. Journal of Agriculture 5:242-247.
- FAOSTAT 2009. Agriculture data [Online] Disponible en <http://faostat.fao.org/site/612/default.aspx#ancor> 03/12/2009
- FAOSTAT. 2018. Production – Crops – Area harvested / Production quantity Tomatoes – 2017. FAO Statistics online database, Food and Agriculture Organization, Rome. <https://www.fao.org/faostat/en> (acceso 21 junio 2019).

- French, E.B., Gutarra, L., Aley, P., and Elphinstone, J. 1995. Culture media for *Ralstonia solanacearum* isolation, identification and maintenance. *Fitopatología* 30:126-130.
- Genin, S., and Boucher, C. 2004. Lessons learned from the genome analysis of *Ralstonia solanacearum*. *Annual Review of Phytopathology* 42:107-134.
- Grimault, V., Anais, G., and Prior, P. 1994. Distribution of *Pseudomonas solanacearum* in the stem tissues of tomato plant with different levels of resistance to bacterial wilt. *Plant Pathology* 43:663-668.
- Harlan JR (1992) Crops and man. American Society of Agronomy, Inc. p.217-246
- Horns, F., and Hood, M.E. 2012. The evolution of disease resistance and tolerance in spatially structured populations. *Ecology and Evolution* 2:1705-1711.
- (INETER Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2018. Datos meteorológicos y geográficos. Managua, Nicaragua.
- (Inta Instituto Nacional Tecnológico Agropecuario 2015). Incremento de Semilla de Líneas Promisorias de Tomate Tolerantes a Geminivirus en el CDT –Valle de Sébaco del INTA Centro Norte, Nicaragua.
- Jeong, Y., Kim, J., Kang, Y., Lee, S., and Hwang, I. 2007. Genetic diversity and distribution of Korean isolates of *Ralstonia solanacearum*. *Plant Disease* 91:1277-1287.
- Kaloo G (1991) Breeding for environmental stress resistance in tomato. En “Kaloo G (ED) Genetic improvement of tomato. Springer- Verlag, Berlín y Heidelberg”: 153-165
- 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
- Kelman, A. 1954. The relationship of pathogenicity of *Pseudomonas solanacearum* to colony appearance in a tetrazolium medium. *Phytopathology* 44:693-695.
- Klement, Z., Rudolph, K., and Sands, D.C. 1990. Methods in phytobacteriology. Budapest, Hungary. Budapest: Akadémiai Kiadó. 568 p.
- Knapp, S. 2002. Tobacco to tomatoes: A phylogenetic perspective on fruit diversity in the Solanaceae. *Journal of Experimental Botany* 53:2001-2022.

- Knapp, S., and Peralta, I.E. 2016. The Tomato (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) and its botanical relatives. In: The Tomato Genome. Causse, M., Giovannoni, J., Bouzayen, M., and Zouine, M. (eds.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 259 p.
- Kurabachew, H., and Wydra, K. 2013. Characterization of plant growth promoting rhizobacteria and their potential as bioprotectant against tomato bacterial wilt caused by, *Ralstonia solanacearum*. *Biological Control* 67:75-83.
- Larry, R. and Joanne, L. 2007. Genetic resources of tomato. In: Razdan, M.K. and A.K. Mattoo (eds.). *Genetic Improvement of Solanaceous Crops, Vol. 2. Tomato*, Science Publishers, Enfield, New Hampshire. 658 p.
- Lelliott, R.A., and Stead, D.E. 1987. *Methods for the diagnosis of bacterial diseases of plants*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 216 p.
- Lin, C-H., Wu, D.L., Imai, H., Wang, J-F. 1998. Grafting with resistant tomato and eggplant rootstocks to control tomato bacterial wilt. *Plant Pathol Bulletin* 7:216-217.
- Linneo, C. (1753). *A physicion's passion for the classification of living creatures*.
- Louws, F.J., Rivard, C.L., and Kubota, C. 2010. Grafting fruiting vegetables to manage soilborne pathogens, foliar pathogens, arthropod and weeds. *Scientiae Horticulturae* 127:127-146.
- Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR), 2007. Área cosechada, rendimientos y Producción de hortalizas a nivel nacional. Ciclo agrícola de 1999-2005. Estudio preliminar. Managua, NI.
- Medina, L. (2019). 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. <https://repositorio.una.edu.ni/4074/1/tnf02m491.pdf>
- Magic garden seeds. (2017). Tomato 'Pineapple' piña (*Solanum lycopersicum*) orgánico. [https://www.magicgardenseeds.es/Es-bueno-saber.../Tomate-'Pineapple'-pi%C3%B1a-\(Solanum-lycopersicum\)-org%C3%A1nico-A.LYC18-](https://www.magicgardenseeds.es/Es-bueno-saber.../Tomate-'Pineapple'-pi%C3%B1a-(Solanum-lycopersicum)-org%C3%A1nico-A.LYC18-)

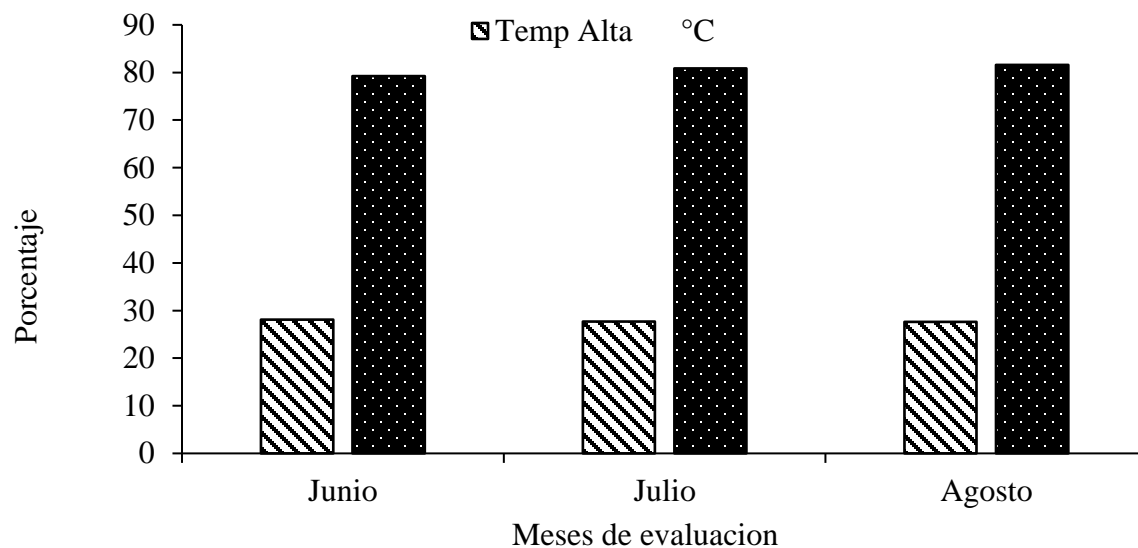
- Mansfield, J., Genin, S., Magori, S., Citovsky, V., Sriariyanum, M., Ronald, P., Dow, M., Verdier, V., Beer, S.V., Machado, M.A., Toth, I., Salmond, G., and Foster, G.D. 2012. Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology* 13:614-629.
- Menda, N., Strickler, S.R. and Mueller, L.A. 2013. Review: Advances in tomato research in the post-genome era. *Plant Biotechnology* 30:243-256.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 2017. Tomato (*Solanum lycopersicum*). In: Safety Assessment of Transgenic Organisms in the Environment, Volume 7: OECD Consensus Documents, OECD Publishing, Paris. 246 p.
- Palada, M.C., and Wu, D.L. 2007. Increasing off-season tomato production using grafting technology for peri-urban agriculture in Southeast Asia. *Acta Horticulturae* 742:125-131.
- Peeters, N., Guidot, A., Vailleau, F., and Valls, M. 2013. *Ralstonia solanacearum*, a widespread bacterial plant pathogen in the post-genomic era. *Molecular Plant Pathology* 14:651-662.
- Peralta, I.E., Spooner, D.M., and Knapp, S. 2008. Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (*Solanum* sect. *Lycopersicoides*, sect. *Juglandifolia*, sect. *Lycopersicon*; Solanaceae). *Systematic Botany Monographs* 84:1-186.
- Poussier, S., Thoquet, P., and Trigalet-Demery, D. 2003. Host plant-dependent phenotypic reversion of *Ralstonia solanacearum* from non-pathogenic to pathogenic forms via alterations in the *phcA* gene. *Molecular Microbiology* 49:991-1003.
- Ranc, N., Muños, S., Santoni, S., and Causse, M. 2008. A clarified position for *Solanum lycopersicon* var. *cerasiforme* in the evolutionary history of tomatoes (Solanaceae). *Biomedcentral Plant Biology* 8:130.
- Ravelomanantsoa, S., Vernière, C., Rieux, A., Costet, L., Chiroleu, F., Arribat, S., Cellier, G., Pruvost, O., Poussier, S., Robène, I., Guérin, F., and 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* 8:1-17.

- Rick CM (1978) El Tomate. *Investigación y Ciencia* 25: 45-55
- Rick CM (1982) The potential of exotic germplasm for tomato improvement. En: "Vasil IK, Scowcroft WR, Frey KJ (Eds) *Plant Improvement and Somatic Cell Genetics*. Academic Press, Inc." pp 1-28
- Ríos-Morales, G. 2007. Distribución y variabilidad de *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, agente causal de marchitez bacteriana en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L), en tres departamentos del norte de Nicaragua (Estelí, Matagalpa y Jinotega). Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 44 p.
- Roselló S, Nuez F (2006) Mejora de la calidad del tomate para fresco. En "Llácer G, Díez MJ, Carrillo JM, Badenes ML (Eds) *Mejora genética de la calidad en plantas*. SECH, SEG, UPV": 333-359
- Sacks E, St. Clair D (1998) Variation among seven genotypes of *Lycopersicon esculentum* and 36 accessions of *L. hirsutum* for interspecific crossability. *Euphytica* 101: 185-191
- 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.
- SAKATA. Variedades de tomate utilizadas como patrones (en línea, sitio web). Consultado 9 de oct. 2019. Disponible en <http://www.sakata-vegetables.eu/vegetables/es/pages/calidad-confianza-y-servicio>
- Shaner, G., & Finney, R. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. *Phytopathology* 67, 1051-1056.

- Spooner, D.M., Peralta, I.E. and S. Knapp, S. 2005. Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes [*Solanum* L. section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst.]. *Taxon* 54:43-61.
- TAKII SEED (en línea). 2015. Variedades de tomate utilizadas como patrones. Consultado en noviembre 2015. Disponible en: http://www.takiiseed.com/goods_list/goods_list_2.php?called=category&vctg_no=32
- Valdes, V.M., and D. Gray, D. 1998. The influence of stage of fruit maturation on seed quality in tomato (*Lycopersicon lycopersicum* [L.] Karsten). *Seed Science and Technology* 26:309-318.
- 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* 6:961-974.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Condiciones climáticas registradas en la zona de estudio (Estación metereológica-Finca el plantel)



Anexo 2. Comparación de los valores medios de la incidencia de *Ralstonia solanacearum* en los DDT

Factores	P > f	22 DDT	29 DDT	36 DDT	43 DDT	50 DDT	57 DDT	64 DDT	71 DDT	78 DDT
Sakata	0.001	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	14.29a	17.50 a	8.33 a	0.00a
Silvestre	0.001	0.00a	10.0a	2.50a	5.90a	15.5a	2.50a	20.00a	8.33a	0.00a
Armada	0.001	0.00a	12.5a	0.00a	7.78a	14.2a	8.33a	13.33a	21.6a	0.00a
Hawai	0.001	0.00 a	17.5a	5.00a	17.5a	20.0a	12.50a	15.00a	4.17a	0.00a
Peto 98	0.001	7.50a	12.5a	7.50a	17.5a	19.2a	15.00a	15.00 a	13.7a	0.00a
BB	0.001	0.00a	22.5a	0.00a	13.8a	12.5a	10.24a	21.25a	30.0a	0.00a

Anexo 3. Valores medios de incidencia en los cultivares, días después de trasplante y en la interacción tratamiento-DDT de *Ralstonia solanacearum*

Cultivares	Incidencia
Sakata	5.29 a
Silvestre	7.20 ab
Armada	9.58 ab
Hawái	11.57 ab
Peto 98	13.39 ab
BB	15.45 b
P	0.0059
Días después del trasplante	Incidencia
22	1.25 a
36	2.50 ab
43	10.42 abc
57	10.48 abc
78	11.60 abc
29	12.50 bc
50	13.60 bc
71	14.37 bc
64	17.01 c
Pr = F	0.001**
Interacción Tratamiento * DDT	
Pr = F	0.679
CV%	118.32

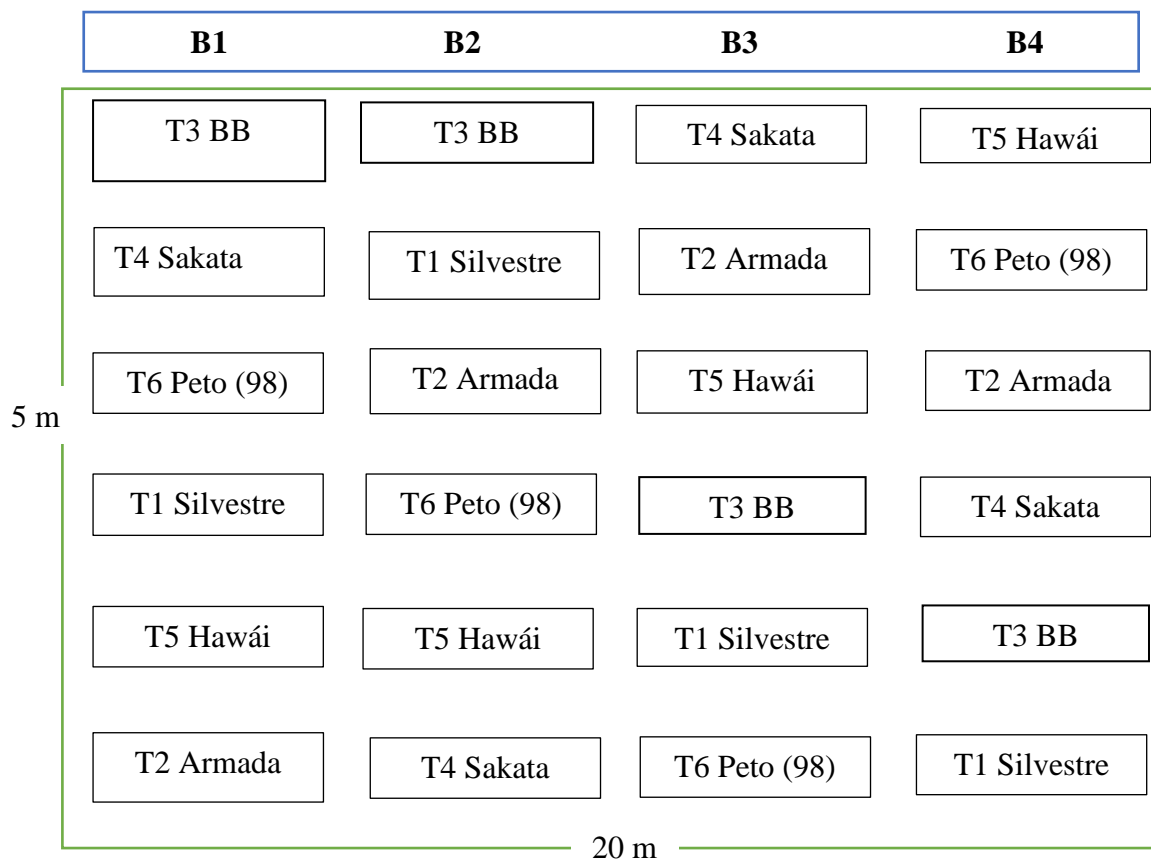
Anexo 4. Comparación de los valores medios del área bajo la curva de progreso de la enfermedad en cultivares de tomate

Cultivares	ABCPE Incidencia
Sakata	307.08 a
Silvestre	453.55 a
Armada	547.03 a
Hawái	685.43 a
Peto 98	738.75 a
BB	873 a
P	0.5850
CV	77.89

Anexo 5. Valores medios de severidad en los cultivares, días después de trasplante y en la interacción tratamiento-DDT de *Ralstonia solanacearum*

Tratamientos	Severidad
Armada	8.60 a
Sakata	6.83 ab
Peto 98	5.93 ab
BB	4.19 abc
Hawai	2.64 bc
Silvestre	0.57 c
<i>P</i>	0.0001
Días después del trasplante	Severidad
22	0.00 d
36	1.33 cd
43	1.91 bcd
78	2.10 bcd
29	2.42 bcd
71	7.15 abc
50	7.90 ab
57	9.87 a
64	10.48 a
<i>P</i>	0.001**
Interacción Tratamiento * DDT	
<i>P</i>	0.1890
CV	148.7

Anexo 6. Plano de campo 6 genotipos de tomate en estudio



Anexo 7. Hoja de evaluación para identificar momento de afectación de *Ralstonia Solanacearum*

Bloque	Tratamientos	Planta	Incidencia (%)	Valor d escala	Severidad(%)	
		1				
		2				
		3				
		4				
		5				
		6				
		7				
		8				
		9				
			1			
			2			
			3			
			4			
			5			
			6			
			7			
			8			
			9			
			1			
			2			
			3			
			4			
			5			
			6			
			7			
			8			
			9			
			1			
			2			
			3			
			4			
			5			
			6			
			7			
			8			