



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL**

**MAESTRIA EN MEJORAMIENTO GENÉTICO DE
CULTIVOS Y ANIMALES**

Trabajo de Graduación

Evaluación y selección de líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) tolerantes a enfermedades y con alta productividad en San Isidro, Darío y Jinotega, primera y postrera 2015

Autor

Ing. Francisco Blandón Aguirre

Asesores:

**Ing. MSc. Rodolfo Valdivia
Ing. MSc. Vidal Marín**

**Managua, Nicaragua
Noviembre, 2017**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL**

**MAESTRÍA EN MEJORAMIENTO GENÉTICO DE
CULTIVOS Y ANIMALES**

Evaluación y selección de líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) tolerantes a enfermedades y con alta productividad en San Isidro, Darío y Jinotega, primera y postrera 2015

**Trabajo de graduación para optar al título de
Maestro en Ciencias en Mejoramiento Genético de
Cultivos y Animales**

Autor

Ing. Francisco Blandón Aguirre

**Managua, Nicaragua
Noviembre, 2017**

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.1 Objetivos específicos	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1 Ubicación del ensayo	4
3.3 Material genético	5
3.4 Variables evaluadas	6
3.4.1 Índice de severidad de virosis.....	6
3.4.2 Número de frutos cosechados por planta.....	6
3.4.3 Diámetro polar del fruto (cm).....	6
3.4.4 Diámetro ecuatorial del fruto (cm).....	6
3.4.5 Peso del fruto (g).....	6
3.4.6 Rendimiento total por planta ⁻¹	7
3.4.7 Número de lóculos.....	7
3.4.8 Grados Brix.....	7
3.4.9 Forma del fruto.....	7
3.4.10 Severidad de <i>Alternaria solani</i>	8
3.4.11 Severidad de <i>Oidium neolycopersici</i>	8
3.4.12 Severidad de <i>Pseudomonas syringae</i>	8
3.5 Manejo agronómico	9
3.5.1 Establecimiento de semillero en condiciones de casa malla	9

3.5.2	Preparación del terreno.....	9
3.5.3	Trasplante	10
3.5.4	Tutoreo y amarre	10
3.5.5	Riego.....	10
3.5.6	Fertilización	10
3.5.7	Control de plagas y enfermedades.....	11
3.6	Procesamiento de datos y análisis estadístico.....	12
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
4.1	Rendimiento total y comercial en kilogramo por planta ⁻¹	14
4.2	Número de frutos totales y comerciales por planta.....	17
4.3	Peso promedio de fruto comercial	21
4.4	Heredabilidad y Ganancia genética esperada	23
4.5	Diámetro polar y ecuatorial (cm).....	28
4.6	Índice de severidad de virosis	31
4.7	Índice de severidad de <i>Alternaria solani</i>	32
4.8	Severidad de <i>Oidium neolycopersici</i>	35
4.9	Severidad de <i>Pseudomona</i>	37
4.10	Contribución de influencia o desempeño.....	38
4.11	Grados Brix (°Brix)	40
4.12	Número de lóculos por fruto	42
4.13	Forma, color e intensidad de color en los frutos.....	43
V.	CONCLUSIONES.....	51
VI.	RECOMENDACIONES.....	52
VII.	LITERATURA CITADA	53
VIII.	ANEXOS.....	61

DEDICATORIA

A nuestro padre **Dios**, por la bondad de darme la vida, fortaleza y abrirme las puertas hacia un futuro el cual se lo encomiendo a él.

A mi entrañable Madre **Bruna Aguirre Laguna**, una mujer con un **hermoso espíritu de superación** de quien siempre conservo un inmenso aprecio y cariño y a quien le debo lo que soy, gracias a su inagotable esfuerzo y trabajo fue posible esta etapa de mi vida. Infinitamente gracias por su apoyo incondicional.

A mi padre **Miguel Antonio Blandón Valle**, una ejemplar persona en todos los aspectos de la vida. Significa para mí, el faro más luminoso que alumbra mi camino hasta el punto que hoy me encuentro y hasta donde pueda llegar.

A quienes fueron fuente de inspiración de esta loable tarea, en especial mis hermanos y hermanas **Félix Pedro Sevilla Aguirre**, mis otros hermanos, **Félix Antonio, María Magdalena, Cristian del Socorro, Andrea, Julio y Francisca**, todos **Blandón Aguirre**.

A mi adorable hija **María Fernanda Blandón Obregón**. Tú eres la luz de mi vida, lo que me anima a seguir, eres el origen de mis desvelos, de mis preocupaciones y de mis ganas de ser mejor persona. No hay día que no agradezca al cielo que te pusiera en mi vida.

A mi abuela materna **Felipa Laguna Meza (q.e.p.d)**, una bendición del cielo. Cuando mi madre no se hacía presente, tú eras quien llevaba a cabo las labores que a ella le correspondían. Puedo decir plenamente que eres además de mi abuela, mi segunda madre, y los valores y los aportes que realizaste para mi vida son simplemente invaluables.

A todos mis tíos y tías, primos y primas, quienes son y serán como mis padres y hermanos, les dedico este esfuerzo.

Ing. Francisco Blandón Aguirre

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores Profesores **Vidal Marín y Rodolfo Valdivia**, por sus consejos y observaciones, que han sido claves para lograr con buen término esta sustancial contribución a la diversidad varietal del cultivo de tomate en condiciones de riego y secano del país.

Agradecimiento muy especial a **MSc. Sergio Vilchez** (CATIE), por su valiosa colaboración y consejos en el análisis e interpretación de resultados, con su ayuda en diferentes momentos de este estudio, fue posible la culminación exitosa de este trabajo.

A quienes me apoyaron en la fase de campo, productores, trabajadores, compañeros de trabajo y amigos, que contribuyeron con este esfuerzo de trabajo de tesis **Rafael Laguna, Leonardo Rodríguez, Exequiel Santos Méndez Ocampo, Marvin Méndez Ocampo y Rolando Antonio Rodríguez Cruz**.

Al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (**INTA**) por el financiamiento y la oportunidad de progresar intelectualmente para beneficio y servicio de Nicaragua.

A los profesores de la Universidad Nacional Agraria (**UNA**), Alma Mater, que siempre llevo en mi corazón, por la calidad de su enseñanza y prestigio.

Al Proyecto Regional de Investigación e Innovación en Cadenas de Valor Agrícolas (**PRIICA**) y al Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola, Sede Nicaragua (**IICA**) por introducir el germoplasma de tomate con tolerancia a begomovirus y proporcionar el financiamiento de campo de la primer fase de la investigación.

Ing. Francisco Blandón Aguirre

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Descripción de los sitios donde se establecieron los ensayos de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.	4
2	Condiciones agroclimáticas mes de mayo año 2015 al mes de mayo año 2016.	5
3	Descripción de los cultivares de tomate utilizados en el estudio.	5
4	Escala de severidad de virosis en tomate afectadas por virus transmitido por <i>Bemisia tabaci</i> .	6
5	Escala de severidad de <i>Pseudomonas syringae</i> propuesta por IPGRI, 2001.	9
6	Fertilización edáfica para los cultivares de tomate en estudio.	11
7	Medias para la variable rendimiento total (kg por planta) de 12 cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.	16
8	Medias para la variable rendimiento de frutos comerciales (kg por planta) de 12 cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.	17
9	Medias para la variable número de frutos totales por planta de 12 cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.	19
10	Medias para la variable número de frutos comerciales por planta de 12 cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.	20

11	Medias para la variable peso promedio de frutos comerciales (g) de 12 cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.	23
12	Componentes de varianzas, heredabilidad en sentido amplio, ganancia genética y progreso esperado para los caracteres calculados en 12 genotipos de tomate para consumo fresco <i>Solanum lycopersicum</i> Mill evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.	24
13	Medias para la variable diámetro polar de frutos comerciales por planta de doce cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.	29
14	Medias para la variable diámetro ecuatorial de frutos comerciales por planta de doce cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.	30
15	Medias para la variable grados Brix de frutos de doce cultivares de tomates evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.	41
16	Medias para la variable número de lóculos de frutos de doce cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.	43
17	Clasificación de los cultivares de tomate de acuerdo a la forma del fruto, color e intensidad del color de doce cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.	44
18	Resultados del análisis de correlación en la evaluación de cultivares de tomate en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.	46

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Formas de frutos según IPGRI, (2001).	7
2	Probabilidad de ocurrencias acumuladas para los distintos grados de afectación de la severidad de virosis. Los números en la parte superior de la figura, representan los días después del trasplante que se realizaron los muestreos.	32
3	Probabilidad de ocurrencias acumuladas para los distintos grados de afectación de la severidad de <i>Alternaria solani</i> . Los números en la parte superior de la figura, representan los días después del trasplante que se realizaron los muestreos.	35
4	Probabilidad de ocurrencias acumuladas para los distintos grados de afectación de la severidad de mildiu. Los números en la parte superior de la figura, representan los días después del trasplante que se realizaron los muestreos.	37
5	Probabilidad de ocurrencia de <i>Pseudomona</i> según los días después del trasplante.	38
6	Contribución de los efectos aleatorios en las estimaciones de los grados de incidencia de todas las variables. Los coeficientes corresponden al BLUP.	40
7	Dendograma resultante del análisis de conglomerado con las variables del componente del rendimiento en la evaluación de cultivares de tomate en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.	48
8	Grafico Biplot según el plano conformado para los dos componentes principales (CP1 y CP2), evaluación de cultivares de tomate en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.	50

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Plano de campo de evaluación y selección de líneas de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> MILL) tolerantes a enfermedades y con alta productividad en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.	60
2	Medias para la variable rendimiento total (kg ha^{-1}) de 12 cultivares de tomates evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.	61

Evaluación y selección de líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) tolerantes a enfermedades y con alta productividad en San Isidro, Darío y Jinotega, primera y postrera 2015

RESUMEN

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) en Nicaragua es de gran importancia debido a que es la hortaliza más demandada y consumida. Anualmente se cultivan 2,000-2,500 ha, con rendimientos promedio de 12–18 ton ha⁻¹. Se evaluaron diez líneas de tomate, en cuatro localidades en el Centro de Difusión Tecnológica San Isidro, comunidad San Juanillo, Las Delicias, Ciudad Darío, Matagalpa y Valerio, Concordia, Jinotega, en los meses de junio y noviembre 2015, con el objetivo de identificar cultivares de tomate tolerantes a geminivirus, que se adapten a las condiciones de producción de los agricultores del Valle de Sébaco, Matagalpa y Jinotega. El diseño experimental utilizado fue un Bloque Completo al Azar con 12 tratamientos y cuatro bloques. A los datos obtenidos se les realizó un Análisis de Varianza y una separación de medias Duncan utilizado el programa InfoStat 2015. Se registró la información de diez variables basadas en el comportamiento agronómico, siete cuantitativas y tres cualitativas. En todos los ambientes la variedad que presentó las mejores características agronómicas, mejor rendimiento total y comercial y tolerancia a geminivirus fue INTA JL – 5, seguido de los genotipos 1008 Nicaragua, 1008 Honduras, 1004 y CLN 3125 L. Los cultivares que interactúan menos con el ambiente y que presentaron un comportamiento estable son 1008 Nicaragua, 1003, INTA JL – 5, 1004 y CLN 3125 L, además presentaron altos rendimientos que oscilaron entre 2.19 a 3.18 kg por planta. El método de mejoramiento para rendimiento, dentro de la población estudiada, sería la selección, tomando como índice apropiado el número de frutos comercial pero sin descuidar el número de frutos total. Se seleccionó a la variedad INTA JL – 5 con el mejor rendimiento, peso y calidad de frutos, seguido de la línea 1008 Nicaragua, 1008 Honduras, 1004 y 1003.

Palabras clave: Severidad, Tomate, Líneas, Tolerancia, Geminivirus.

Evaluation and selection of tomato lines (*Solanum lycopersicum* Mill) tolerant to diseases and with high productivity in San Isidro, Dario and Jinotega, first and last 2015

ABSTRACT

The tomato crop (*Solanum lycopersicum* Mill) in Nicaragua is of great importance because it is the most demanded and consumed vegetable. Every year 2,000-2,500 ha are cultivated, with average yields of 12-18 ton ha⁻¹. Ten tomato lines were evaluated in four locations in the San Isidro Technological Diffusion Center, San Juanillo community, Las Delicias, Dario city, Matagalpa and Valerio, Concordia, Jinotega, in the months of June and November 2015, with the objective of identify tomato cultivars tolerant to geminiviruses, adapted to the production conditions of the farmers of the Sébaco Valley, Matagalpa and Jinotega. The experimental design used was a Complete Randomized Block with 12 treatments and four blocks. The data obtained were analyzed using a variance analysis and a Duncan media separation using InfoStat 2.015 program. Information was recorded on ten variables based on agronomic behavior, seven quantitative and three qualitative. In all environments the variety that presented the best agronomic characteristics, the best total and commercial yield and tolerance to geminivirus was INTA JL - 5, followed by the genotypes 1008 Nicaragua, 1008 Honduras, 1004 and CLN 3125 L. Cultivars that interact less with the environment and that showed a stable behavior are 1008 Nicaragua, 1003, INTA JL - 5, 1004 and (CLN 3125 L, also showed high yields ranging from 2.19 to 3.18 kg per plant.) The improvement method for yield, within the studied population, would be the selection, taking as an appropriate index the number of commercial fruits but without neglecting the total number of fruits. The INTA JL - 5 variety was selected with the best yield, weight and fruit quality, followed by line 1008 Nicaragua, 1008 Honduras, 1004 and 1003.

Keywords: Severity, Tomato, Lines, Tolerance, Geminivirus

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) es originario de la costa occidental de los Andes (Perú, Bolivia y Ecuador), región en la que se pueden encontrar una gran cantidad de variedades silvestres (Smith, 1994, citado por Cerda, 2011). Sin embargo, Jaramillo *et al.*, (2006), afirman que aunque es originario de América del Sur, entre las regiones de Chile, Ecuador y Colombia; su domesticación se realizó en el sur de México y norte de Guatemala.

Los principales países productores son China, Estados Unidos, Turquía, Egipto, Italia, India, Irán, España, Brasil y México, los cuales contribuyen con cerca del 70 % de la producción mundial (Jaramillo, 2006). En Centroamérica los mayores productores de tomate son Guatemala, Honduras y Costa Rica (EDA, 2006).

En Nicaragua se cultivan entre 2,000 a 2,500 hectáreas de cultivo de tomate, de estas el 30% se cultiva en Jinotega seguido de Matagalpa y Estelí con porcentajes importantes de 27% y 18% respectivamente (INIDE, 2005). La siembra de este cultivo está en manos de pequeños y medianos horticultores, no existiendo entre ellos una estandarización de las tecnologías utilizadas para el manejo de este cultivo, existen desde sistemas de siembras tradicional con limitadas prácticas de manejo hasta el uso de túneles, la diferencia de estos lo hace las productividades obtenidas.

El tomate es la hortaliza más importante en la alimentación de los nicaragüenses; como comestible en ensaladas y salsas, como condimento y en su estado verde, también se utiliza en encurtidos y conservas. A nivel de industria de enlatados lo utilizan deshidratado o procesado para sopas, salsas, pasta y jugos. El consumo per cápita en gramos netos diarios en el patrón alimentario de los nicaragüenses es de 29.5 gramos, lo que equivale a 81.4% de suficiencia alimentaria (MIFIC, 2007).

Las enfermedades causadas por geminivirus son mencionadas reiteradamente como la limitante biótica para la producción de tomate en América tropical. (Polston y Anderson, 1997). En algunos países (p.e. Nicaragua), zonas completas dedicadas a la producción de tomate han sido destruidas por uno o más geminivirus (CATIE, 1999).

Debido a la forma de infección de las plantas a través de insectos vectores, en especial cuando se trata de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), las alternativas de control deben ser de carácter integral, incluyendo medidas de control cultural, control químico y la inclusión de cultivares con tolerancia o resistencia genética, siendo esta última una de las alternativas más efectiva, ya que contribuye a reducir los niveles de utilización de insecticidas para el control del insecto vector, lo que repercute en una menor contaminación, además de reducir los costos de producción (Ruíz, 2008).

Nicaragua depende para la producción del tomate de la importación de semilla. Aproximadamente el 80% de la semilla es importada y el 20% es producida por el propio agricultor, especialmente del tipo de consumo fresco. En el mercado nicaragüense existen híbridos tolerantes a virosis, pero éstos requieren de comprar la semilla en cada ciclo de producción y por general esta tiene altos costos, por lo tanto no están al alcance de los productores de pequeña y mediana escala dedicados a este cultivo. Esto ha imposibilitado mejorar la rentabilidad, obligando en muchos casos a los productores a abandonar la producción de este cultivo (Ruíz, 2008).

Los genotipos que muestren rendimiento superior o similar al testigo pueden ser utilizados en los sistemas de producción, con la ventaja de ser líneas puras, lo que permite la obtención de semilla sin perder la identidad genética y a menores costos. Se hace necesario entonces, introducir cultivares con fuentes genéticas de tolerancia a este problema, evaluar su comportamiento y adaptación a las condiciones ecológicas predominantes en el país, utilizando los métodos estadísticos adecuados, seleccionar los cultivares cuyo comportamiento agronómico es el mejor, para posteriormente poder ser validados en diferentes ambientes de la Zona Centro Norte.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Identificar cultivares de tomate tolerantes a geminivirus, que se adapten a las condiciones de producción de los agricultores del Valle de Sébaco, Matagalpa y Jinotega.

2.1 Objetivos específicos

1. Evaluar el rendimiento y características agronómicas de 12 cultivares de tomate incluidos en el estudio.
2. Determinar la tolerancia a geminivirus presentes de los cultivares de tomate incluidos en el estudio.
3. Determinar la interacción genotipo ambiente de los cultivares de tomate incluidos en el estudio.
4. Determinar la heredabilidad en sentido amplio de principales índices cuantitativas de los cultivares de tomate incluidos en el estudio.
5. Seleccionar cultivares de tomate con alto potencial de rendimiento y calidad de frutos en las distintas zonas de producción de tomate de los departamentos de Matagalpa y Jinotega, Nicaragua.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del ensayo

El estudio se realizó en los meses de junio a noviembre en el año 2015, con la colaboración de técnicos de investigación e innovación tecnológica, promotores y productores experimentadores de tomate, se establecieron cuatro parcelas de evaluación ubicadas en los municipios de San Isidro, Darío y Concordia de los departamentos de Matagalpa y Jinotega.

Los ensayos fueron en campo abierto con una dimensión de 25 metros de largo y 58.6 metros de ancho, para un área de 1,465.00 m². En la época de primera las investigaciones fueron establecidos en la tercera y primer semana de los meses de julio y agosto de 2015, culminando con la cosecha en octubre y noviembre del mismo año, en la época de postrera las parcelas fueron establecidas en la tercera y cuarta semana del mes de noviembre de 2015, concluyendo la etapa de cosecha en el mes de abril de 2016.

Cuadro 1. Descripción de los sitios donde se establecieron los ensayos de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015

Comunidad	Municipio	Coordenadas	Altitud (msnm)	Fecha de:	
				Siembra	Cosecha
CDT	San Isidro*	12°54'3.28"N; 86°11'4.80"O	454	Jul.	Oct/2015
San Juanillo	Darío*	12°48'10.7"N; 86°03'10.2"O	411	Ago.	Nov/2015
Valerio	Concordia**	13°10'00.0"N; 86°10'13.8"O	766	Nov.	Abri/2016
Las Delicias	Darío**	12°42'05.1"N; 86°03'10.5"O	416	Nov.	Abri/2016

* Ensayos complementarios con riego. **Ensayos con riego

En la época de primera, las condiciones agroclimáticas registraron temperatura media de 26.1°C, la humedad relativa media fue de 76.28% y la precipitación total fue de 350.9 mm, siendo el mes más lluvioso el de octubre con 192.2 mm. En la época de postrera, las condiciones de siembra en las comunidades Valerio, Concordia y Las Delicias, Darío es riego complementario. La temperatura media fue de 25.5°C, la humedad relativa fue de 68.2% y la precipitación total fue de 84.4 mm, reduciéndose en mes de noviembre a 82.2 mm (Cuadro 2).

Cuadro 2. Condiciones agroclimáticas mes de mayo año 2015 al mes de mayo año 2016

Datos climáticos	Mes/2015						Mes/2016				Media/ Total
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	
Humedad Relativa	75.0	73.1	79.0	81.0	76.0	72.0	66.0	61.0	67.0	63.0	71.31*
Precipitación (mm)	57.9	73.2	27.4	192.2	82.4	2.0	0.0	0.0	0.0	15.3	450.4+
Temperatura	25.6	26.9	26.4	25.5	25.1	25.6	24.7	25.4	27.0	27.8	26.0*

*promedios; + total

3.2 Diseño metodológico

El diseño experimental utilizado fue en Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones. Cada parcela experimental constó de cuatro surcos de cinco metros de largo, espaciados a una distancia de 1.2 metros entre surco y 0.5 metros entre planta, para una densidad poblacional de 16,666 plantas por hectárea. Los datos de todas las variables evaluadas fueron tomados de diez plantas elegidas al azar de la parcela útil (Ver Anexo 1)

3.3 Material genético

En los ensayos se evaluaron 12 cultivares de tomate con tolerancia-resistencia a geminivirus, que provienen de Centros Internacionales, Instituciones de Investigación Agrícola de Centro América y otros países (Cuadro 3), incluyendo dos variedades testigos, que fueron la referencia para el comportamiento agronómico y sanitario de las líneas evaluadas.

Cuadro 3. Descripción de los cultivares de tomate utilizados en el estudio

Tratamiento	Cultivares	Composición Genética	Habito de crecimiento	Origen
1	1008 Nicaragua	Línea	Indeterminado	AVRDC (Taiwán)
2	1003	Línea	Indeterminado	AVRDC (Taiwán)
3	1004	Línea	Indeterminado	AVRDC (Taiwán)
4	1008 Honduras	Línea	Indeterminado	AVRDC (Taiwán)
5	1032	Línea	Indeterminado	AVRDC (Taiwán)
6	Anabella 099 F ₁	Línea	Indeterminado	ICTA Guatemala
7	CLN 3125 L	Línea	Indeterminado	AVRDC (Taiwán)
8	1 x 10	Línea	Indeterminado	Wisconsin University
9	ST 1066 F ₁	Línea	Indeterminado	ICTA Guatemala
10	ST 1688 F ₁	Línea	Indeterminado	ICTA Guatemala
11	INTA JL - 5	VPA	Indeterminado	AVRDC (Taiwán)
12	Peto 98	Línea	Determinado	Peto Seed

AVRDC (Asian Vegetable Research and Development Center), VPA (Variedad de Polinización Abierta), ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola)

3.4 Variables evaluadas

3.4.1 Índice de severidad de virosis

Para determinar el grado de severidad de virosis, la escala utilizada fue la propuesta por REDCAHOR, (1999) modificada por Rojas *et al.*, (2000) y luego por Jiménez-Martínez *et al.*, (2008). Se realizaron cuatro recuentos, efectuados a los 34, 41, 48 y 56 días después de trasplantado el cultivo, tomando al azar una estación de diez plantas por repetición y por línea.

Cuadro 4. Escala de severidad de virosis en tomate afectadas por virus transmitido por *Bemisia tabaci*

Escala	Severidad (síntomas)
0	No hay síntomas
1	Débil mosaico y corrugado en la lámina foliar en las hojas
2	Mosaico y corrugado de las hojas generalizado
3	Mosaico, corrugado y deformación de hojas
4	Enanismo y deformación severa

3.4.2 Número de frutos cosechados por planta.

Se contaron los frutos cosechados por planta en la parcela útil, incluyendo sólo los frutos que no presentaron daños por gusano del fruto ni deficiencia de calcio. En los ensayos establecidos en fincas de productores, se realizaron siete cortes, mientras que el ensayo establecido en el Centro Experimental Valle de Sébaco fueron cinco cortes.

3.4.3 Diámetro polar del fruto (cm).

Se realizó con vernier y expresado en centímetros, medida desde la cicatriz del pedúnculo hasta el ápice del fruto.

3.4.4 Diámetro ecuatorial del fruto (cm).

Se realizó con vernier y expresado en centímetros, medido transversalmente en la parte más ancha del fruto.

3.4.5 Peso del fruto (g).

La variable fue realizada pesando todos los frutos de cada planta elegidas al azar en los dos surcos de la parte central de cada tratamiento.

3.4.6 Rendimiento total por planta⁻¹.

La estimación del rendimiento total fue realizada de acuerdo a la producción de frutos comerciales y no comerciales por planta de cada cultivar, realizándose cosechas cada cuatro días, los frutos fueron contados, pesados y clasificados, obteniendo el peso en gramos, convirtiéndolo en kilogramos por planta.

3.4.7 Número de lóculos.

Esta variable fue tomada realizando un corte transversal por la parte más ancha del fruto (diámetro ecuatorial) a diez frutos comerciales, procediendo a contar el número de lóculos.

3.4.8 Grados Brix.

Se utilizó un refractómetro portable de mano marca Atago N1, Brix 0~32%., tomando una pequeña muestra de jugo de tomate que se colocó en el prisma de medición, esparciendo uniformemente, anotando la lectura observada.

3.4.9 Forma del fruto.

Esta variable fue tomada para cada fruto de los diferentes cultivares, dado que es una variable cualitativa, se utilizó la tabla de formas de frutos de los descriptores varietales propuestas por el IPGRI, (2001). 1. Achatado, 2. Ligeramente achatado, 3. Redondeado, 4. Redondo-alargado, 5. Cordiforme, 6. Cilíndrico (oblongo-alargado), 7. Piriforme, 8. Elipsoide (forma de ciruela), 9. Otro (especificar en el descriptor).

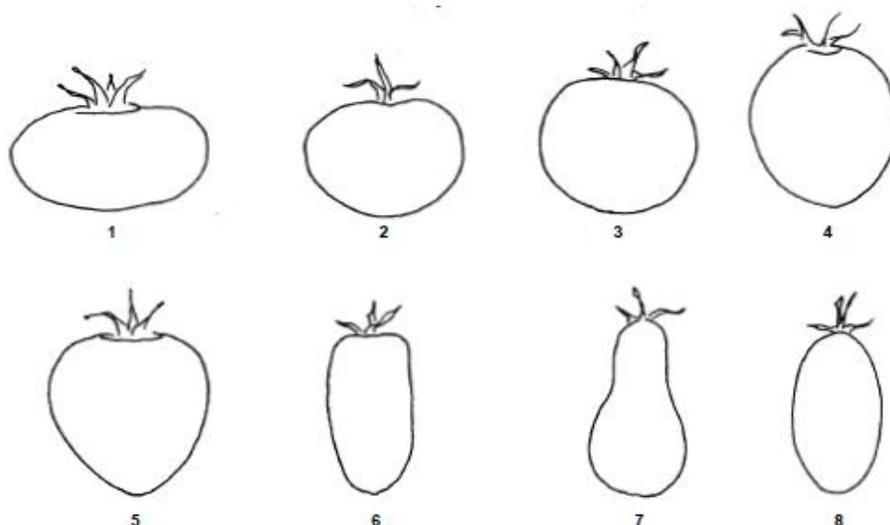


Figura 1. Formas de frutos según IPGRI, (2001).

3.4.10 Severidad de *Alternaria solani*

El registro de las medias de la incidencia de *Alternaria solani* fue categorizada de acuerdo a una escala de cuatro grados, propuesta por IPGRI, (2001). Los niveles de afectación son; 0= Resistente; 1= Tolerante; 2= Moderadamente tolerante; 3= Susceptible, Esta escala logra el beneficio de la comparación de los datos obtenidos a nivel de los diferentes ambientes aplicando un criterio uniforme.

A partir de los 34 días después de trasplantado, los recuentos fueron realizados semanal, para determinar el índice de severidad de *Alternaria solani*. En total se efectuaron cuatro recuentos, siendo el último a los 56 días después del trasplante.

3.4.11 Severidad de *Oidium neolycopersici*

Al igual que la severidad de virosis y alternaria, para evaluar el grado de afectación de severidad de mildiu se realizaron cuatro recuentos, efectuados a los 34, 41, 48 y 56 días después de trasplantado el cultivo, tomando al azar una estación de diez plantas por repetición y por línea. Las medias fueron categorizadas en cuatro niveles iniciales, propuesto por IPGRI, (2001). Los niveles de afectación descrita son: 0= Resistentes; 1= Tolerante; 2= Moderadamente tolerante; 3= Susceptible.

3.4.12 Severidad de *Pseudomonas syringae*

Para el caso de la *Pseudomonas syringae* esta actividad se realizó según escala de cinco grados propuesta por IPGRI, (2001). Los recuentos fueron efectuados a los 34, 41, 48 y 56 días después de trasplantado el cultivo, tomando al azar una estación de diez plantas por repetición y por línea.

Cuadro 5. Escala de severidad de *Pseudomona syringae* propuesta por IPGRI, (2001)

Severidad	Porcentaje (%)	Características
1	0	No hay manifestación de síntomas
3	10	No más del 10% del follaje total está marchito y/o clorótico
5	25	Hojas están marchitas y/o cloróticas.
7	50	Hojas están marchitas y/o cloróticas
9	100	Plantas muertas o severamente infectadas que muestran prácticamente todo su follaje marchito, con clorosis, necrosis y/o defoliación permanente

3.5 Manejo agronómico

El manejo del cultivo se realizó acorde con las prácticas del productor, siendo igual para todos los cultivares en estudio.

3.5.1 Establecimiento de semillero en condiciones de casa malla

Los semilleros fueron establecidos bajo condiciones de invernadero (casas mallas) ubicados en el Centro de Difusión Tecnológico y en cada finca de productores colaboradores, usando bandejas de polietileno de 128 celdas, rellenas con mezcla de cascarilla de arroz carbonizada y abono orgánico lombrihumus en partes iguales, desinfectando con una solución de 3 cm³ de Propamocarb/Fosetil-aluminio y 5 cm³ de Carbendazim por litro de agua, procediendo a sembrar una semilla por orificio a una profundidad de medio centímetro. Para evitar la deshidratación de las plántulas de tomate hubo que aplicarse el riego dos veces al día, en la mañana y en la tarde.

3.5.2 Preparación del terreno

En todos los ensayos la preparación del terreno fue de manera convencional, con un pase de arado rowplow y dos de grada, el levantado de los surcos se hizo mecánicamente con surqueador halado por tractor.

3.5.3 Trasplante

Realizado a los 22 días después de la germinación de las semillas cuando las plántulas alcanzaron una altura de 10 y 15 centímetros, utilizando plántulas sanas y vigorosas con un número de cuatro a seis hojas aproximadamente, antes del trasplante se aplicó riego por gravedad colocando las plántulas a una profundidad de cinco centímetros.

3.5.4 Tutoreo y amarre

La actividad de tutoreo inició desde que la planta tenía 25 cm de altura utilizando el sistema de espalderas, que consistió en colocar estacas de unos 10 centímetros de grosor y de 2 metros de largo en los extremos y centro del surco (cada 3 metros), extendiendo dos hilos de cuerda de nylon con un espaciado de 15 centímetros en cada línea, con el propósito de sujetar a la planta y evitar el contacto directo del follaje y los frutos con el suelo.

3.5.5 Riego

En los ambientes establecidos en el mes de junio, hubo que aplicar riego complementario cuando el cultivo lo requería, debido a que fue época de lluvia. En los ambientes efectuados en el mes de noviembre, el riego fue realizado por goteo con período inicial de 30 minutos durante los primeros 30 días después del trasplante, aumentando la permanencia conforme el desarrollo del cultivo a 45 minutos, luego una hora al día hasta llegar a dos horas al día (una por la mañana y otra por la tarde). Las cintas o mangueras de riego utilizadas fueron de 16 milímetros de diámetro, diez centímetros entre gotero, un litro por hora por gotero o diez litros por hora por metro.

3.5.6 Fertilización

La fertilización foliar inició a los 8 días después del trasplante en dosis de 1 kg ha⁻¹, realizándose una vez a la semana hasta inicio de floración, utilizando Multifeed solanáceas (18-18-23+EM), Tacre Zinc (Zinc (Zn) 10.0%, Potasio (K₂O) 2.0%, Azufre (S) 0.14%, Boro (B) 0.02%, Acido Carboxílico 4.0%, Acido Húmico 1.0%), Tacre CAB (Calcio (Ca) 7.5%, Nitrógeno (Nitrato) 2.0%, Potasio (K₂O) 2.0%, Boro (B) 1.0%, Acido Carboxílico 2.0%) y Tacre Mag (Magnesio (Mg) 5.0%, Potasio (K₂O) 2.0%, Nitrógeno (Nitrato) 2.0%, Azufre (S) 1.0%, Acido Carboxílico 4.0%, Acido Húmico 1.0%).

Posteriormente desde el inicio de formación de frutos hasta la cosecha los productos utilizados en las aplicaciones foliares fueron Tacre Knir (Potasio (K₂O) 53.5%, Fósforo (P₂O₅) 20.0%, Acido Húmico 2.0%, Azufre (S) 800 ppm., Magnesio (MgO) 800 ppm., Boro (B) 100 ppm., Calcio (Ca) 50 ppm., Acido Giberélico 25 ppm., Sodio (Na) 25 ppm., Cobalto (Co) 25 ppm., Cloro (Cl) 25 ppm., Cerio (Ce) 25 ppm., Lantano (La) 25 ppm., Níquel (Ni) 25 ppm.) cada ocho días. En el cuadro 5 se muestra las cuatro aplicaciones edáficas realizadas en los diversos ambientes que componen el estudio.

Cuadro 6. Fertilización edáfica para los cultivares de tomate en estudio

Aplicaciones	Ddt	Formula	Dosis kg ha ⁻¹
1	0	18-46-0	325.00
2	20	46-0-0	130.00
3	40	46-0-0	130.00
		0-0-60	65.00
4	55	46-0-0	130.00
		0-0-60	65.00

Ddt (días después del trasplante), 18 – 46 – 0: Fosfato Diamónico, 46 – 0 – 0: Urea, 0 – 0 – 60: Muriato de potasio

3.5.7 Control de plagas y enfermedades

No se realizaron aplicaciones de insecticidas para el control de mosca blanca tratando de asegurar altas poblaciones de esta plaga y por ende lograr la transmisión de geminivirus. Para el manejo de gusanos del fruto los productos aplicados fueron Spintor 12 SC (Spinosad) en dosis de 0.25 l ha⁻¹ y Proclaim 5 SG (Benzoato de emamectina) en dosis de 0.15 kg ha⁻¹, además aplicaciones de Monarca 11,25 SE (Thiacloprit/Beta-Cyflutrina) en dosis de 0.5 l ha⁻¹.

Para el manejo de enfermedades vasculares o mal de talluelo transmitidos por complejo de hongos tales como *Rhizoctonia solani* Kuehn, *Phytophthora* sp, *Phytium* sp, *Fusarium* sp, *Sclerotium* sp y *Verticillium* sp., se utilizó Prevalor 84 SL (Propamocarb/Fosetil-aluminio) en dosis de 0.6 l ha⁻¹ y Carbendazim 50 SC (Carbendazim) en dosis de 1.4 l ha⁻¹ una vez semanal a partir del cero días después de trasplante.

Para el manejo de enfermedades fungosas y bacterianas en el follaje las aplicaciones fueron realizadas de acuerdo a los resultados obtenidos de los recuentos efectuados cada tres días, a partir de los 21 días después del trasplante. Los productos empleados fueron fungicidas y bactericidas sistémicos Bellis 38 WG (Pyraclostrobin 12.8 % y Boscalid 25.2 %) en dosis de 0.25 kg ha⁻¹, Amistar 50 WG (Azoxystrobina + Cyproconazole) en dosis de 0.15 kg ha⁻¹) y Phytan 24 SC (Sulfato de Cobre Pentahidratado + Oxitetraciclina).en dosis de 0.6 l ha⁻¹.

3.6 Procesamiento de datos y análisis estadístico

Para el análisis de los resultados de rendimiento el paquete estadístico utilizado fue InfoStat (Di Rienzo 2015).

Para discriminar los mejores o peores tratamientos se realizó separación de medias recurriendo a la prueba de rangos múltiples Waller-Duncan al 5 % de error (P = 0.05). Para las variables evaluadas con escala y que no correspondían con los supuestos de ANDEVA, fueron transformados por el método de raíz cuadrada.

Se realizó un análisis de varianza individual y combinado con un modelo mixto (líneas como efectos fijos, ciclos como efectos aleatorios y repeticiones anidadas en ciclos), para determinar diferencias entre los cultivares dentro de cada ambiente y a nivel general. Previo al efectuar el análisis de varianza se comprobó si los datos tenían distribución normal y si había homogeneidad de varianza dentro de cada ensayo y el combinado utilizando las pruebas de Shapiro-Wilks y prueba de Levene respectivamente, estas pruebas fueron ejecutadas para saber si era necesario realizar otros tipos de transformaciones a los datos.

Para los datos de alguna de las variables ya transformadas que no cumplieron con los criterios de normalidad y homogeneidad se realizó pruebas no paramétricas como chi cuadrado y Kruskal-Wallis. Para evaluar el grado de afectación de severidad de virosis y *Alternaria solani* con análisis de varianza para datos ordinal con efecto aleatorio de productor. La función de distribución para el modelo fue acumulativa y la función de enlace fue logit (Agresti, 2010). El modelo evaluó efectos simples de variedad y días después del trasplante y su interacción, declarando el productor como efecto aleatorio, esto permite contemplarlo como bloques aleatorios.

Al igual que la severidad de virosis y alternaria, para evaluar el grado de afectación de severidad de mildiu este fue con análisis de varianza para datos ordinal con efecto aleatorio de productor.

Para el caso de la *Pseudomonas syringae* como solo presentaba dos niveles de afectación el análisis de varianza fue para datos binarios a través de modelos lineales generalizado mixto con distribución Bernoulli y función de enlace logit (Agresti, 2002), utilizado para modelar datos ordinales, multinomiales, binarios o proporciones, es decir es una transformación que internamente usa el GLM binomial, multinomial, ordinal u otras familias de distribuciones. (Agresti, 2002). El modelo fue realizado con la función glmer, un algoritmo que sirve para realizar modelos generalizados mixtos, la librería que contiene esta función es lme4, disponible en el programa R (Bates *et al.* 2015) con la interface InfoStat (Di Rienzo 2015).

El modelo evaluó efectos simples de variedad y días después del trasplante y su interacción. La prueba de hipótesis fue basada con estadístico Chi cuadrado basado en el cociente de verosimilitud (Likelihood ratio tests, Pruebas de relación de probabilidad). Los análisis fueron realizados en el paquete estadístico R 3.1.0 (R Development Core Team, Equipo de desarrollo de base, 2015) con la función clmm de la librería ordinal, este es un algoritmo para efectuar regresiones o anova (análisis de varianza) con variables ordinales con efecto aleatorios. Es un paquete o librería que ejecuta el programa R. (Bojesen. 2015).

La contribución o desempeño de la localidad sobre los niveles de incidencia de cada variable se realizó extrayendo de cada modelo los coeficientes BLUP (Best linear unbiased prediction).

El análisis de conglomerados fue hecho por el método de Euclídea, el que permite determinar la similitud y diferencia entre los genotipos en el estudio. En todos los modelos el productor fue declarado como efecto aleatorio, esto permite contemplarlo o pensarlo como bloques aleatorios.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento total y comercial en kilogramo por planta⁻¹

El rendimiento de un cultivo está determinado por la capacidad de acumular biomasa (materia seca) en los órganos destinados a la cosecha (Ponce, 2010; Casierra *et al.*, 2007). De la Casa y Ovando, (2012) consideran que el rendimiento de un cultivo está determinado por sus características genéticas y las condiciones que prevalecen durante el período de crecimiento, tales como las condiciones climáticas, fertilidad del suelo, control de plagas y enfermedades, el estrés hídrico y otros factores que afectan el crecimiento del cultivo. En base a lo anterior podemos deducir, que el rendimiento del cultivo de tomate está condicionado por el potencial genético de los cultivares, manejo agronómico y las condiciones ambientales que prevalecen en el lugar de su establecimiento.

La herencia de los atributos morfológicos, productivos, nutricionales y organolépticos de los frutos en tomate es compleja debido a su naturaleza cuantitativa (controlada por muchos genes) (Rodríguez *et al.* 2013). El cultivo de tomate, aprovechable por su fruto, el rendimiento dependerá al mismo tiempo del número de frutos por racimo, su peso medio y de la duración del cultivo (Thicoipe, 2002).

La calidad de fruto de tomate está relacionada principalmente con su color, forma, tamaño, ausencia de defectos, firmeza y sabor, unidos a su capacidad de almacenamiento y resistencia al transporte (Nuez, 1995). El tomate es una hortaliza que progresivamente ha adquirido una gran diversidad refiriéndonos tanto a su aspecto exterior (la forma, el tamaño y el color) como su aspecto interior (sabor, textura, dureza...). También influye el destino del producto, bien sea para consumo fresco o a la industria transformadora. Los frutos comerciales son los llevados al mercado para ser comercializados con el fin de obtener ganancias.

El análisis estadístico para rendimiento total detectó diferencia altamente significativa ($p < 0.0001$), entre tratamientos, localidades y localidades por tratamiento, la separación de medias de Duncan al 5% separa a los cultivares en seis categorías diferentes. En el cuadro 7 se muestra que en todos los ambientes, la variedad que presenta las mejores características agronómicas y mejor rendimiento total es la variedad INTA JL – 5, con rendimiento de 3.18 kilogramos por planta, seguido de los genotipos 1008 Nicaragua, 1008 Honduras, 1004 y CLN 3125 L, en la última categoría se encuentran los cultivares 1032 y 1 x 10, siendo este último el de menor rendimiento con 1.79 kilogramos por planta.

El cultivar testigo y susceptible a virosis Peto 98, únicamente presentó rendimiento en el ambiente Las Delicias, por ello no se incluye en los cuadros. Al realizar conversiones a kg ha^{-1} todos los cultivares, a excepción de Peto 98 presentaron una tendencia en cuanto al rendimiento que superan la producción promedio nacional $25,200 \text{ kg ha}^{-1}$, según el MAGFOR (2012), además hay que resaltar que INTA JL-5 fue el cultivar que alcanzó la mayor producción (Anexo 1).

En un estudio realizado por Méndez y Herrera (2014) en finca Las Mercedes, UNA y Tisma, Masaya, Nicaragua, escriben que los cultivares 1008, 1032, CLN 3125L, 1x10, y 1004 expresaron un potencial de rendimiento de 1.57, 2.52, 2.65, 1.22 y 1.07 kilogramos por planta respectivamente, podemos observar que estos resultados no varían con los expresados por Méndez y Herrera en el 2014.

Cuadro 7. Medias para la variable rendimiento total (kg por planta) de 12 cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015

Trat.	Genotipo	Ambientes				Combinado**
		CDT San Isidro	San Juanillo	Las Delicias	Valerio	
11	INTA JL – 5	3.10 a	2.63 a	3.89 a	3.12 a	3.18 a
1	1008 Nicaragua	2.61 b	2.27 bc	2.97 b	2.18 b	2.51 b
6	Anabella 099 F ₁	1.67 h	2.16 bcd	2.06 fg	2.19 b	2.02 e
3	1004	2.50 bc	2.01 def	2.82 bc	1.68 d	2.25 c
2	1003	2.26 de	2.40 b	2.80 bcd	1.88 c	2.33 c
9	ST 1066 F ₁	1.97 fg	1.92 ef	2.27 ef	1.90 c	2.02 e
4	1008 Honduras	2.39 cd	2.21 bcd	2.93 b	1.26 f	2.20 d
8	1 X 10	1.86 g	2.09 cde	1.99 g	1.24 f	1.79 f
7	CLN 3125 L	2.34 cd	2.34 b	2.63 cd	1.43 e	2.19 d
10	ST 1688	2.11 ef	2.09 cde	2.53 df	1.92 c	2.16 d
5	1032	1.93 fg	1.86 f	2.28 ef	1.47 e	1.88 f
Media		2.25 b	2.18 c	2.65 a	1.84 d	
Pr>Ambiente						<0.0001**
Pr>Genotipo		<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
Pr>Genotipo * Ambiente						<0.0001**
CV (%)		5.97	7.12	6.65	5.76	6.32
R ²		0.92	0.74	0.93	0.97	0.94

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según Duncan (p > 0.05). ** Los cuatro ambientes

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) para el rendimiento comercial de frutos por planta en todas las localidades y en el combinado, esto indica que existe variabilidad genética para este carácter dentro del grupo de genotipos evaluados. El coeficiente de variación para el combinado fue de 10.44 % esto significa que los datos se tomaron con precisión y la información brindada es confiable.

Los cultivares evaluados mostraron un rango de variación entre 0.43 a 2.06 kilogramos por planta, siendo el genotipo INTA JL-5 el que mostró el mayor rendimiento comercial por planta, seguidos por 1008 Nicaragua, 1008 Honduras, 1004, 1003 y CLN 3125L, el menor valor lo presentó el genotipo 1032, el resto de genotipos mostraron valores intermedios, considerados estadísticamente diferentes (Cuadro 8).

Cuadro 8. Medias para la variable rendimiento de frutos comerciales (kg. por planta) de 12 cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015

Trat.	Genotipo	Ambientes				Combinado**
		CDT San Isidro	San Juanillo	Las Delicias	Valerio	
11	INTA JL – 5	2.05 a	1.32 a	2.80 a	2.08 a	2.06 a
1	1008 Nicaragua	1.69 b	1.05 bc	1.93 b	1.51 b	1.55 b
6	Anabella 099F ₁	0.46 g	0.51 f	0.63 f	0.90 c	0.63 g
3	1004	1.50 c	0.76 de	1.59 c	0.90 c	1.19 d
2	1003	1.13 d	1.02 c	1.32 d	0.76 d	1.06 e
9	ST 1066 F ₁	0.92 e	0.65 e	0.91 e	0.80 d	0.80 f
4	1008 Honduras	1.61 bc	1.17 b	1.76 bc	0.72 d	1.31 c
8	1 X 10	0.91 e	0.88 d	0.97 e	0.57 e	0.83 f
7	CLN 3125 L	1.19 d	1.04 bc	1.29 d	0.53 e	1.01 e
10	ST 1688 F ₁	0.72 f	0.49 f	0.69 f	0.47 e	0.59 g
5	1032	0.57 fg	0.29 g	0.50 f	0.31 f	0.42 h
Media		1.16 b	0.83 c	1.31 a	0.86 c	
Pr>Ambiente						<0.0001**
Pr>Genotipo		<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
Pr>Genotipo * Ambiente						<0.0001**
CV (%)		9.23	10.81	11.28	8.9	10.44
R ²		0.95	0.92	0.97	0.98	0.97

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según Duncan ($p > 0.05$).** Los cuatros ambientes

4.2 Número de frutos totales y comerciales por planta

Los frutos de tomate son bayas formadas por los tabiques del ovario, los lóculos, la semilla y la piel (Huerres y Carballo, 1988). La fructificación está muy ligada a la cantidad y calidad de polen y también a la viabilidad de los óvulos (FAO, 2002). Por otro lado el número de frutos por planta está determinado por el número de flores que son fecundadas y alcanzan a desarrollarse en fruto (Santiago *et al.*, 1998). También está determinado por la cantidad de hojas que actúan como fuente de asimilados de acuerdo con su filotaxia (Quintana *et al.*, 2010). El posible aumento de fotoasimilados disponibles en la planta puede causar mayor cantidad de frutos por racimo, debido a la disminución del aborto floral (Bertin, 1995).

Andriolo y Falcão, (2000); citados por Quintana *et al.*, (2010) expresan que un aumento en el número de frutos/planta puede aumentar la fracción de fotoasimilados asignados a los frutos a expensas del crecimiento de las partes vegetativas. Por otra parte, Benincasa *et al.*, (2006), encontraron que una disminución de frutos por planta contribuyó a aumentar la acumulación de biomasa en las partes vegetativas y a disminuir la eficiencia en el uso de la luz. Puede ser causado porque la mayor cantidad de asimilados en las hojas incrementa el costo de la respiración, ya que las hojas tienen mayores tasas respiratorias que los frutos (Quintana *et al.*, 2010).

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) para el número de frutos totales en todas las localidades y en el combinado, esto indica que existe variabilidad genética para este carácter dentro del grupo de genotipos evaluados. El coeficiente de variación para el combinado fue de 10.22 % esto significa que los datos se tomaron con precisión y la información brindada es confiable.

Los cultivares evaluados mostraron un rango de variación entre 29.59 a 43.39 frutos por planta, siendo el genotipo INTA JL-5 el que mostró el mayor número de frutos por planta, seguidos por ST 1688 y Anabella 099 F₁, el menor valor lo presentó el cultivar 1 x 10, el resto de genotipos mostraron valores intermedios, considerados estadísticamente diferentes, sin embargo en el caso de estos últimos cultivares, el número de frutos por planta no es proporcional al rendimiento en kilogramos por planta, debido a que presentan frutos pequeños (Cuadro 9).

Cuadro 9. Medias para la variable número de frutos totales por planta de 12 cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015

Trat.	Genotipo	Ambientes				Combinado**
		CDT San Isidro	San Juanillo	Las Delicias	Valerio	
11	INTA JL – 5	41.85 a	40.85 a	50.48 a	40.38 a	43.39 a
1	1008 Nicaragua	34.53 b	33.28 c	38.78 d	30.48 d	34.26 ef
6	Anabella 099 F ₁	33.25 b	38.78 a	42.13 bcd	35.93 bc	37.52 c
3	1004	35.53 b	32.65 c	41.28 cd	25.08 e	33.63 f
2	1003	34.80 b	39.10 a	40.95 cd	30.45 d	36.33 cd
9	ST 1066 F ₁	32.80 b	34.93 bc	38.68 d	34.53 c	35.23 de
4	1008 Honduras	33.33 b	34.03 c	43.30 bc	18.70 g	32.34 g
8	1 X 10	29.78 c	34.75 bc	33.00 e	20.85 f	29.59 h
7	CLN 3125 L	35.93 b	39.83 a	39.60 cd	23.93 e	34.82 def
10	ST 1688	34.65 b	40.18 a	45.65 b	36.78 b	37.20 b
5	1032	33.60 b	37.72 ab	43.70 bc	28.70 d	35.93 d
Media		34.55 c	36.92 b	41.59 a	29.62 d	
Pr>Ambiente						<0.0001**
Pr>Genotipo		<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
Pr>Genotipo * Ambiente						<0.0001**
CV (%)		5.69	6.06	6.18	4.58	10.22
R ²		0.76	0.72	0.81	0.97	0.63

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según Duncan (p > 0.05). Los cuatro ambientes**

Es evidente que existe una variación en el número de frutos totales por planta de los genotipos estando en las mismas condiciones ambientales, y aún más si se compara los cuatro ambientes de estudio. González y Laguna, (2004) afirman que las diferencias en peso de fruto entre los genotipos se deben a la constitución genética propias de cada línea y a la influencia ejercida por el ambiente. Escalante, (1989); citado por Ortega, (2010) manifiesta que a mayor tamaño de fruto se tiene menor número de frutos, esto argumenta los valores encontrados en este estudio y se justifica que los cultivares que obtuvieron los mejores resultados, exceptuando INTA JL - 5, respecto al número de frutos por planta, no precisamente presentaron el mejor peso de fruto.

Antonio y Solís, (1999) demostraron que al aumentar el peso del fruto se redujo el número de ellos por planta, existiendo una correlación negativa. De igual forma Lohakare, (2008) expresa que el número de frutos por planta está correlacionado positivamente con el rendimiento, afectando sí al peso del fruto, ya que al producir mayor cantidad de frutos conlleva a una reducción progresiva del peso de los mismos, debido a la competencia que se da entre los frutos por los asimilados que la planta les provee en la etapa del cuajado del fruto.

El análisis de varianza realizado para número de frutos comerciales por planta determinó que existe diferencias altamente significativa ($p < 0.0001$) entre genotipos, ambientes e interacción genotipo * ambiente. El Coeficiente de variación es considerado aceptable (10.03%). Los rangos de número de frutos comerciales por planta variaron desde 5.52 hasta 23.84, siendo el genotipo INTA JL-5 el que mostró el mayor número de frutos por planta, seguidos por 1008 Nicaragua y 1008 Honduras, el menor valor lo presentó el genotipo 1032, el resto de genotipos mostraron valores intermedios, considerados estadísticamente diferentes (Cuadro 10).

Cuadro 10. Medias para la variable número de frutos comerciales por planta de 12 cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015

Trat.	Genotipo	Ambientes				Combinado**
		CDT San Isidro	San Juanillo	Las Delicias	Valerio	
11	INTA JL – 5	23.65 a	17.65 a	30.15 a	23.90 a	23.84 a
1	1008 Nicaragua	19.93 b	13.68 bc	20.85 b	18.30 b	18.19 b
6	Anabella 099 F ₁	6.43 f	6.95 f	8.10 e	11.20 c	8.17 g
3	1004	18.15 b	10.28 de	19.90 b	11.00 c	14.83 d
2	1003	14.63 c	13.93 b	15.63 c	10.28 cd	13.61 e
9	ST 1066 F ₁	11.78 d	8.90 e	11.63 d	9.1 d	10.37 f
4	1008 Honduras	19.60 b	15.40 b	21.58 b	9.15 d	16.43 c
8	1 X 10	12.03 d	12.00 cd	11.85 d	7.63 e	10.88 f
7	CLN 3125 L	15.00 c	13.90 b	15.18 c	6.83 e	12.73 e
10	ST 1688	9.43 e	6.70 f	7.93 e	6.53 e	7.64 g
5	1032	6.78 f	4.14 g	6.78 e	4.38 f	5.52 h
	Media	14.31 b	11.23 c	15.41 a	10.76 d	
	Pr>Ambiente					<0.0001**
	Pr>Genotipo	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
	Pr>Genotipo * Ambiente					<0.0001**
	CV (%)	9.31	10.75	11.06	8.63	10.03
	R ²	0.96	0.94	0.96	0.98	0.97

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según Duncan ($p > 0.05$).** Los cuatro ambiente

Es evidente la variación que existe en la variable número de frutos por planta de los genotipos estando en las mismas condiciones ambientales, y aún más si se compara los cuatro ambientes de estudio.

Ortega, (2010) afirma que para alcanzar mayores calibres es fundamental la poda de frutos, al mismo tiempo, aprovechar para eliminar frutos deformes y conseguir mayor uniformidad de ellos; cabe aclarar que el tamaño de fruto no depende únicamente del número, debido a que cuando hay temperaturas altas (mayores de 38°C) puede ocurrir una mala o nula fecundación y por lo tanto, los que tienen una mala fecundación no tienen una gran cantidad de semillas, en consecuencia los frutos obtenidos son frutos pequeños y mal formados. Ponce, (1995) mencionó que la competencia se establece entre los frutos de un mismo racimo, y tiende a disminuir el tamaño del fruto por inflorescencia, siendo pequeños los del extremo y más en los últimos racimos de la planta.

4.3 Peso promedio de fruto comercial

El peso es un carácter descriptivo del fruto del tomate y no solo depende del genotipo de cada variedad, sino que además depende de las condiciones del cultivo. El fruto del tomate es una baya bi y plurilocular que presenta formas muy variadas, así como distintos tamaños y colores. El tamaño del fruto depende principalmente del número de óvulos fecundados, pero hay muchos otros factores que juegan un papel importante, como por ejemplo la nutrición, el riego, la temperatura y el número de lóculos. Las variedades biloculares, sometidas a estrés hídrico con temperaturas elevadas, producen frutos más pequeños y redondeados (FAO, 2002).

Por lo general se obtendrán frutos de buen tamaño, a partir de las flores de buena calidad, desarrollados en racimos de 5 a 12 flores. (FAO, 2002). Las variedades más rústicas presentan frutos pequeños de poco peso, las variedades de uso industrial pesan generalmente de 50-120 gramos pero los frutos para ensalada generalmente alcanzan más de 150 gramos siendo en algunas variedades de hasta 500 gramos y más (Huerres y Carballo 1988).

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) para peso promedio de frutos comerciales en el ambiente Las Delicias y en el combinado, esto indica que existe variabilidad genética para este carácter dentro del grupo de genotipos evaluados. El coeficiente de variación para el combinado fue de 0.95 % esto significa que los datos fueron tomados con precisión y la información brindada es confiable. Los cultivares evaluados mostraron un rango de variación entre 73.52 a 82.8 gramos por fruto, siendo el genotipo INTA JL-5 el que mostró el mayor peso por fruto, seguido por 1008 Nicaragua, el menor valor lo presentó el cultivar ST 1688, el resto de genotipos mostraron valores intermedios, considerados estadísticamente diferentes (Cuadro 11).

En el ambiente Las Delicias el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas para peso promedio de frutos comerciales ($p < 0.0001$), esto indica que existe variabilidad genética para este carácter dentro del grupo de genotipos evaluados. El coeficiente de variación para este ambiente fue de 2.46 %. Los cultivares evaluados mostraron un rango de variación entre 92.67 a 73.45 gramos por fruto, siendo el genotipo INTA JL-5 el que mostró el mayor peso por fruto, seguido por 1008 Nicaragua, el menor valor lo presentó el cultivar 1032, el resto de genotipos mostraron valores intermedios, considerados estadísticamente diferentes (Cuadro 11).

Cuadro 11. Medias para la variable peso promedio de frutos comerciales (g) de 12 cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015

Trat.	Genotipo	Ambientes				Combinado**
		CDT San Isidro	San Juanillo	Las Delicias	Valerio	
11	INTA JL – 5	86.81 a	74.61 bc	92.67 a	86.80 a	82.81 a
1	1008 Nicaragua	84.81 b	77.03 a	92.36 a	82.58 b	81.43 b
6	Anabella 099 F ₁	71.18 i	73.66 cde	78.16 f	80.29 c	75.04 g
3	1004	82.75 d	73.48 de	80.24 ef	81.67 b	79.30 c
2	1003	77.45 g	72.98 e	84.49 bcd	74.02 g	74.82 g
9	ST 1066 F ₁	77.85 g	72.99 e	78.16 f	77.17 de	76.00 f
4	1008 Honduras	81.97 e	75.61 e	81.94 cde	78.22 d	78.60 d
8	1 X 10	75.44 h	73.57 de	81.57 de	75.28 f	74.76 g
7	CLN 3125 L	79.00 f	74.65 bcd	84.99 bc	76.84 e	76.83 e
10	ST 1688	75.96 h	72.73 e	85.94 b	71.87 h	73.52 h
5	1032	83.90 c	70.91 f	73.45 g	70.24 i	75.02 g
	Media	79.74 b	73.86 d	83.09 a	77.72 c	
	Pr>Ambiente					<0.0001**
	Pr>Genotipo	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
	Pr>Genotipo * Ambiente					<0.0001**
	CV (%)	0.64	1.05	2.46	1.01	0.95
	R ²	0.99	0.86	0.93	0.97	1.00

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según Duncan ($p > 0.05$).** Ambientes CDT San Isidro, San Juanillo y Valerio

4.4 Heredabilidad y Ganancia genética esperada

En el estudio de caracteres cuantitativos, muy afectados por el ambiente, es necesario conocer la proporción heredable de la variación fenotípica y los principales tipos de acciones génicas que controlan dichos caracteres.

El coeficiente de heredabilidad, en sentido estrecho, es considerado como uno de los parámetros genéticos más importantes, por cuanto indica la proporción de la varianza fenotípica atribuible al efecto medio de los genes y también por su papel predictivo, por expresar la confianza del valor fenotípico como guía para seleccionar un valor genético. El coeficiente de heredabilidad en sentido amplio superestima el valor genético, a través de la selección del valor fenotípico, por cuanto la varianza genética no aditiva está presente.

En este estudio fue determinada la heredabilidad en sentido amplio, porque no se dispuso de un modelo y método de mejoramiento, por ello no puede ser estipulada la varianza aditiva.

También no se trabajó con intensidad de selección por que la cantidad de genotipos evaluados son pocos.

Cuadro 12. Componentes de varianzas, heredabilidad en sentido amplio, ganancia genética y progreso esperado para los caracteres calculados en 12 genotipos de tomate para consumo fresco *Solanum lycopersicum* Mill evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015

Caracteres	Número de frutos comerciales por planta	Rendimiento comercial en kilogramo por planta	Número de frutos totales por plantas	Rendimiento total en kilogramo por planta
σ^2_e	1.68	0.01	4.33	0.02
$\sigma^2_{T \times L}$	6.56	0.0575	9.94	0.07
σ^2_T	26.191	0.21	10.43	0.12
σ^2_P	27.936	0.225	13.186	0.139
h^2	93.75%	93.33%	79.01%	86.33%
X_s	16.00	1.31	40.00	2.51
X_o	12.93	1.04	35.48	2.23
ΔG esperado	2.878	0.25	3.57	0.242
Progreso Esperado	22.25%	24.04%	9.498%	10.85%

Se resolvió considerar genéticamente superiores aquellas plantas que produjeron 16 o más frutos comerciales (selección fenotípica). No hay una confianza absoluta en estas producciones (16 o más frutos comerciales por planta) como indicadoras de las calidades genotípicas de las plantas respectivas, pues como la población proviene de líneas puras, las diferencias en producción son atribuibles exclusivamente a variación ambiental.

Varianza del error.

En este ejemplo la varianza del error es igual a cuadrado medio del error, la estimación fue estimada con base a cuadrados medios obtenidos del análisis de varianza realizado a los datos de variables evaluadas en el estudio.

$$\sigma^2_e = CMe = 1.68$$

El valor de 1.68 corresponde a varianza del error de 480 plantas tomadas como muestras en el estudio, debido a que se trató de doce genotipos.

Varianza de los tratamientos por localidad.

La varianza de los tratamientos por localidad es igual al cuadrado medio de los tratamientos por localidad menos el cuadrado medio del error entre las repeticiones.

$$\sigma^2_{T \times L} = (CMT \times L - CMe)/r$$

$$\sigma^2_{T \times L} = (27.92 - 1.68)/4 = 6.56$$

Varianza de los tratamientos.

La varianza de los tratamientos es igual a cuadrado medio de los tratamientos menos el cuadrado medio de los tratamientos por localidad entre las repeticiones por localidad.

$$\sigma^2_T = (CMT - CMT \times L)/rl$$

$$\sigma^2_T = (446.97 - 27.92)/16 = 26.191$$

Varianza fenotípica

La eficiencia del proceso de selección de genotipos deseables está ligada a la cantidad de variabilidad genotípica disponible. Para estimar la varianza genética, es necesario conocer la variabilidad fenotípica de la población motivo de estudio.

La varianza es también la media de las desviaciones cuadráticas fenotípicas. La desviación estándar (raíz cuadrada de la varianza) es también una medida de variabilidad de la población.

Cuanto mayor sea su valor, más posibilidades habrá de identificar individuos contrastantes.

En el ejemplo, la varianza fenotípica es igual a la varianza del error entre la repetición por localidad más varianza fenotípicas de los tratamientos por localidad entre localidad más varianza fenotípica por tratamiento.

$$\sigma^2_p = \sigma^2_e/rl + \sigma^2_{T \times L}/L + \sigma^2_T$$

$$\sigma^2_p = 1.68/16 + 6.56/4 + 26.191$$

$$\sigma^2_p = 0.105 + 1.64 + 26.191 = 27.936$$

Coefficiente de heredabilidad y progreso esperado en la selección.

En el ejemplo anterior el valor $\sigma^2G = \sigma^2T = 26.191$ por sí solo no aporta mayor información, a menos que se pueda establecer la proporción de la diferencia fenotípica σ^2F debida a diferencias genotípicas entre las plantas σ^2G . Esta proporción universalmente se denomina heredabilidad (h^2), en sentido amplio.

En el ejemplo la h^2 presente en la población se estimó como:

$$h^2 = \sigma^2G \text{ (en sentido amplio)} / \sigma^2p = 26.191 / 27.936 = 93.75\%$$

La heredabilidad tiene una relación estrecha con la selección. La selección busca obtener y aislar grupos de individuos genéticamente mejores que la población original (Vallejo y Estrada, 2002). Para medir el éxito de la selección considerar los siguientes valores del carácter en estudio:

Xo = media del carácter en la población original

Xs = media del carácter en los individuos seleccionados de la población original y que generan la población mejorada

Xm = media del carácter en la población mejorada

Si la selección no da resultado $Xm = Xo$, el progreso conseguido con la selección es medido por $\Delta G = Xm - Xo$

En el ejemplo de tomate, la población original produjo en media:

Xo = 12.93 frutos comerciales por planta (estimativo basado en 480 plantas)

El fitomejorador no sabe cuánto producirá la población mejorada, porque todavía no terminó la selección. El coeficiente de heredabilidad dará un estimativo así:

ΔG esperado = Ganancia genética esperada será igual a media del carácter en los individuos seleccionados de la población original y que generan la población mejorada menos media del carácter en la población original por el coeficiente de heredabilidad.

$$\Delta G \text{ esperado} = (Xs - Xo) h^2$$

$$\Delta G \text{ esperado} = (16.00 - 12.93) 0.9375 = 2.878 \text{ frutos por planta}$$

Por tanto la ganancia genética esperada es de 2.878 frutos por planta

La media del carácter en la población mejorada es

$$\mathbf{Xm} = 12.93 + 2.878 = 15.808 \text{ frutos por planta}$$

El progreso expresado en porcentaje será:

$$\mathbf{\Delta G \text{ esperado (\%)}} = (\Delta G / X_o) * 100 = (2.878/12.93) * 100 = 22.258\%$$

El progreso expresado respecto a la ganancia genética de frutos por planta en porcentaje será: 22.258%

La nueva variedad mejorada de tomate producirá 22.258% más que la variedad original.

Vallejo (1994), estudió la heredabilidad, en sentido amplio, del rendimiento y sus componentes y describió a la vez las relaciones genotípicas y ambientales para dichos componentes en una población constituida por tres líneas endocriadas (Ponderosa Red, Chonto y Red Cherry) como progenitores y las F₁ provenientes de los cruzamientos entre los progenitores en una sola dirección. La heredabilidad se estimó con base en los cuadrados medios esperados del análisis de varianza y los productos cruzados medios del análisis de covarianza. Para el rendimiento se estimó una heredabilidad de 79.3%, para el número total de frutos de 93.1%, para peso promedio de fruto de 94.25%.

En este estudio se calculó la heredabilidad, en sentido amplio, tomando en cuenta el ejemplo propuesto por Vallejo (1994), los resultados obtenidos fueron muy similares.

La heredabilidad fue estimada con base a cuadrados medios del error esperados del análisis de varianza. Para el rendimiento se estimó una heredabilidad de 86.33%, para el número de frutos total de 79.01%, para número de frutos comercial de 93.75% y peso de fruto comercial de 93.33%. Lo anterior indica que el método de mejoramiento para rendimiento, dentro de la población estudiada, sería la selección, tomando como índice apropiado el número de frutos comercial pero sin descuidar el número de frutos total. Se deberían maximizar las condiciones favorables de suelo y manejo de cultivo para permitir una adecuada manifestación de los componentes primarios del rendimiento.

Vallejo y Estrada (1994), utilizaron el modelo 2, método 2 (cruzamiento dialélico), propuesto por Griffing, para estimar los principales parámetros genéticos del carácter rendimiento y sus componentes primarios en una población dialélica compuesta por cuatro líneas endocriadas (Línea 21, Línea 6-80-A, Manapal y Miguel Pereira) y todos los posibles híbridos F₁ sin incluir los recíprocos. Los efectos genéticos no aditivos fueron más importantes y significativos para los caracteres rendimiento y número de frutos por planta. Para el carácter peso promedio de fruto, tanto los efectos genéticos no aditivos como aditivos fueron importantes y significativos.

La caracterización de la variación fenotípica es importante para los programas de fitomejoramiento porque permite conocer las bases hereditarias de los diferentes caracteres, es decir, cuantificar el componente genético y el no genético o ambiental.

4.5 Diámetro polar y ecuatorial (cm)

Los frutos durante su desarrollo temprano, presentan tres fases: desarrollo del ovario, división celular y expansión celular, que representa el crecimiento en diámetro de los frutos (Gillaspy *et al.*, 1993). El diámetro polar y ecuatorial del fruto son variables que determinan el tamaño y la forma del mismo. El tamaño del fruto es variable según el material genético y alcanza diámetros variables (Mayorga, 2,004); según Santiago *et al.*, (1,998), el tamaño del fruto es un carácter que está controlado por cinco pares de genes. El diámetro de los frutos del tomate crece describiendo una curva sigmoide simple (Bertín, 2,005). El crecimiento en diámetro de los frutos es un aumento irreversible como consecuencia del incremento en masa y número de las células (Casierra *et al.*, 2,007).

El análisis de varianza determinó que existe diferencias altamente significativa ($p < 0.0001$) en las variables diámetro polar y ecuatorial. Los valores del coeficiente de variación para los diferentes caracteres fueron relativamente bajos (3.38 a 0.68%), indicando alta confiabilidad de los datos obtenidos en la fase de campo. Al realizar las pruebas de Shapiro-Wilks y Levene, los valores no presentan diferencias significativas para ninguno de los caracteres estudiados, determinándose que los datos son normales y homogéneos, comprobando que los mismos cumplen con los supuestos del análisis de varianza.

En lo que se refiere a diámetro polar, los rangos variaron desde 5.03 centímetros hasta 7.76, se identificó al genotipo Anabella 099 F₁ (Cuadro13), con la mejor categoría estadística seguidos por ST 1688 y CLN 3125 L, el menor categoría lo presentó el genotipo 1032, dos grupos de genotipos comparten la misma categoría estadística, el resto de genotipos mostraron valores considerados estadísticamente diferentes.

Cuadro 13. Medias para la variable diámetro polar de frutos comerciales por planta de 12 cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015

Trat.	Genotipo	Ambientes			
		CDT San Isidro	San Juanillo	Las Delicias	Valerio
11	INTA JL – 5	5.99 bcd	5.68 f	5.61 f	5.59 h
1	1008 Nicaragua	6.36 a	5.89 e	6.43 b	6.04 g
6	Anabella 099 F ₁	6.29 ab	7.29 a	7.11 a	7.76 a
3	1004	6.20 abc	6.30 d	5.76 e	6.42 e
2	1003	5.77 de	6.17 d	6.22 c	6.82 c
9	ST 1066 F ₁	5.80 de	5.37 g	5.61 f	6.17 f
4	1008 Honduras	6.13 abc	5.77 ef	5.88 d	6.51 d
8	1 X 10	5.60 e	6.50 c	5.85 d	6.55 d
7	CLN 3125 L	5.89 cde	6.45 c	6.20 c	6.88 bc
10	ST 1688	5.65 ab	6.74 b	6.17 c	6.94 b
5	1032	5.26 f	5.17 h	5.03 g	5.28 i
	Media	5.9 d	6.12 b	5.99 c	6.45 a
	Pr>Ambiente				
	Pr>Genotipo	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
	Pr>Genotipo * Ambiente				
	CV (%)	3.38	1.52	0.94	0.77
	R ²	0.79	0.98	0.99	0.99

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según Duncan ($p > 0.05$).

El análisis de varianza realizado para la variable diámetro ecuatorial detectó diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) en todas las localidades y el combinado, en este último los cultivares evaluados mostraron un rango de variación entre 4.35 a 5.35 centímetros por fruto, siendo el genotipo INTA JL-5 el que reflejó el mayor diámetro ecuatorial por fruto, seguidos por 1008 Nicaragua, el menor valor lo presentó el genotipo Anabella 099 F₁, el resto de genotipos mostraron valores intermedios, considerados estadísticamente diferentes (Cuadro 14).

El análisis de varianza realizado para la variable diámetro ecuatorial detectó diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) en el ambiente Las Delicias. Los cultivares evaluados expresaron un rango de variación entre 4.72 a 5.45 centímetros por fruto, el genotipo 1008 Nicaragua fue el que manifestó el mayor diámetro ecuatorial por fruto, seguido por INTA JI-5, el cultivar que ostentó el menor valor fue 1 X 10, el resto de genotipos ostentaron valores intermedios, considerados estadísticamente diferentes (Cuadro 14).

González y Laguna, (2004) mencionan que los frutos pueden clasificarse como frutos grandes cuando sus diámetros polares son mayores a 8 centímetros, medianos entre 8 a 5.7 centímetros y pequeños los inferiores o iguales a 5.6 centímetros. Los cultivares evaluados pueden clasificarse como medianos y pequeños; de buena preferencia para el consumidor nacional, éstos cultivares, exceptuando 1032 y Anabella 099 F₁, no presentarían inconvenientes de acuerdo a este parámetro para su comercialización.

Cuadro 14. Medias para la variable diámetro ecuatorial de frutos comerciales por planta de doce cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015

Trat.	Genotipo	Ambientes				Combinado* *
		CDT San Isidro	San Juanillo	Las Delicias	Valerio	
11	INTA JL – 5	5.37 a	5.36 a	5.44 a	5.33 a	5.35 a
1	1008 Nicaragua	5.24 b	5.12 b	5.45 a	5.07 b	5.14 b
6	Anabella 099 F1	4.35 i	4.46 e	4.78 d	4.23 j	4.35 j
3	1004	5.11 d	5.11 b	5.31 ab	4.95 c	5.05 c
2	1003	4.76 g	4.79 c	4.83 d	4.47 h	4.67 g
9	ST 1066 F1	4.79 g	5.04 b	5.08 c	4.67 f	4.83 e
4	1008 Honduras	5.06 e	5.07 b	5.15 bc	4.75 e	4.96 d
8	1 X 10	4.63 h	4.64 d	4.72 d	4.55 g	4.61 h
7	CLN 3125 L	4.86 f	4.66 d	4.81 d	4.65 f	4.72 f
10	ST 1688	4.66 h	4.62 d	5.40 a	4.34 i	4.54 i
5	1032	5.18 c	4.85 c	5.12 bc	4.87 d	4.97 d
	Media	4.91 b	4.88 b	5.1 a	4.72 c	
	Pr>Ambiente					<0.0001**
	Pr>Genotipo	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
	Pr>Genotipo * Ambiente					<0.0001**
	CV (%)	0.68	1.1	2.64	1.01	0.99
	R2	0.99	0.97	0.85	0.98	1.00

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según Duncan ($p > 0.05$).** Ambientes CDT San Isidro, San Juanillo y Valerio

4.6 Índice de severidad de virosis

La identidad de los agentes causales de enfermedades en el follaje de las plantas de tipo viróticas, fungos, oomicetos y bacterianas, se determinó en base a las características de la sintomatología y color de lesiones que observadas en el tejido infectado de las plantas de tomate en todos los ambientes.

Según Lastra (1993), las enfermedades causadas por virus pertenecen al grupo de los geminivirus; son conocidos desde hace muchos años. Los geminivirus se multiplican en las células del floema de las plantas infectadas, específicamente en el núcleo, en el cual forman masas densas, las que pueden llegar a ocupar un volumen considerable del núcleo, los síntomas que manifestados en la planta son el encrespamiento parcial o total de las hojas.

Para la variable índice de severidad de virosis se encontró interacción entre días después del trasplante y las variedades (Chi cuadrado = 182.72, $p < 0.0001$). A los 34 días después de trasplante la variedad Peto 98 proyectó una alta probabilidad de severidad nivel 2, los cultivares 1688 y ST 1066 F₁ mostraron 100 % de probabilidad en el nivel 1, muy parecido fue el comportamiento de los cultivares 1032, Anabella 099 y 1 X 10. El resto de variedades mostraron niveles de severidad nivel 0 y nivel 1.

A los 41 días después de trasplante todas las variedades manifestaron aumento en la probabilidad de ocurrencia de los grados de afectación de virosis, siendo la variedad Peto 98 el que presentó una alta probabilidad nivel 3 e indicios de nivel 4. Anabella 099 F₁ mostró probabilidades en el nivel 2, el resto de variedades se mantuvieron en niveles bajos de severidad, siendo 1 X 10 y 1032 las que expresaron las mayores probabilidades de ocurrencia en el nivel 1.

En el 48 y 56 días después de trasplante, los cultivares exhibieron un comportamiento diferencial, el cultivar que ostentó la mejor tolerancia a geminivirus fue INTA JL – 5, seguido de los genotipos 1008 Nicaragua, 1008 Honduras y CLN 3125, los que lucieron una escala de 1 (débil mosaico y corrugado en la lámina foliar en las hojas), estos cultivares podrían insertarse en un programa de manejo integrado de plagas en el cultivo de tomate.

Otros cultivares que enseñaron buena tolerancia a virosis fueron 1004 y 1003, estos también proyectaron probabilidad de ocurrencia en el nivel 1. Peto 98 es el que menor resistencia demostró, teniendo a los 56 días después del trasplante una alta probabilidad de ocurrencia del nivel 4, en menor grado pero con niveles 2 indicó los cultivares ST 1688, Anabella y ST 1066 F₁ (Figura 2). Toda afectación menor o igual a 2, significa que son cultivares tolerantes.

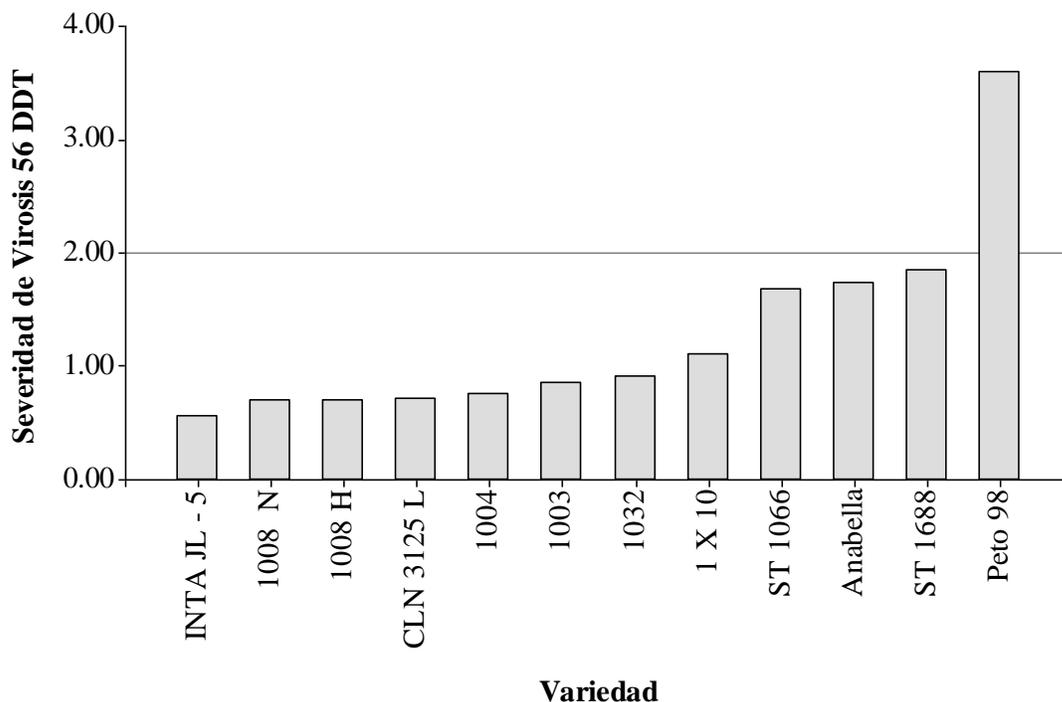


Figura 2. Probabilidad de ocurrencias acumuladas para los distintos grados de afectación de la severidad de virosis. Los números en la parte izquierda de la figura, representan las escalas de afectación de virosis a los 56 días después de trasplante.

4.7 Índice de severidad de *Alternaria solani*

Según Alvarez (1988) la enfermedad alternaria es una de los más difíciles de controlar, por no encontrarse variedades de tomate tolerantes. Por otro lado, se aprecia que el cultivar testigo tolerante a geminivirus INTA JL - 5, a pesar de no haber ofrecido tolerancia a la enfermedad evaluada, tuvo un rendimiento destacado, lo cual es importante desde el punto de vista productivo.

También en este sentido, Cornide e Izquierdo (1979) manifestaron que los cultivos difieren en la intensidad con que son atacados durante una epidemia en condiciones de campo, resultando menos afectadas las variedades que retrasan el desarrollo de la misma, principalmente durante el período de su ciclo.

Es conocido que una de las vías más utilizadas en el mejoramiento genético es la introducción de cultivares, con vistas a seleccionar genotipos que ofrezcan rendimientos por encima de los cultivados en ese momento, práctica ampliamente utilizada en el mundo sobre todo en países de menor desarrollo en la genética vegetal (Kavchuck *et al.*, 1985).

En el análisis general de los cultivares con vistas a ser utilizados como banco de germoplasma, se observó variabilidad en los distintos componentes evaluados, pudiendo ser utilizados algunos de ellos, según el carácter deseado introducir en estudios como progenitores; sin embargo, entre los años no fue observada diferencias considerables. Este tipo de trabajo es de gran importancia para los mejoradores, conociéndose que la AVRDC (Asian Vegetable Research Development Center) dedica ingentes esfuerzos en este sentido, lo que motiva a poseer una de las mayores colecciones del cultivo en el mundo (Tay, 1989).

Se conoce, además, el hecho de que el mejorador ha visto la obligación a recurrir a los cultivares silvestres en busca de genes de resistencia a las enfermedades y al calor entre otros, lo que hace necesario que dentro de los programas de mejoramiento, haya que considerar también caracteres de la calidad del fruto como la forma, el color, la cubierta, el sabor, el tamaño, entre otros (Alvarez, 1988).

Para la variable índice de severidad de *Alternaria solani* se encontró interacción entre días después del trasplante y las variedades (Chi cuadrado=202.97, $p < 0.0001$). A los 34 días después de trasplante todos los cultivares mostraron altas probabilidades en el nivel 1, el cultivar 1004 expresó altas probabilidades nivel 0, el cultivar Peto 98 presentó mayor probabilidad nivel 1, el resto de cultivares se mantuvieron en nivel 0 y nivel 1.

A los 41 días después de trasplante todas las variedades manifestaron aumento en la probabilidad de ocurrencia de los grados de afectación de *Alternaria solani*, siendo la variedad Peto 98 el que presentó una alta probabilidad de nivel 2. El cultivar 1004 exhibió menor probabilidad en el nivel 1, el resto de variedades se mantuvieron en niveles similares de severidad de *Alternaria solani*.

En el 48 días después de trasplante, la tendencia sigue en aumento, manteniéndose los cultivares 1004, 1008 Honduras y 1008 Nicaragua con las probabilidades de ocurrencia de *Alternaria solani* en el nivel 2, similares condiciones pero en menor grado con nivel 2 los demás cultivares (Figura 3).

A los 56 días después de trasplante, la mayoría de cultivares siguió la tendencia en aumento, manteniéndose el cultivar Anabella 099 F₁ con la menor probabilidad de ocurrencia de *Alternaria solani* en el nivel 3, es notoria el comportamiento de los demás cultivares, en las cuales se observa un grupo en el que se destacan cultivares INTA JL – 5, Peto 98 y ST 1688 F₁ con alta probabilidad de nivel 2, seguido de los cultivares 1004, 1008 Nicaragua, 1008 Honduras, 1003 y CLN 3125 L con baja probabilidad de ocurrencia en el nivel 3, el cultivar que presentó más probabilidades de nivel 3 es 1032.

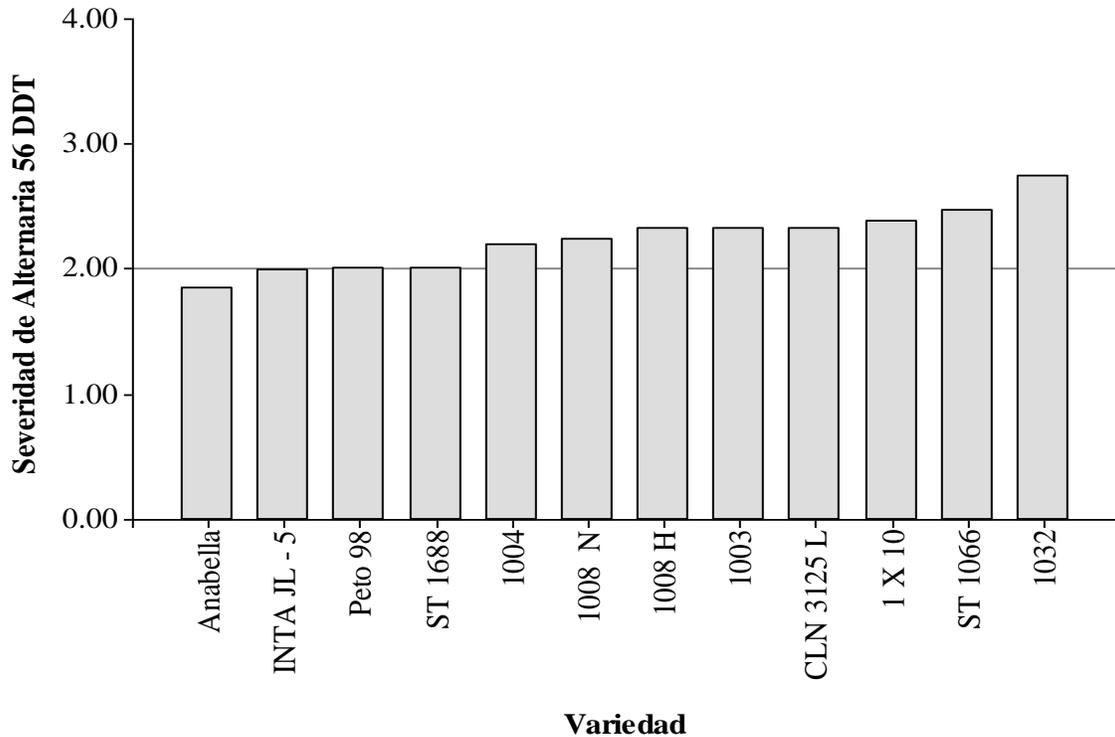


Figura 3. Probabilidad de ocurrencias acumuladas para los distintos grados de afectación de la severidad de *Alternaria solani*. Los números en la parte izquierda de la figura, representan las escalas de afectación de *Alternaria solani* a los 56 días después de trasplante.

4.8 Severidad de *Oidium neolycopersici*

En este apartado nos referimos a mildiu a la enfermedad conocida como cenicilla polvorienta.

La identidad del agente causal de la enfermedad, fue determinada en base a la sintomatología observada en las plantas infectadas (Erwin y Ribeiro, 1996; Barnett y Hunter, 1998; Braun *et al.*, 2002).

Se encontraron dos tipos de cenicillas polvorientas. El primer tipo ocasionó clorosis en follaje, puntos necróticos en el haz y micelio blanco algodonoso en el envés de los folíolos. En el haz de las hojas senescentes fueron apreciadas lesiones necróticas rodeadas por una zona de color amarillo. En base a la sintomatología observada en las plantas, el patógeno es identificado como *Oidiopsis taurica* (Braun *et al.*, 2002).

En el segundo tipo de cenicilla los síntomas de la enfermedad iniciaron con el desarrollo de puntos pequeños de micelio de color blanco en diferentes partes del haz de las hojas jóvenes y maduras. A medida que la infección avanzó el micelio blanco cubrió casi por completo las hojas afectadas. De acuerdo con la sintomatología observada en las plantas infectadas se identificó al agente causal de esta enfermedad como *Oidium neolycopersici* (Kiss *et al.*, 2001, 2005).

Para la variable índice de severidad de mildiu se encontró interacción entre días después del trasplante y las variedades (Chi cuadrado = 108.22, $p < 0.0001$). A los 34 días después de trasplante el cultivar ST 1066 F₁ manifestó la probabilidad más alta de nivel 2, los cultivares ST 1688 y Anabella 099 mostraron probabilidad de severidad de mildiu en el nivel 1 y 2, muy parecido fue el comportamiento del resto de cultivares las que expresaron 100% de probabilidad severidad nivel 1.

A los 41 días después de trasplante todas las variedades presentaron aumento en la probabilidad de ocurrencia de los grados de afectación de mildiu, siendo el cultivar Anabella 099 la que expresó una alta probabilidad nivel 2 e indicios de nivel 3. INTA JL- 5 mostró la probabilidad menor en el nivel 2, el resto de cultivares presentaron 100% de probabilidad en nivel 2.

En el 48 y 56 días después de trasplante, la tendencia sigue en aumento manteniéndose los cultivares 1008 Honduras, 1008 Nicaragua, 1004, 1003 e INTA JL – 5 los que proyectaron la mayor probabilidad de ocurrencia en el nivel 2. Los cultivares ST 1066 F₁ y ST 1688 fueron los cultivares que menor resistencia manifestaron, teniendo a los 56 días después del trasplante una alta probabilidad de ocurrencia del nivel 5, en menor grado pero con niveles 3 e indicios de niveles 4 mostró los cultivares 1 x 10, Anabella y Peto 98 (Figura 4).

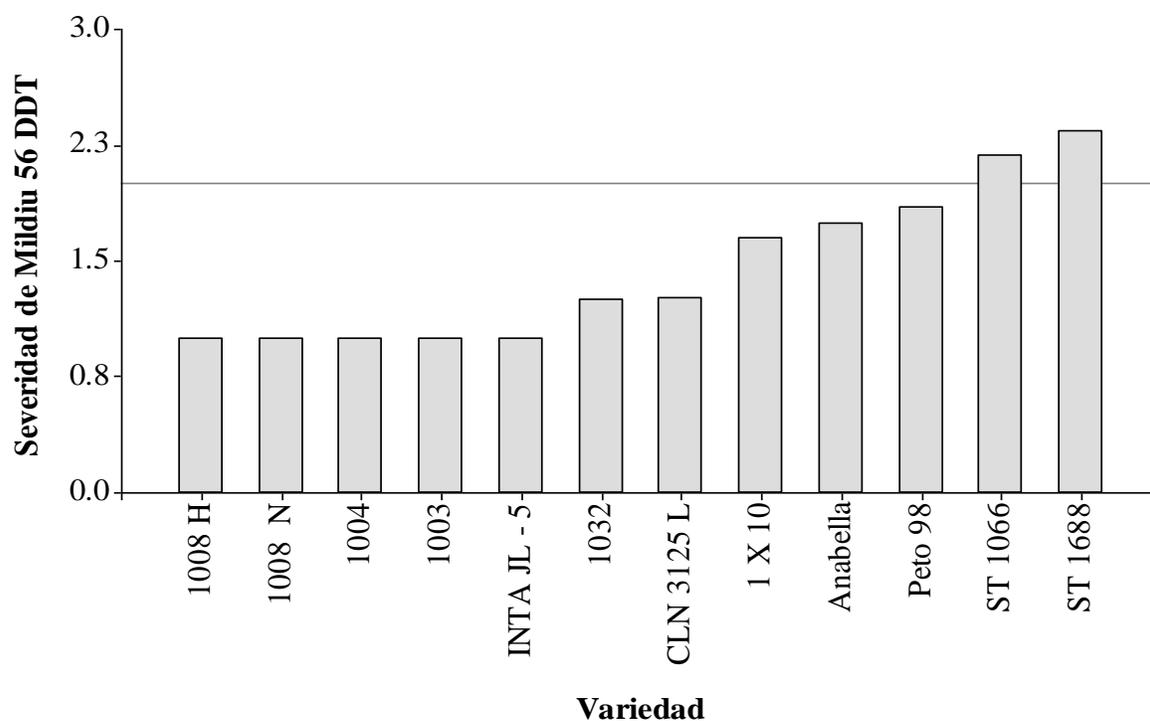


Figura 4. Probabilidad de ocurrencias acumuladas para los distintos grados de afectación de la severidad de mildiu. Los números en la parte izquierda de la figura, representan los niveles de afectación a los 56 días después de trasplante.

4.9 Severidad de Pseudomona

En las plantas fueron detectadas pequeñas lesiones necróticas de forma irregular en el follaje de plantas maduras de tomate. Con base a la sintomatología el agente causal fue de origen bacteriano. En la literatura se reportan dos especies de bacterias que causan este tipo de síntomas, *Pseudomonas syringae pv. tomato* y *Xanthomonas campestris pv. vesicatoria* (Doidge) Dye. (Jones *et al.*, 1991). Los síntomas indicaron que lo observado en las plantas afectadas coincide con lo reportado para *Pseudomonas syringae pv. tomato*, por lo que este es el patógeno causante de la enfermedad (Jones *et al.*, 1991).

La *Pseudomonas syringae* no mostró interacción variedad por días después de trasplante, ni diferencias significativas entre variedades ($p > 0.05$), si hubo efecto entre los días después del trasplante (Chi cuadrado = 1345, $p < 0.0001$). El grado de afectación 2 es 100 % probable para todas las variedades a partir de los 48 días después del trasplante (Figura 5).

La baja incidencia detectada (niveles 1 y 2) concuerda con la tolerancia a esta bacteria, observada en parcelas de validación y difusión establecidas con productores de pequeña escala en los municipios donde fue desarrollado este estudio para la variedad testigo INTA JL – 5, INTA Jinotega e INTA Valle de Sébaco, todos cultivares originarios del AVRDC (Asian Vegetable Research Development Center). Otra de las causas del por qué la severidad de *Pseudomona syringae* resultó baja se debe a las condiciones de temperaturas y humedad relativas presentes en las fechas realizadas el estudio. Las condiciones favorables para el desarrollo de peca bacteriana son humedad relativa alta (> 80%) y bajas temperaturas (18-24 °C).

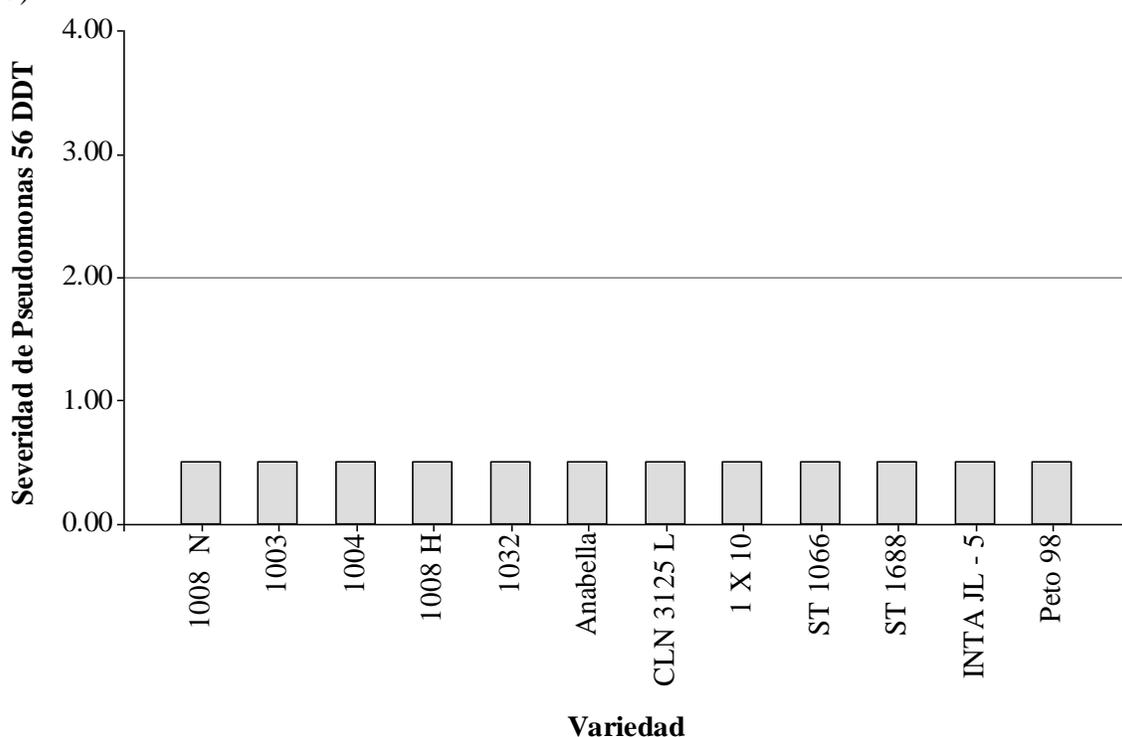


Figura 5. Probabilidad de ocurrencia de *Pseudomona* según los días después del trasplante.

4.10 Contribución de influencia o desempeño

En general para las variables severidad de virosis, alternaria y mildiu la localidad Valerio fue el que mostró mayores grados o influencia de afectación, seguido por la localidad San Juanillo en severidad de virosis y Alternaría. En *Pseudomona syringae* las localidades San Juanillo y CDT San Isidro mostraron mayor grado o influencia de afectación (Figura 6).

Durante el periodo de desarrollo del cultivo, en los ambientes de Valerio y Las Delicias, las condiciones climáticas fueron constantes, sin embargo en los ambientes CDT San Isidro y San Juanillo hubo variaciones en precipitación. La incidencia de las enfermedades provocadas por *Alternaria solani*, *Oidium neolycopersici* Mildiu y *Pseudomonas syringae*, están ligadas a las condiciones de clima predisponentes en cada uno de los ambientes, experiencia de los productores y prácticas de manejo agronómico que éstos realicen en el cultivo.

En el ambiente Valerio se presentaron condiciones de tiempo seco con temperaturas promedios de 27.8°C y humedad relativa de hasta 61%, (Ver cuadro 2), las condiciones predisponentes para que se desarrolle la enfermedad mildiu es a 10-35 °C con un óptimo de 26°C y humedad relativa menor del 70%.

El insecto mosca blanca es una plaga importante como vector de geminivirus., puede alcanzar poblaciones muy altas en el cultivo de tomate. La temperatura, humedad relativa y calidad del alimento condicionan la duración del ciclo biológico de la mosca (Hendi *et al.*, 1987). El nivel de temperatura de desarrollo y multiplicación es muy amplio, situándose entre 16 °C y 34 °C, siendo limitantes temperaturas de 9 °C y 40 °C (Sánchez *et al.*, 1991). Las temperaturas y humedad relativa presentadas en los meses del estudio fueron los óptimos, acortando el ciclo biológico de mosca blanca, lo que contribuyó a la aparición de altas poblaciones de este insecto (Ver cuadro 2).

Para el caso de *Alternaria solani* la afectación es debido a que los cultivares no presentaron tolerancia a la enfermedad, las condiciones que predisponen la aparición del hongo son noches húmedas o rocíos, altas temperaturas seguido de días soleados, además influyó mucho la experiencia del productor y el tipo de manejo agronómico que éstos realizaron en el cultivo.

Las condiciones óptimas de desarrollo de la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* son temperaturas de 20 a 25°C y períodos húmedos, los que pueden lograrse en horas de la noche, especialmente si el follaje de las plantas permanece mojado por más de cuatro horas. El viento, la lluvia y las gotas de agua diseminan la enfermedad que tiene como vía de penetración los estomas y las heridas de las plantas.

En los ambientes de San Juanillo, CDT San Isidro, las condiciones de clima durante el mes de octubre fueron muy parecidas a las óptimas requeridas para que esta enfermedad tenga incidencia, presentando temperatura promedio de 25.5°C y humedad relativa de 79% (Ver cuadro 2), sin embargo la severidad con la que la enfermedad se presentó fue baja.

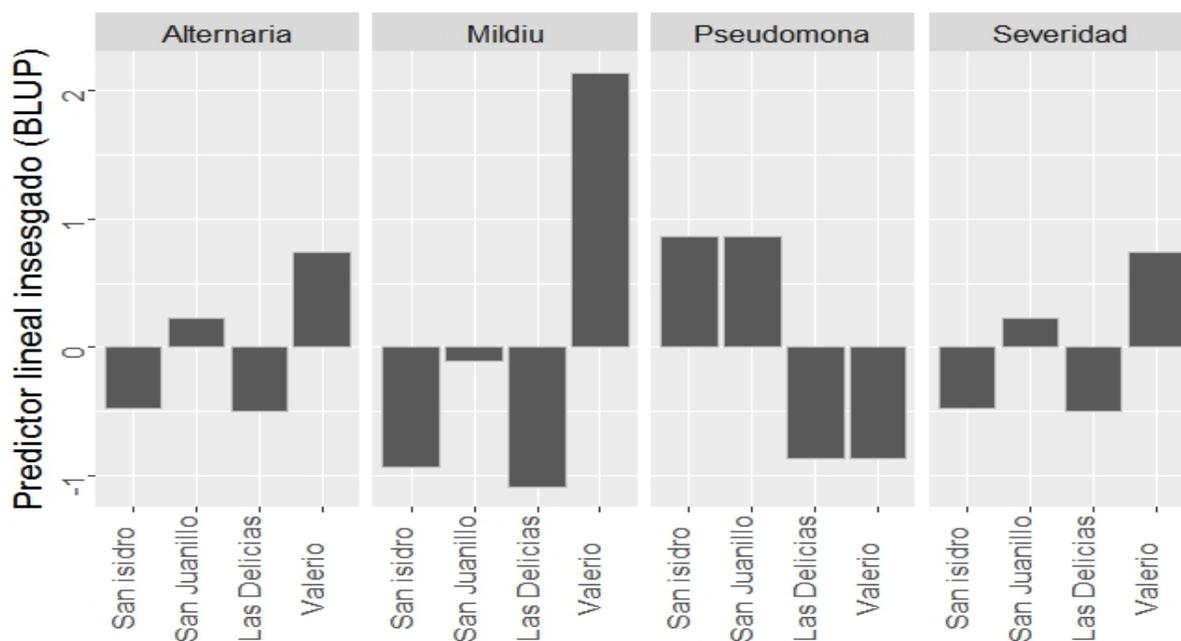


Figura 6. Contribución de los efectos aleatorios en las estimaciones de los grados de incidencia de todas las variables. Los coeficientes corresponden al BLUP.

4.11 Grados Brix (°Brix)

Grados brix son las sustancias solubles en agua que reflejan un alto por ciento de la calidad de sólidos totales que contienen los frutos. A mayor valor es más deseable; un valor mayor o igual a 4.0° brix es considerado bueno (Cook y Sanders, 1990, citados por Santiago *et al.*, 1998). Los grados brix indican el contenido de sólidos solubles contenidos en el jugo de tomate y determinan una relación directa de las cantidades de materia prima a obtenerse para la industria (Alemán y Pedroza, 1991). El sabor es una característica importante, la cual está relacionada con la cantidad de azúcares y ácidos orgánicos presentes en el fruto (Ho, 1996, citado por Montoya *et al.*, 2002).

Bolaños (2001), menciona que las variedades para consumo fresco tienen menor concentración de sólidos solubles que los de tipo industrial.

En lo que respecta al contenido de sólidos solubles, lo cual está determinado por la cantidad de grados Brix, nos indica una relación directa en cuanto a la cantidad de pasta para la industria, a mayor cantidad de grados brix, se obtiene mayor cantidad de pasta para la elaboración. Según Alemán, 1991, el rango de aceptación de grados brix para industrialización es de 5.5 a 7.0.

El análisis estadístico detectó diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$), esto indica que existe variabilidad genética en cuanto a los grados brix dentro del grupo de genotipos incluidos en el estudio. En el combinado de las cuatro localidades los valores de grado brix oscilaron en un rango entre 3.7 y 4.33 grados brix, siendo los cultivares 1008 Honduras e INTA JL con valores de 4.33 y 4.22 grados brix los que presentaron los más altos valores respectivamente.

Se puede deducir que estos cultivares, no son aptos para la industria de fabricación de pastas, por lo tanto sólo pueden ser consumidos como producto fresco. Es evidente que la mayoría de los cultivares evaluados tuvieron un comportamiento similar en cuanto a esta variable (Cuadro 15). Aguayo y Artés (2004), consideran que de 4.5 a 5.5 grados brix son valores óptimos en cuanto a calidad para los frutos de tomate, en base a esta información los cultivares evaluados en este estudio se encuentran en el rango óptimo de calidad.

Cuadro 15. Medias para la variable grados Brix de frutos de doce cultivares de tomates evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015

Trat.	Genotipo	Ambiente				Combinado**
		CDT San Isidro	San Juanillo	Las Delicias	Valerio	
10	ST 1688	4.28	4.03	4.14	4.00	4.11
1	1008 Nicaragua	4.22	4.04	4.41	4.07	4.18
4	1008 Honduras	4.17	4.15	4.83	4.16	4.33
11	INTA JL – 5	4.15	4.07	4.54	4.11	4.22
5	1032	4.01	4.32	4.37	4.04	4.18
7	CLN 3125 L	3.92	4.25	4.27	4.13	4.14
8	1 X 10	3.92	4.03	4.41	4.08	4.11
2	1003	3.89	3.71	4.58	3.98	4.04
3	1004	3.87	4.15	4.60	4.09	4.18
9	ST 1066 F1	3.84	3.42	3.78	3.90	3.73
6	Anabella 099	3.56	3.32	4.03	3.91	3.70
12	Peto 98	Sd	Sd	4.43	Sd	4.43
Pr>Ambiente						<0.0001**
Pr>Genotipo		<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**

Sd= Sin dato. **= Los cuatro ambientes

4.12 Número de lóculos por fruto

Lóculo es la cavidad de un órgano, generalmente fruto, esporangio o antera, en que se contienen las semillas, esporas o granos de polen, (Van-Haeff, 1990; Barla, s.f). Además los lóculos o celdas del fruto son formados a partir del gineceo el cual presenta de dos a treinta carpelos (Rodríguez, 1998).

La cantidad de lóculos puede ser de dos a más, aunque la mayoría de las variedades típicas son de dos lóculos, mientras que las de consumo fresco poseen ocho o más lóculos. (Bolaños, 2001).

Según Holman, (1961) y León, (2000) las especies que existen de tomate en forma silvestre presentan frutos de dos lóculos, mientras que los cultivares con fines comerciales, el número de lóculos es mayor, llegando a presentar un máximo de diez.

Lo que respecta a la variable número de lóculos por fruto, en este trabajo se realizó mediante la prueba no paramétricas de Kukras Wallis, debido a que los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad.

La variable número de lóculos con una significancia de 95% refleja diferencias altamente significativa ($p < 0.0001$) entre los cultivares evaluados, presentaron medias desde los 2.04 a 3.26 lóculos. En general, los cultivares entre sí, mostraron un comportamiento diferente entre los ambientes. Los cultivares que más lóculos reflejaron fueron 1008 Nicaragua con 3.26 lóculos por fruto, seguido de los cultivares ST 1066 F1 e INTA JL – 5 con 3.03 y 2.94 lóculos por fruto respectivamente, el cultivar que menos número de lóculos por planta manifestó fue ST 1688 con 2.02.

Cuadro 16. Medias para la variable número de lóculos de frutos de doce cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015

Trat.	Genotipo	Ambiente				Media
		CDT San Isidro	San Juanillo	Las Delicias	Valerio	
10	ST 1688	2.05	2.00	2.10	2.00	2.04
1	1008 Nicaragua	3.53	2.93	3.58	3.03	3.26
4	1008 Honduras	2.68	2.55	2.78	2.73	2.68
11	INTA JL – 5	3.08	2.88	2.95	2.85	2.94
5	1032	2.70	2.70	2.73	2.78	2.73
7	CLN 3125 L	2.48	2.63	2.63	2.68	2.60
8	1 X 10	2.50	2.33	2.43	2.60	2.46
2	1003	2.33	2.58	2.48	2.20	2.39
3	1004	3.05	2.73	3.00	2.85	2.91
9	ST 1066 F ₁	3.10	3.13	2.85	3.03	3.03
6	Anabella 099 F ₁	2.53	2.05	2.15	2.00	2.18
12	Peto 98	Sd	Sd	2.58	Sd	2.58
Pr>Ambiente						<0.0001**
Pr>Genotipo		<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**

Sd= Sin dato.

4.13 Forma, color e intensidad de color en los frutos

La forma de los frutos es un criterio que con frecuencia permite distinguir entre cultivares de una misma especie. El consumidor exige con frecuencia un producto provisto de una determinada forma y rechaza los ejemplares que no la poseen (Willis *et al.*, 1999); los cultivares de tomate difieren mucho en la forma del fruto (Kader, 1986). El color representa una medida de calidad total y en muchas ocasiones es la más importante a considerar (Nuez, 1995); el color de la epidermis es un buen indicador del estado de madurez del tomate y de la mayoría de productos hortícolas (Clemente, 2010).

Los caracteres cualitativos de forma, color e intensidad de color en los cultivares demostraron diferencias entre ellos. La forma cilíndrico (oblongo- alargada) fue la que más predominó evidenciándose en seis de los cultivares evaluados, seguido de la forma redondo alargado en cuatro de los cultivares, uno de forma cordiforme y también uno de forma periforme. Todos los cultivares presentaron el color rojo. La intensidad de color fue intermedio en diez de los cultivares, dos exhibieron color intenso (Cuadro 17). Todos los caracteres cualitativos que ostentaron los cultivares son aceptados por el consumidor nicaragüense, lo que facilitaría la comercialización.

Cuadro 17. Clasificación de los cultivares de tomate de acuerdo a la forma del fruto, color e intensidad del color de doce cultivares de tomate evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015

No.	Cultivares	Forma del fruto	Color del fruto maduro	Intensidad del color
10	ST 1688	Cilíndrico (oblongo-alargado)	Rojo	Intensa
1	1008 Nicaragua	Cilíndrico (oblongo-alargado)	Rojo	Intermedio
4	1008 Honduras	Cilíndrico (oblongo-alargado)	Rojo	Intermedio
11	INTA JL – 5	Cordiforme	Rojo	Intermedio
5	1032	Redondo-alargado	Rojo	Intermedio
7	CLN 3125 L	Cilíndrico (oblongo-alargado)	Rojo	Intermedio
8	1 X 10	Redondo-alargado	Rojo	Intensa
2	1003	Cilíndrico (oblongo-alargado)	Rojo	Intermedio
3	1004	Redondo alargado	Rojo	Intermedio
9	ST 1066 F ₁	Redondo alargado	Rojo	Intermedio
6	Anabella 099	Periforme	Rojo	Intermedio
12	Peto 98	Cilíndrico (oblongo-alargado)	Rojo	Intermedio

Las correlaciones entre caracteres también son válidas, pues en general el objetivo es mejorar cultivares para un conjunto de caracteres simultáneamente. La variación correlacionada de dos caracteres puede corresponder a causas genéticas similares o a una respuesta similar a influencias ambientales. Si las correlaciones genéticas son altas, es posible seleccionar para uno de los caracteres a través de la selección del carácter asociado. Esto sería muy ventajoso cuando uno de los caracteres posee alto valor económico pero baja heredabilidad en comparación con la heredabilidad del carácter asociado.

Se encontró altos y significativos coeficientes de correlación ($p < 0.0001$) entre el número de frutos comerciales con peso de frutos comerciales en kilogramos por planta, peso promedio de frutos comerciales, número de frutos totales, peso de frutos totales y ancho de frutos comerciales, indicando asociación lineal positiva entre estas (Cuadro 18). Lo anterior significa que el incremento del rendimiento será positivo a medida que se incrementan los valores de las variables asociadas.

También fueron encontrados coeficientes de correlación significativos y cercanos a -1, indicando una fuerte asociación lineal negativa entre severidad de virosis con el número de frutos comerciales, peso de frutos comerciales, peso promedio de frutos comerciales, peso de frutos totales ancho de frutos comerciales, además severidad de alternaria con número de frutos comerciales y peso de frutos comerciales, otra correlación negativa encontrada en este estudio es severidad de mildiu con número de frutos comerciales y peso de frutos comerciales.

Así el rendimiento tiende a disminuir a medida que los valores de estas variables aumentan. Es decir que para obtener buenos rendimientos, en el caso de enfermedades identificadas en el follaje tales como severidad de virosis, alternaria y mildiu, es conveniente identificar genotipos que presenten resistencia o tolerancia.

De acuerdo al análisis de correlación, puede afirmar categóricamente que las principales variables que influyen en la producción son en primer lugar peso de frutos comerciales, confirmando la tendencia de que a mayor número de frutos comerciales habrá mayor rendimiento; otra variable influyente es severidad de virosis, por lo que el rendimiento disminuye a medida que la probabilidad de severidad de virosis aumenta.

Las variables del componente del rendimiento que mostraron asociación significativa entre ellas, fueron las que se incluyeron en el Análisis de Conglomerado para definir agrupamientos de genotipos por características a fines o en común. Estas variables fueron: número de frutos comerciales con peso de frutos comerciales en kilogramos por planta, peso promedio de frutos comerciales, número de frutos totales, peso de frutos totales, largo de frutos comerciales, ancho de frutos comerciales, severidad de virosis y severidad de mildiu por planta.

Cuadro 18. Resultados del análisis de correlación en la evaluación de cultivares de tomate en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015

Variables	Análisis de Correlación											
	NFC	PFC	PPFC	NFT	PFT	LFC	AFC	SV	SA	SM	SP	GB
PFC	0.99**											
PPFC	0.66**	0.64**										
NFT	0.61**	0.57**	0.69**									
PFT	0.87**	0.85**	0.75**	0.90**								
LFC	0.33**	.0.27**	0.84**	0.64**	0.52**							
AFC	0.55**	0.52**	0.95**	0.70**	0.70**	0.84**						
SV	-0.66**	-0.64**	-0.74**	-0.59**	-0.69**	-0.53**	-0.69**					
SA	-0,19**	-0.19**	1.1E-03 ^{ns}	-0.08*	-0.11**	-0.05*	0.03 ^{ns}	-0.04 ^{ns}				
SM	-0.51**	-0.51**	-0.33**	-0.23**	-0.42**	-0.06*	-0.23**	0.53**	0.05*			
SP	-0.03 ^{ns}	-0.03 ^{ns}	-0.12**	-0.08*	-0.07*	-0,12**	-0.15**	0.05*	0.03 ^{ns}	-0,12**		
GB	0.48**	0.44**	0.83**	0.71**	0.67**	0.76**	0.83**	-0.74**	0.10**	-0.31**	-0.19**	
NL	0.51**	0.49**	0.71**	0.56**	0.60**	0.52**	0.71**	-0.67**	0.15**	-0.32**	-0.06*	0.70**

Coefficientes de correlación de Pearson, N = 1920

NFC: Número de Frutos Comerciales, **PFC:** Peso de Frutos Comerciales, **PPFC:** Peso Promedio de Frutos Comerciales, **NFT:** Número de Frutos Totales, **PFT:** Peso de Frutos Totales, **LFC:** Largo de Frutos Comerciales, **AFC:** Ancho de Frutos Comerciales, **SV:** Severidad de Virosis, **SA:** Severidad de Alternaria, **SM:** Severidad de Mildiu, **S Pseud.:** Severidad de Pseudomona, **G. Brix:** Grados Brix y **No. Lóculos:** Número de Lóculos.

El análisis de conglomerado, permite agrupar los diferentes genotipos según sus características en común. Las variables incluidas en este análisis son: número de frutos comerciales, peso de frutos comerciales en kilogramos por planta, peso promedio de frutos comerciales, número de frutos totales, peso de frutos totales, ancho de frutos comerciales, severidad de virosis y severidad de mildiu, por ser las que mostraron significancia y alta asociatividad en el análisis de correlación (Ver figura 7). El criterio de corte o aproximación utilizado fue el de tomar la distancia Euclidiana situada a la mitad del rango total de los valores de la distancia. En este caso el 50% de la distancia corresponde a 4.39.

De los coeficientes de correlación cofenéticos se concluye que para este caso, el algoritmo de encadenamiento promedio (UPGMA) de conglomeración jerárquica, produjo conglomerados más afines a la estructura, ya que la correlación cofenética usando este método de agrupamiento (0.955) fue la mayor que la encontrada usando otras técnicas.

El criterio de aproximación del 50%, permite agrupar los diferentes genotipos en seis grupos con características en común. El primer grupo conformado por el tratamiento Peto 98, variedad susceptible a virosis e induce bajo rendimiento, este es el peor grupo. El segundo grupo lo conforma el cultivar INTA JL – 5, posee alta tolerancia a virosis, provoca que la afectación de *Alternaria solani* llegue tarde, induce a mayor número de frutos y rendimiento. Un tercer grupo lo conforman los cultivares ST 1688 F₁, Anabella 099 F₁, ST 1066 F₁ y 1 x 10, este es un grupo notablemente inferior, cultivares que presentaron alta cantidad de frutos pequeños, severidad de virosis media, temprana afectación de *Alternaria solani* y susceptibilidad a mildiu.

Un cuarto grupo consiste en el genotipo 1032, este es ligeramente inferior al tercero, con alta cantidad de frutos pequeños, severidad de virosis y mildiu media y temprana afectación de *Alternaria solani*. El quinto grupo lo conforman los genotipos 1008 Honduras, 1004, CLN 3125 L y 1003 y 1008 Nicaragua, resistentes a virosis y tolerantes a mildiu, buena cantidad de frutos y altos rendimientos.

El sexto grupo lo representa el cultivar 1008 Nicaragua, con mejor rendimiento comercial que los genotipos que forman el quinto grupo, resistente a virosis y tolerante a *Alternaria solani* y mildiu y buena cantidad de frutos. Los materiales seleccionados para la siguiente fase de investigación (Validación) en diversos ambientes del país, resultan de los genotipos que conforman el quinto y sexto grupo de selección del conglomerado.

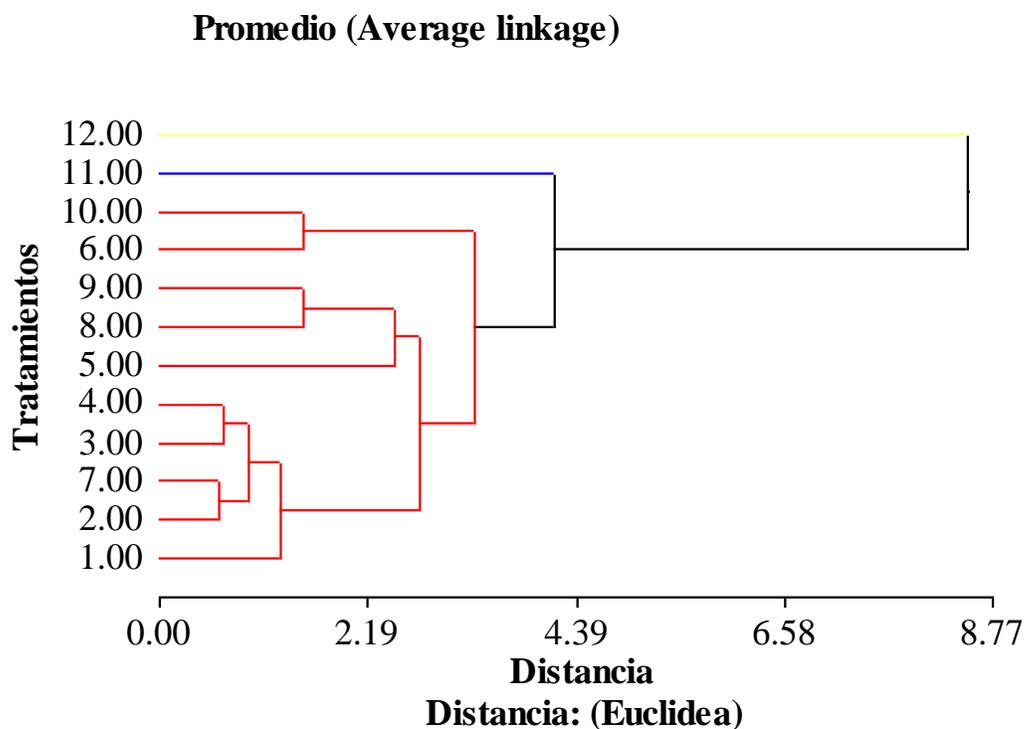


Figura 7. Dendrograma resultante del análisis de conglomerado con las variables del componente del rendimiento en la evaluación de cultivares de tomate en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.

Se aplicó el Modelo de Regresión por Genotipo (Modelo GREG) y gráfico denominado GEE BIPLLOT. Este es un modelo lineal-bilineal que remueve el efecto de genotipo y expresa la respuesta en función del Ambiente + Genotipo-Ambiente (E+GE). Este modelo es aplicado cuando los genotipos constituyen una fuente de variación importante y es de interés identificar ambientes que contribuyen a la interacción Genotipo*Ambiente, y ambientes ganadores dentro de mega-ambientes para determinados grupos de genotipos.

En estos datos la variable peso de frutos comerciales y peso de frutos totales en kilogramos por planta, fueron de 0.43 a 2.06 y 1.79 a 3.18 kg por planta, con medias de 1.04 y 2.23 kg por planta respectivamente. El Análisis de varianza determina efecto altamente significativo ($p < 0.0001$) por la Interacción Genotipo * Ambiente. Los dos Componentes Principales explican el 90.3% de la variabilidad y por tanto puede suponerse que ellas son suficientes para explicar los patrones debidos a la interacción (Figura 8).

En la base de datos analizada, los genotipos extremos que definen el polígono envolvente están dados por los cultivares 1008 Honduras, CLN 3125 L, 1x10, 1004, Anabella 099 F₁, INTA JL-5 y Peto 98. Estos son genotipos de comportamiento extremo es decir los de mejor o peor rendimiento en determinados ambientes. Los cultivares que interactúan menos con el ambiente y que mostraron un comportamiento estable son 1008 Nicaragua, 1003, INTA JL – 5, 1004 y CLN 3125 L, además presentaron altos rendimientos que oscilaron entre 2.19 a 3.18 kg por planta.

Se encontraron otros cultivares que interactuaron menos con el ambiente pero que presentaron bajos rendimientos, estos son el 1032, ST 1688 F₁, ST 1066 F₁ y 1 x 10. El cultivar Peto 98, presentó datos de rendimiento únicamente en el ambiente de las Delicias y el genotipo Anabella 099 F₁ mostró un comportamiento aceptable en el ambiente Valerio.

El cuadrante que tiene como vértice el genotipo INTA JL-5, que a su vez mostró el mejor comportamiento en el Mega-ambiente que contiene a los sitios de Las Delicias, CDT San Isidro y San Juanillo, en este también se destacan los cultivares 1008 Nicaragua, 1003, 1004, CLN 3125 L y 1008 Honduras. El vértice que contiene al genotipo Anabella 099 F₁, conformado el sitio de Valerio, el que se comportó de manera aceptable, se destacan los cultivares ST 1688 F₁ y ST 1066 F₁.

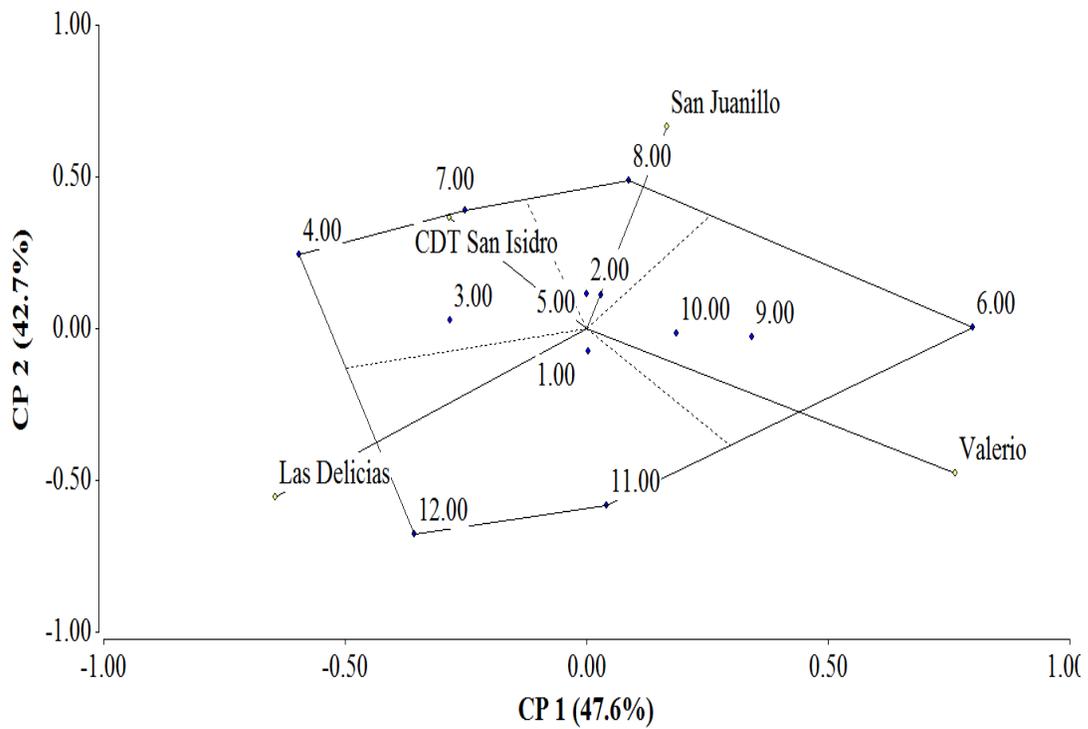


Figura 8. Grafico Biplot según el plano conformado para los dos componentes principales (CP1 y CP2), evaluación de cultivares de tomate en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015.

V. CONCLUSIONES

1. En todos los ambientes la variedad que presentó las mejores características agronómicas, mejor rendimiento total y comercial y tolerancia a geminivirus fue INTA JL – 5, seguido de los genotipos 1008 Nicaragua, 1008 Honduras, 1004 y CLN 3125 L.
2. En este trabajo el cultivar que presentó la mejor tolerancia a geminivirus fue INTA JL – 5, seguido de 1008 Nicaragua, 1008 Honduras y CLN 3125 L, estos cultivares podrían insertarse en un programa de manejo integrado de plagas en el cultivo de tomate.
3. Los cultivares que interactúan menos con el ambiente y que presentaron un comportamiento estable son 1008 Nicaragua, 1003, INTA JL – 5, 1004 y CLN 3125 L, además presentaron altos rendimientos que oscilaron entre 2.19 a 3.18 kg por planta.
4. Para el rendimiento se estimó una heredabilidad de 86.33%, para el número de frutos total de 79.01%, para número de frutos comercial de 93.75% y peso de fruto comercial de 93.33%, lo que indica que el método de mejoramiento para rendimiento, dentro de la población estudiada, sería la selección, tomando como índice apropiado el número de frutos comercial pero sin descuidar el número de frutos total.
5. Se seleccionó a la variedad INTA JL – 5 con el mejor rendimiento, peso y calidad de frutos, seguido de la línea 1008 Nicaragua, 1008 Honduras, 1004 y 1003.

VI. RECOMENDACIONES

1. Utilizar a los genotipos INTA JL – 5, 1008 Nicaragua, 1008 Honduras, 1004, 1003 y CLN 3125 L como progenitores para realizar cruzamientos entre donantes y genotipos con alto potencial de rendimiento tolerancia a enfermedades e insectos, y buena calidad de fruto.
2. Se deberá enfatizar en la búsqueda de nuevos genotipos de tomate con mejores fuentes de resistencia a geminivirus y alternaria.
3. Los materiales seleccionados para cada ambiente, se sugieren sean validados en al menos ocho sitios en diferentes épocas del año para confirmar los resultados obtenidos.

VII. LITERATURA CITADA

- Aguayo, Giménez, E., Artés, Calero, F. (2004). *Elaboración del tomate mínimamente procesado en fresco*. El Salvador: Ediciones de Horticultura S.L., Reus.
- Agresti, A. (2010). *Analysis of Ordinal Categorical Data* (2da. ed.): Wiley.
- Agresti, A. (2002). *Categorical Data Analysis* (2da. ed.): Wiley.
- Alemán, M. A. (1991). *Comportamiento Agronómico e Industrial de cinco variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en el Valle de Sébaco*. Tesis de Ing. Agri. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 39 p.
- Alemán, M. G., Pedroza, H. P. (1991). *Manejo Integrado de Plagas*. Artículos N° 50. San José, CR. 100 p.
- Alvarez, M. (1988). *Consideraciones sobre el mejoramiento genético del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), en el trópico*. La Habana: INCA. 47 p.
- Allard, R.W. (1978). *Principio de la mejora genética de las plantas* (3ra. ed.). Trads. por J. L. Montaya. , España: Omega, s.p.
- Antonio, A., Solís, V. (1999). *Evaluación del rendimiento, calidad, precocidad y vida de anaquel de 21 genotipos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero en Chapingo, México*. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, Mexico. 85 p.
- AVRDC – The World Vegetable Center; P.O. Box 42, Shanhua; Tainan, Taiwan email: avrdcbox@avrdc.org web: www.avrdc.org.
- Bates, D. Maechler, M. Bolker, B., and S. Walker. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48. doi:10.18637/jss.v067.i01.
- Barla Galván, R. s.f. *Glosario ecológico*. (en línea). Recuperado de <http://www.elcastellano.org/glosarioambiental.pdf>.
- Benincasa, P., Beccafichi, C., Guiducci, M., Tei, F. (2006). *Source-sink relationship in processing tomato as affected by fruit load and nitrogen availability*. Acta Hort. (700), 63-66.
- Barnett, H.L. and Hunter, B.B. (1998). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* (2da. ed.). St. Paul, Minnesota, USA.: The American Phytopathological Society. 218p.

- Bertin, N. (2005). Analysis of the tomato fruit growth response to temperature and plant fruit load in relation to cell division, cell expansion and DNA endoreduplication. *Ann. Bot.*, (95), 439-447.
- Bertin, N. (1995). *Competition for assimilates and fruit position affect fruit set in indeterminate greenhouse tomato*. Recuperado de http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3023665/pdf/75-1_55.pdf
- Bojesen Christensen, R. H. (2015). *Ordinal; Regression Models for Ordinal Data*. Package .
- Bolaños, H. A. (2001). *Introducción a la holericultura*. (2da. ed.). San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Braun, U., Cook, R T.A., Inman, A.J. and Shin, H.D. (2002). The taxonomy of the powdery mildew fungi. In Belanger, R.R., Bushnell, W. R., Dik, A. J. and Carver, T.W. (eds.). *The Powdery Mildews. A Comprehensive Treatise* (pp. 13-55). St. Paul, Minnesota, USA.: The American Phytopathological Society. 292p.
- Brown, J. M.y Bird, J. (1992). *Whitefly transmitted geminiviruses and associate*.
- Casierra Posada, F., Cardozo, M. C., Cárdenas Hernández, J.F. (2007). Growth analysis of tomato fruits (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivated in greenhouse. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 299-305.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). (1999). Surgimiento y distribución de geminivirus transmitidos por mosca blanca em tomate en el Hemisferio Occidental. *Manejo Integrado de Plagas*, (53), 24-42.
- De la Casa, A., Ovando, G. (2012). Desarrollo de una herramienta para monitor el crecimiento y rendimiento de cultivos. Recuperado de ftp://ftp.itc.nl/pub/52n/gnc_devcoast_applications/description/spanish/chapter7_spanish.pdf.
- Cerda Cerda, K. J. (2011). *Evaluación de alternativas de manejo contra el complejo mosca blanca (Bemisia tabaci Gennadius) - Geminivirus en el cultivo de tomate [Solanum lycopersicum L.] (=Lycopersicum esculentum Mill.) en Tisma, Masaya (2009) y Camoapa, Boaco (2010)*. Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria. Recuperado de <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh10c413e.pdf>.
- Clemente Lezama, N. (2010). *Calidad postcosecha de tomate (Solanum lycopersicum L.) producido en agua residual y de pozo en hidroponía y suelo*. Tesis MSc. en Horticultura. UACH. Chapingo, Mexico. 73 p.
- Cohen, S., Antignus, Y. (1996). Tomato yellow leaf curl virus: a whitefly-borne geminivirus of tomatoes. *Advanced Disease Vector Research*, (10), 259-288.

- Cornide, M. y Izquierdo, F. (1979). Aplicación de dos métodos evaluativos para el estudio de la resistencia horizontal de variedades y líneas de tomate ante el ataque foliar del tizón temprano. *Revista CENIC*, 10(2), 245-261. Ciencias Biológicas. La Habana.
- Deying, M., Gorman, K., Devine, G., Lou, W. and Denholm I. (2006). The biotype and insecticide-resistance status of whiteflies, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), invading cropping systems in Xinjiang Uygur Autonomous Region, Northwestern China. *Crop Protection*, (26), 612-617.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C. W. (2015). *InfoStat, Versión 2015*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- EDA (Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores). (2006). *Boletín de mercadeo: "conocer su producto tomate"*. FHIA, Honduras.
- Erwin, D.C. and Ribeiro, O.K. (1996). *Phytophthora Diseases Worldwide*. St. Paul, Minnesota, USA.: The American Phytopathological Society. 562p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). (2002). *El cultivo protegido en clima mediterráneo*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s01.htm#TopOfPage>.
- Fauquet C. M. (2003). Revision of taxonomic criteria for species demarcation in the family Geminiviridae, and an updated list of begomovirus species. *Archives of Virology*, (148), 405-421.
- Franco, M., Molina, G. y Bejarano, R. E. (2000). *Estrategias de control de virus del rizado amarillo del tomate. Proyecto para obtener plantas resistentes a este virus, conocido como TYLCV*. Departamento de Genética de Universidad de Málaga, España. 16 p.
- Garat, J. J. (2003). *Sobre tomate Platense*. (en línea). Cultivar local Boletín No 1, Andalucía, 1(1), 23-24. Recuperado de <http://www.redandaluzadesemillas.org/>.
- García, L. A., Guzmán, C. I., Soriano, J. J. (2000). *Evaluación de variedades locales de tomate para su conservación "in situ" en agricultura ecológica*. Cursos y Conferencias, 1(4). Recuperado de http://www.uib.es/catedra_iberamericana/publicaciones/seae/.
- Gillaspy, G., H. Ben David, Gruissem, W. (1993). Fruits: a developmental perspective. *Plant Cell*, (5), 1439-1451.
- Gómez, O., Depestre, T. (1992). *Mejoramiento genético de hortalizas en condiciones tropicales en: Producción, Postcosecha, Procesamiento y Comercialización de Ajo, cebolla y tomate. Análisis nutricional del tomate*. Recuperado de <http://www.vitonica.com/autor/gabriela-gottau>.

- Gómez Peralta, D. M; Herrera Fuentes, E. F. (2014). *Comportamiento agronómico de 12 cultivares de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) en condiciones de campo en Tisma, Masaya y en casa malla, en el CEVT Las Mercedes, UNA*. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, Nicaragua. 53 p.
- González Urrutia, O. E., Laguna, J. L. (2004). *Evaluación del comportamiento agronómico de once cultivares de tomate (Lycopersicon esculentum Mill), bajo el manejo del productor en el valle de Sébaco, Matagalpa*. (en línea). Managua, Nicaragua, UNA. Recuperado de Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30g643.pdf>.
- Hendi, A., Abdel-Fattah, M. J., El-Sayed, A. (1987). Biological study on the whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.)(Hemiptera; Aleyrodidae). *Bull. Soc. ent. Egypte*, (65), 1984-85: 101-108.
- Hilje, L. (1996). *Metodología para el estudio y manejo de moscas blancas y Geminivirus*. Unidad de Fitoprotección. Turrialba, Costa Rica: CATIE.150p
- Holman, R. y Robbins, W. W. (1961). Botánica general. México. Pág. 260. Huerres, C. y N. Carballo. (1988). *Horticultura*. (pp. 1-6). La Habana: Pueblo y educación.
- Huerres, C., N. Carballo. (1988). *Cultivo del tomate y pimiento*. La Habana, Cuba: Pueblo y educación.30 p.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). (2016). *Datos meteorológicos. San Isidro*. Matagalpa, Nicaragua.
- INIDE (Instituto Nacional de Información y Desarrollo). (2005). *Estadísticas de área total de siembra de tomate en el país en el 2005*. Managua, Nicaragua.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). (2011). *Ensayo centroamericano de Tomate 2011*. Matagalpa, Jinotega, Nicaragua. 17 p.
- IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute). (2001). *Descriptores para el tomate (Lycopersicon spp.)*. Recuperado de <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Documento/JatrophaContrataciones/DESCRIPTORES-IBPRI-TOMATE.pdf>.
- Jaramillo Noreña, J., Rodríguez, V.P., Guzmán, M., Zapata, M.A. (2006). *El cultivo de tomate bajo invernadero (Lycopersicon esculentum Mill)*. Antioquia, Colombia: CORPOICA. 48 p.
- Jiménez - Martínez, E; González, J; Obregón, H. 2008. Evaluación de alternativas de protección física y química de semilleros de chiltoma (*Capsicum annum* L.) contra el ataque del complejo mosca blanca (*Bemisia tabaci*, Gennadius) – Geminivirus. LA CALERA; Año 8, N° 11. p. 32.

- Ji, Y., Scout, W. (2005). Identification of RAPD markers linked to *Lycopersicon chilense* derived geminivirus resistance genes of chromosome 6 of tomato. *Acta hortic*, (695), 407-416.
- Jones, J.B., Jones, J.P., Stall, R.E. and Zitter, T.A. (1991). *Compendium of Tomato Diseases*. St. Paul, Minnesota, USA. : The American Phytopathological Society. 73p.
- Kader, A.A. (1986). Effects of postharvest handling procedures on tomato quality. *Acta Horticulturae*, (190), 209-217.
- Kiss, L., Takamatsu, S. and Cunnington, J.H. (2005). Molecular identification of *Oidium neolycopersici* as the causal agent of the recent tomato powdery mildew epidemics in North America. *Plant Disease*, (89), 491-496.
- Kiss, L., Cook, R.T. A., Saenz, G. S., Cunnington, J. H., Takamatsu, S., Pascoe, I., et al. (2001). Identification of two powdery mildew fungi, *Oidium neolycopersici* sp. nov. and *O. lycopersici*, infecting tomato in different parts of the world. *Mycological Research*, (105), 684-697.
- Kravchuk, V. et al. (1985). Estudio de la adaptación y mejoramiento en las condiciones de Cuba de variedades de tomate introducidas de la URSS. / Kravchuk, V. En: *Resúmenes del aniversario de la revolución la URSS*. La Habana.
- Lastra, R. (1993). *Los geminivirus un grupo de fitovirus con características especiales*. Memoria de taller centro americano y del caribe sobre mosca blanca. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales* (3ra.ed.). San José: Agro América. PP. 319-320.
- Lohakare, A.S. (2008). Resultados de la mejora genética del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y su incidencia en la producción hortícola de cuba. *Cultivos Tropicales*, 24(2), 63-70.
- Lugo, M., Uriarte, G. R., Estrada, G. S., León, F. S. (2011). Geminivirus Transmitidos por Mosca Blanca (*Bemisia tabaci*) en Tomate, en el Valle Agrícola de Culiacán, Sinaloa. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 29(2), 109-118.
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario Forestal). (2012). *Plan de acción regional para el manejo de las moscas*. Managua, Nicaragua. 1 p.
- Mayorga Suchite, A.S. (2004). *Evaluación agronómica de ocho híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) en dos localidades de Zacapa*. Chiquimula, Guatemala. USAC. Recuperado de http://cunori.edu.gt/descargas/EVALUACION_AGRONOMICA_DE_OCHO_HIBRIDOS_DE_TOMATE_EN_DOS_LOCALIDADES_DE_ZACAPA.pdf.

- MIFIC (Ministerio de Fomento, Industria y Comercio, Nicaragua). (2007). Ficha del tomate. (en línea). Managua, NI, UNA. Consultado 12 julio 2017. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENE71N583ft.pdf>.
- Montoya Bugarin, R., Spinola Galvis, A., García Sánchez, P., Paredes García, D. (2002). *DEMANDA DE POTASIO DEL TOMATE TIPO SALADETTE*. Recuperado de <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/20/4/art391-399.pdf>.
- Nuez, F. (1995). *El cultivo de tomate*. Madrid, España: Mundi Prensa. 793 p.
- Ortega Martínez, L. D. (2010). *Efectos de los sustratos en el cultivo del tomate (Lycopersicon esculentum Mill) bajo condiciones de invernadero*. Tesis MSc. Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados. Puebla, Mexico. 105 p.
- Poehlman, J. M. (1971). *Mejoramiento genético de cosechas*. "S.1." Mexico: Limnsa-Wiley S.A., s.p.
- Ponce Valerio, J.J. (2010). *Distribución de biomasa, niveles de poda y densidades de poblaciones en tomate de cáscara. (Physalis ixocarpa Brot. ex Horm.)*. Tesis Dr.Sc. en Horticultura. UACH, Chapingo, México. 69 p.
- Ponce, O. (1995). *Evaluación de diferentes densidades de plantación y niveles de despunte en jitomate (Lycopersicon esculentum Mill.) en hidroponía*. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH, Chapingo, México. 96 p.
- Quintana Baquero, R.A; Balaguera López, H.E; Álvarez Herrera, J.G; Cárdenas Hernández, J.J., Pinzón, E.H. (2010). Efecto del número de racimos por planta sobre el rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum L.*). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(2), 199-208.
- R Core Team (2015). *R: A language and environment for Statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado de URL <http://www.R-project.org/>.
- Rojas, A., Kvrnheden, A. y Valkonen, J. P. T. (2000). Geminivirus infecting tomato crops in Nicaragua. *Plants Dis.* 84. p843:846.
- Rojas, M. (1994). First report of Tomato yellow leaf curl virus associated with beans, *Phaseolus vulgaris*, in Cuba. *Plant Diseases*. "S.1". "S.e". Vol. 77. 340 p.
- Rodríguez Rodríguez, R., Tabares Rodríguez, J. M., Medina J. A. (1997). *El cultivo del tomate moderno* (2da.ed.). España: Mundi-prensa. PP. 55, 63, 20.
- Rodríguez, G. R, et al. (2013). *Recursos Genéticos y Genómicos para Mejorar la Calidad del Fruto en Tomate*. Cátedra de Genética, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario, Colombia

- Rojas, M. R., Hagen, C., Lucas W. J and Gilbertson, R. L. (2005). Exploiting chinks in the plant's armor: evolution and emergence of geminiviruses. *Annual Review of Phytopathology*, (43), 361-394.
- Rodríguez. (1998). *Cultivo del Tomate* (22ava. ed.). Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, Managua, Nicaragua: Inpasa. 32 p.
- Ruíz Laguna, J. L. (2008). *Validación de líneas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) tolerantes a geminivirus en los departamentos de Matagalpa y Jinotega, durante las épocas de primera, postrera y riego del año 2008*. Recuperado de <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/protocolos/1ra-2008-inta-centro-norte/avt-protomatevirus2008.doc>.
- Sánchez, J. M., Garijo, C., García, E. J. (1991). Moscas blancas. En: Plagas del tomate. *Bases para el control integrado*. M.A.P.A. (pp 37-52). Madrid: Secretaría General Técnica.
- Santiago, J., Mendoza, M., Borrego, F. (1998). Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum* MILL) en invernaderos: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 9(1), 59-65.
- Tay, D. C. (1989). *Genetic Resources of Tomato and Pepper at AVRDC. Tomato and Pepper Production in the Tropics*. Int. Simp. On Integ. Manag. Practices. Manila: AVRDC. 618 p.
- Thicoipe, P. J. (2002). *Tecnología de las Hortalizas*. Zaragoza: ACRABIA. P 17.
- Vallejo Cabrera, F. A y Estrada Salazar, E. I.(2002). *Mejoramiento Genético de plantas*. Universidad de Colombia. Sede Palmira, Cali, Colombia: Feriva S. A.
- Vallejo Cabrera, F.A. (1999). *Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia*. Universidad de Colombia, Sede Palmira, Cali, Colombia: Feriva S. A.
- Van Haeff, J. N. (1990). *Tomates* (2da. ed.). México: Trillas 54 p.
- Willis, R. H.H., Lee, T.H., McGlasson, W.B., Hall, E.G., Graham, D. (1999). *Introducción a la fisiología y manipulación de las frutas, hortalizas y plantas ornamentales* (2da. ed.). Zaragoza, España: Acribia. 240 p.
- Zúñiga, V. C., Ramírez, P. (2002). Los geminivirus, patógenos de importancia mundial. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, (64), 25 – 33.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Plano de campo de evaluación y selección de líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* MILL) tolerantes a enfermedades y con alta productividad en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015

	IV	8	4	10	5	3	10	12	2	9	1	11	7
		48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37
↑ 5 m ↓	III	3	9	1	4	7	2	5	11	8	10	12	6
		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
↑ 1 m ↓	II	6	5	11	7	2	10	8	12	1	4	9	3
		24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13
	I	2	7	3	9	11	6	12	1	10	8	4	5
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Anexo 2. Medias para la variable rendimiento total (kg ha⁻¹) de 12 cultivares de tomates evaluados en San Isidro, San Juanillo, Las Delicias y Valerio, año 2015

Trat.	Genotipo	Ambientes				Combinado**
		CDT San Isidro	San Juanillo	Las Delicias	Valerio	
11	INTA JL – 5	64583.33 a	54791.67 a	81041.67 a	65000.00 a	66250.00 a
1	1008 Nicaragua	54375.00 b	47291.67 bc	61875.00 b	45416.67 b	52291.67 b
6	Anabella	34791.67 h	45000.00 bcde	42916.67 fg	45625.00 b	42083.33 e
3	1004	52083.33 bc	41875.00 def	58750.00 bc	35000.00 d	46875.00 c
2	1003	47083.33 de	50000.00 b	58333.33 bcd	39166.67 c	48541.66 c
9	ST 1066 F1	41041.67 fg	40000.00 ef	56750.00 ef	39583.33 c	42083.33 e
4	1008 Honduras	49791.67 cd	46041.67 bcd	61041.67 b	26250.00 f	45833.33 d
8	1 X 10	38750.00 g	43541.67 cdef	41458.33 g	25833.33 f	37291.67 f
7	CLN 3125 L	48750.00 cd	48750.00 b	54791.67 cd	29791.67 e	45625.00 d
10	ST 1688	43958.33 ef	43541.67 cdef	52708.33 df	40000.00 c	45000.00 d
5	1032	40208.33 fg	38750.00 f	47500.00 ef	30625.00 e	39166.67 f
Media		46875.00 b	45416.67 c	55208.33 a	38333.33 d	
Pr>Ambiente						<0.0001**
Pr>Genotipo		<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
Pr>Genotipo * Ambiente						<0.0001**
CV (%)		5.97	7.12	6.65	5.76	6.32
R ²		0.92	0.74	0.93	0.97	0.94

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, según Duncan (p > 0.05). ** Los cuatro ambientes