

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Estudio de la Estabilidad en Líneas Avanzadas en Proceso de Registro de  
Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Tipo Beef Extra Firmes Bajo Agricultura  
Protegida en la Región del Altiplano Potosino

Por:

**INÉS IGNACIO ESTRADA DÍAZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Estudio de la Estabilidad en Líneas Avanzadas en Proceso de Registro de  
Tomate (*Solanum lycopersicum L.*) Tipo Beef Extra Firmes Bajo Agricultura  
Protegida en la Región del Altiplano Potosino

Por:

**INÉS IGNACIO ESTRADA DÍAZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



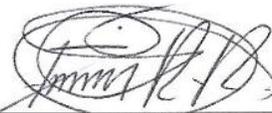
M.C. Alfredo Sánchez López

Asesor Principal



Dr. Homero Ramírez Rodríguez

Coasesor

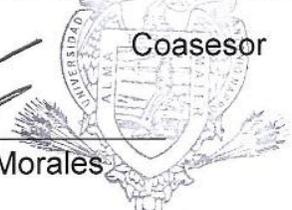


M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos

Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales



Coordinación  
División de Agronomía

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2017

## DEDICATORIAS

### A mi MAMA:

Porque este también **es tu trabajo** que fuiste realizando a través del tiempo cuando nunca te diste por vencida y seguiste adelante impulsando a tus hijos por quererlos ver con un mejor futuro. Y a pesar de que no está papa con nosotros siempre tomaste el papel de la mejor manera. Por estar siempre conmigo apoyándome incondicionalmente, por tus consejos, tus bendiciones, tus valores, tus consentimientos y por trabajar duro para sacarme adelante, por ser cómplice en muchas de mis travesuras.

### A mis HERMANOS.

En especial a **Alejandro Estrada Díaz, Norberto Estrada López, Martha Estrada López, Francisco Estrada Díaz, Fernanda Estrada Díaz** por su apoyo incondicional tanto económico como moral, porque siempre estuvieron hay para sacarme adelante en los momentos difíciles y me apoyaron en lo más hermoso que hoy tengo, **MI PROPIA FAMILIA.**

### A mi FAMILIA.

Para esa mujer hermosa que siempre estuvo conmigo en el transcurso de mi carrera apoyándome en todo momento **MI ESPOSA Lucia Emilia Jardon García**, y a **Mi Hijo Samuel Alberto Estrada Díaz** quien fue mi máxima inspiración para concluir bien mis estudios.

### A mis AMIGOS.

En especial a **Cesar Daniel García Barradas, Guillermo Caballero Oliva, Marcelino García Quevedo, Rubni Rodríguez Díaz y Juan Diaz Armas** por apoyarme en el transcurso mi formación profesional, y a todos los compañeros de la carrera o de otras carreras que compartieron tiempo conmigo haciéndome más competitivo y enseñándome cosas positivas.

.....**MUCHAS GRACIAS A TODOS**.....

## **AGRADECIMIENTOS.**

A **Dios** por darme fuerzas para seguir adelante día con día, por darme vida, salud, inteligencia, armonía, paz, felicidad y una hermosa familia que me impulso a lo largo de toda la carrera profesional.

A mi **ALMA TERRA MATER** por acogerme estos cuatro años y medio, por formarme profesionalmente y darme herramientas para sobresalir en la vida. Gracias por los conocimientos de tus profesores, tus valores por brindarme alimento, por brindarme un hogar donde llegar y poder dormir, y lo más valioso el comprender el verdadero valor de la naturaleza. Gracias por darme las mejores **EXPERIENCIAS EN MI VIDA Y LOS MEJORES AMIGOS.**

A **M.C Alfredo Sánchez López** por brindarme la confianza y la oportunidad de trabajar en su proyecto de investigación, por compartirme sus conocimientos y experiencias como investigador y como el gran ser humano que es. Gracias por enseñarme valores como la humildad, el respeto, la sinceridad y la responsabilidad.

Al **M.C Fidel Maximiano Peña Ramos** por su colaboración y ayuda en la realización de este trabajo, por brindarme apoyo moral y sus conocimientos como profesionista.

Al **Dr. Homero Ramírez Rodríguez** por sus observaciones como profesionista impulsando y mejorando cada vez mi formación profesional.

A mi **Inés Ignacio Estrada Díaz** por nunca darte por vencido y seguir adelante, cada vez que te caíste te levantaste con más animo y seguiste luchando, a pesar adversidades y obstáculos hoy has cumplido más de tus metas. Gracias.

A la **Ing. Juana María Cepeda García** por siempre atendernos con humildad y sencillez, por su paciencia y sus consentimientos nunca te voy a olvidar y siempre te llevare en el corazón como una gran amiga con un gran espíritu humanista.

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar el comportamiento de rendimiento y calidad de fruto de 4 genotipos de hábito Indeterminado y Semi-Indeterminado bajo agricultura protegida y un sistema de poda a dos tallos. El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de malla sombra en el rancho “El Trébol” de la Empresa Agrícola “San Javier” en el municipio de Villa de Arista San Luis Potosí. Las Líneas utilizadas fueron **TSAN-10001SV**, **TSAN-10003SVI**, **TSAN-SI-SV7-3-1-SI** de hábito semi-indeterminado y el **Hibrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (testigo comercial)** de hábito indeterminado con cuatro repeticiones por cada genotipo. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con 4 Repeticiones. Los resultados en la variable de altura no muestran diferencia significativa en entre genotipos; en altura a bifurcación y altura al primer racimo los mejores resultados se observaron en el Hibrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (Testigo comercial). En relación de altura final con número de racimos solo se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) para el número de racimos en el tallo secundario, con los valores de 7.5 racimos para el Hibrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (Testigo comercial). Las líneas TSAN-10001SV y TSAN-10003SVI se comportan estables en la variable de rendimiento mostrando diferencia significativa superando al Hibrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (Testigo comercial) tanto en el periodo uno como en el periodo dos y por lo tanto en rendimiento total. En cuanto a calidad de fruto, la Línea TSAN-SI-SV7-3-1-SI destaca mostrando diferencia significativa tanto en diámetro polar como diámetro ecuatorial, sin embargo, en peso de fruto sin pedúnculo las Líneas TSAN-SI-SV7-3-1-SI, TSAN-10001SV y TSAN-10003SVI se comportan similarmente mostrando diferencia significativa sobre el Hibrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (Testigo comercial). Por lo tanto, se concluye que las Líneas **TSAN** de hábito Semi-Indeterminado superan al Hibrido **CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup>** (Testigo comercial) de hábito indeterminado y fueron estables en rendimiento, diámetro polar, diámetro ecuatorial y peso del fruto sin pedúnculo.

**Palabras clave:** (*Solanum lycopersicum* L.), Semi-Indeterminado, Genotipo, Indeterminado, Calidad. Líneas, Hibrido, Rendimiento.

## ÍNDICE GENERAL

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| DEDICATORIAS.....   | ¡Error! Marcador no definido. |
| AGRADECIMIENTOS.....  | ii                            |
| RESUMEN .....   | iii                           |
| ÍNDICE DE CUADROS.....  | vii                           |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....  | viii                          |
| I.INTRODUCCION .....  | 1                             |
| Objetivo general:.....  | 2                             |
| Objetivos específicos: .....  | 3                             |
| Hipótesis:.....   | 3                             |
| II.REVISIÓN DE LITERATURA.....  | 4                             |
| 2.1. Origen e importancia del tomate. ....                              | 4                             |
| 2.2. Importancia a nivel mundial y en México.....                       | 4                             |
| 2.3. Uso de agricultura protegida. ....                                 | 5                             |
| 2.4. Estructuras implementadas en agricultura protegida .....           | 6                             |
| 2.4.1. Manejo de invernaderos .....                                     | 6                             |
| 2.4.2. Manejo de malla sombra .....                                     | 8                             |
| 2.4.3. Manejo de macro túnel .....                                      | 9                             |
| 2.4.4. Manejo de micro túnel .....                                      | 10                            |
| 2.5. Nutrición hidropónica en tomate.....                               | 11                            |
| 2.6. Atributos de calidad de tomate.....                                | 13                            |
| 2.6.1. Especificaciones sensoriales.....                                | 14                            |
| 2.6.2. Grado de madurez.....  | 14                            |
| 2.6.3. Tamaños. ....  | 15                            |
| <b>Cuadro 2. Tamaño de tomate tipo bola. Fuente:(SAGARPA 2005).....</b> | <b>16</b>                     |
| 2.7. Producción e importancia de los híbridos de tomate. ....           | 16                            |
| 2.8. Desarrollo de Híbridos.....  | 17                            |
| 2.9. Tipos de híbridos de tomate según su Hábito de crecimiento. ....   | 18                            |
| 2.9.1. Híbridos de Hábito Determinado. ....                             | 18                            |
| 2.9.2 Híbridos de Habito Indeterminado. ....                            | 18                            |
| 2.9.3. Híbridos de Hábito Semi-Indeterminados.....                      | 19                            |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.9.3.1. Variedad SofiMely .....   | 19        |
| 2.9.3.1.1. Características de crecimiento de la Variedad SofiMely .....                                | 20        |
| 2.9.3.2. Variedad de Villa Narro. ....   | 21        |
| 2.9.3.2.1. Características de crecimiento de la variedad Villa Narro....                               | 21        |
| <b>2.10. Organismo de registro de variedades. (UPOV) .....</b>   | <b>23</b> |
| 2.10.1. Miembros de la UPOV .....  | 23        |
| 2.10.2. Características de una variedad vegetal .....  | 23        |
| 2.10.3. Ventajas de registro de variedades .....   | 24        |
| <b>III.MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>  | <b>26</b> |
| <b>3.1. Lugar del experimento.....</b>   | <b>26</b> |
| <b>3.2. Hidrografía.....</b>   | <b>26</b> |
| <b>3.3. Orografía.....</b>   | <b>27</b> |
| <b>3.4. Clasificación y uso de suelo. ....</b>   | <b>27</b> |
| <b>3.5. Material genético.....</b>   | <b>27</b> |
| <b>3.6. Siembra.....</b>   | <b>28</b> |
| <b>3.7. Trasplante.....</b>  | <b>28</b> |
| <b>3.8. Manejo del cultivo.....</b>  | <b>28</b> |
| <b>3.9. Fertilización. ....</b>  | <b>28</b> |
| <b>3.10. Material de campo.....</b>  | <b>29</b> |
| <b>3.11. Variables evaluadas.....</b>  | <b>29</b> |
| 3.11.1. Variables agronómicas .....  | 29        |
| 3.11.2. Variables de rendimiento y calidad de fruto.....   | 30        |
| <b>3.12. Fechas de evaluación. ....</b>  | <b>31</b> |
| <b>3.13. Diseño experimental.....</b>  | <b>32</b> |
| <b>3.14. Análisis de varianza.....</b>   | <b>33</b> |
| <b>IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>  | <b>34</b> |
| <b>4.1. Altura de la planta en periodos de desarrollo. ....</b>  | <b>34</b> |
| <b>4.2. Altura a bifurcación. ....</b>   | <b>36</b> |
| <b>4.3. Altura a inicio de floración.....</b>  | <b>37</b> |
| <b>4.4. Relación altura final del tallo primario con numero de racimos del tallo primario.....</b>     | <b>38</b> |
| <b>4.5. Relación altura final del tallo secundario con numero de racimos de tallo secundario. ....</b> | <b>39</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>4.6. Rendimiento por periodos en toneladas por hectárea. ....</b> | <b>40</b> |
| <b>4.7. Rendimiento total en toneladas por hectárea.....</b>         | <b>41</b> |
| <b>4.8. Diámetro polar.....</b>                                      | <b>42</b> |
| <b>4.9. Diámetro ecuatorial.....</b>                                 | <b>43</b> |
| <b>4.10. Peso del fruto sin pedúnculo.....</b>                       | <b>44</b> |
| <b>V.CONCLUSIONES.....</b>   | <b>46</b> |
| <b>VI.LITERATURA CITADA .....</b>                                    | <b>47</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| <b>Cuadro 1.</b> Descripción de grado de madurez de tomate Fuente:(SAGARPA, 2005) ..... | 15 |
| <b>Cuadro 2.</b> Tamaño de tomate tipo bola. Fuente:(SAGARPA 2005).....                 | 16 |
| <b>Cuadro 3.</b> Materiales genéticos utilizados en el experimento.....                 | 27 |
| <b>Cuadro 5.</b> Tabla de fertilizantes de acuerdo al número de racimos.....            | 28 |
| <b>Cuadro 5.</b> Tabla de microelementos aplicados en la fertilización.....             | 29 |

## ÍNDICE DE FIGURAS.

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Relación que existe entre la altura y la distancia entre cada racimo de línea SofiMely.....                                    | 20 |
| <b>Figura 2.</b> Relación que existe entre la altura y la distancia entre cada racimo de línea Villa Narro .....                                | 22 |
| <b>Figura 4.</b> Características de una variedad.....   | 23 |
| <b>Figura 3.</b> Miembros de la UPOV.....   | 24 |
| <b>Figura 5.</b> Obtentores de variedades vegetales.....  | 25 |
| <b>Figura 6.</b> Localización de experimento.....   | 26 |
| <b>Figura 7.</b> Comparación de medias para la variable de la altura de la planta en periodos.....  | 35 |
| <b>Figura 8.</b> Comparación de medias para la variable de altura de cuello de la planta a bifurcación.....                                     | 36 |
| <b>Figura 9.</b> Comparación de medias para la variable de altura a inicio de floración.....  | 37 |
| <b>Figura 10.</b> Comparación de medias de las variables de altura final del tallo primario con el número de racimos de tallo primario.....     | 38 |
| <b>Figura 11.</b> Comparación de medias de las variables de altura final del tallo secundario con el número de racimos de tallo secundario..... | 39 |
| <b>Figura 12.</b> Comparación de medias para la variable rendimiento por periodos en ton/ ha. ....  | 40 |
| <b>Figura 13.</b> Comparación de medias para la variable de rendimiento total en ton/ha.....  | 41 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 14.</b> Comparación de medias para la variable de diámetro polar.....                          | 42 |
| <b>Figura 15.</b> Comparación de medias para la variable de diámetro ecuatorial...                       | 43 |
| <b>Figura 16.</b> Comparación de medias para la variable de peso de fruto sin pedúnculo.....             | 44 |
| <b>Figura 17.</b> Correlación diámetro polar y diámetro ecuatorial con peso del fruto sin pedúnculo..... | 45 |

## I.INTRODUCCION

Actualmente el incremento de la población se desarrolla de manera exponencial lo que ha generado la demanda de una gran cantidad de alimento como lo son las hortalizas. El tomate es la hortaliza más importante del mundo aportando una producción mundial 223, 473,736 ton (FAO, 2014).

En México la producción de hortalizas es una de las actividades que genera mayor cantidad de ingresos, teniendo una participación del 3.5% del PIB con un valor de 313,037 millones de pesos, siendo el tomate uno de los cultivos con más rentabilidad y de mayor producción. (SAGARPA, 2016)

A nivel internacional, México se encuentra entre los principales países exportadores de esta hortaliza y tiene una participación estimada en el mercado internacional de 21 por ciento (SAGARPA, 2016).

Estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) reflejan que en el país son destinadas a la producción de tomate más de 51 mil hectáreas, con una producción estimada en 2.8 millones de toneladas, siendo los principales estados productores a Sinaloa, Michoacán y San Luis Potosí teniendo una producción de 1, 294,581.06 toneladas conjuntamente (SIAP, 2015).

En la producción de hortalizas y en particular el tomate, se han venido desarrollando tecnologías, que combinadas o por si solas ayudan aumentar el rendimiento y cumplir con el abastecimiento que demanda la población, la producción de híbridos es una alternativa que ofrece ventajas sobre las plantas comunes. Un híbrido es el resultado de la cruce realizada entre dos genotipos con diferentes características. Cuando se cruzan dos líneas puras (homocigotas), la semilla que se produce corresponde a un híbrido simple, que genera plantas muy uniformes y vigorosas, producto del vigor híbrido o Heterosis. Los híbridos presentan un aumento de rendimiento y resistencias específicas a ciertas enfermedades, lo que constituye una ventaja adicional de

estos materiales (Schwember y Contreras, 2011). Actualmente en México existen el desarrollo de nuevas líneas denominadas **TSAN** de habito semi-indeterminados este tipo de variedades su principal característica es la corta distancia entre racimo y racimo que puede ser de 21 a 22.7 cm, mientras que los híbridos comerciales presentan una distancia de 34.033 cm (**Springel F<sub>1</sub>**). Esta característica es una innovación tecnológica en líneas **TSAN**. Lo que puede lograr un mayor número de racimos en la planta considerando que se expresara en rendimiento y calidad de fruto, expresándose en una reducción de costos de manejo y producción que implican la conducción y manejo, así como la demanda hídrica y nutrimental de la planta, además logrando una maduración de los frutos más uniforme. (Sánchez, 2016)

La agricultura protegida es otra alternativa, esta tecnología se realiza bajo estructuras construidas con la finalidad de evitar las restricciones que el medio impone al desarrollo de las plantas. Así, mediante el empleo de diversas cubiertas se reducen las condiciones restrictivas del clima sobre los vegetales. A través de los años, pero sobre todo en las últimas décadas se han desarrollado varios tipos de estructuras para la protección de las plantas que plantean diferentes alternativas y generar condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de cultivos, de acuerdo a los requerimientos climáticos de cada especie y en concordancia con los factores climáticos de cada región (Moreno-Pérez, 2007).

Teniendo en cuenta lo anterior, se considera que se puede mejorar la producción en cuanto a calidad y rendimiento de Tomate Tipo Beef utilizando Líneas Avanzadas de Habito Semi-Indeterminado de Tomate Extra Firme bajo agricultura protegida.

**Objetivo general:**

Evaluar el material genético de 4 genotipos de hábito Indeterminado y Semi-Indeterminado bajo un sistema Semi Hidropónico con poda a dos tallos.

### **Objetivos específicos:**

Evaluar el efecto de rendimiento y calidad al utilizar genotipos de Hábito Semi-Indeterminados Vs Indeterminado.

Determinar el efecto y desarrollo de genotipos de Hábito Semi-Indeterminado al manejar un sistema de poda a dos tallos.

### **Hipótesis:**

Alguno de las Líneas **TSAN** de habito Semi-Indeterminado supera en rendimiento y calidad al Híbrido **CAIMAN F1®** (Testigo comercial).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen e importancia del tomate.

El cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum L.*) es una planta originaria de Perú, y México es centro secundario de origen, países en donde se encuentran varias formas silvestres. Fue introducida en Europa en el siglo XVI. Al principio, el tomate solo se cultivaba como planta de adorno. A partir de 1900, se extendió el cultivo como alimento humano. Además, se cultiva en las zonas templadas y cálidas. Actualmente el tomate se cultiva en casi todos los países del mundo (Rick, 1986).

El origen del género *Lycopersicon* se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile. Probablemente desde allí fue llevado a Centroamérica y México donde se domesticó y ha sido por siglos parte básica de la dieta. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos y para entonces ya habían sido llevados a España y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá.

### 2.2. Importancia a nivel mundial y en México.

El tomate es uno de los productos agrícolas con mayor valor económico a nivel mundial, con una producción de 223, 473,736 ton (FAO, 2014). En el país existen distintas variedades de tomate rojo, entre las más importantes están el jitomate cherry, saladette, tipo pera, bola y bola grande.

En México la producción hortícola bajo condiciones protegidas, ha presentado un crecimiento considerable, en el 2003 se estimaba que en México solo se cultivaban 950 ha sin embargo para el 2014 fue de 50962.65 ha (SAGARPA,

2015), de éstas el 70% producen tomate generando oferta del producto durante todo el año. Sin embargo, la mayoría de la producción se exporta a Estados Unidos, Canadá y algunos países europeos, con base en los altos estándares de calidad e inocuidad que han alcanzado los productores mexicanos (SAGARPA, 2015).

Asimismo, de acuerdo con datos arrojados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), a lo largo del 2014 México produjo cerca de 2.8 millones de toneladas de jitomate, razón por la cual su producción ocupa el segundo lugar después del cultivo de chile (SIAP, 2015).

México es el principal exportador de jitomate fresco a nivel mundial, siendo Estados Unidos, Canadá y algunos países de Europa los principales consumidores; con lo cual las exportaciones ascienden a poco más de 20 mil millones de pesos. El país exporta alrededor de 1.5 millones de toneladas anuales, que representan entre el 50 y 70 por ciento del volumen total de la producción (SAGARPA, 2015).

### **2.3. Uso de agricultura protegida.**

La agricultura protegida se realiza bajo estructuras construidas con la finalidad de evitar las restricciones que el medio impone al desarrollo de las plantas. Así, mediante el empleo de diversas cubiertas se reducen las condiciones restrictivas del clima sobre los vegetales. A través de los años, pero sobre todo en las últimas décadas se han desarrollado varios tipos de estructuras para la protección de las plantas que plantean diferentes alternativas generar condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de cultivos, de acuerdo a los requerimientos climáticos de cada especie y en concordancia con los factores climáticos de cada región (Moreno-Pérez, 2007).

La horticultura protegida en México está en amplio crecimiento y desarrollo. En el año de 1980 se reportaron 300 hectáreas (ha) con este sistema de producción y en 2008 alrededor de 10 000 ha. Este sistema de producción ha presentado un elevado crecimiento en los últimos años (entre 20 y 25% anual),

lo que ha generado contradicciones en el número de hectáreas (ha) actualmente establecidas. La Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA), en 2010 reportó 11 760 ha mientras que para el mismo año la Asociación Mexicana de Agricultura Protegida, Asociación Civil (AMHPAC) en el mismo año censó 15 300 ha. En general, los invernaderos constituyen 44 % y la malla sombra 51% de la superficie total. Los Estados que concentran el mayor número de hectáreas de cultivo en invernadero son: Sinaloa (22%), Baja California (14%), Baja California Sur (12%) y Jalisco (10%); en estas cuatro entidades se encuentra más del 50% de la producción total de cultivos protegidos.

## **2.4. Estructuras implementadas en agricultura protegida**

### **2.4.1. Manejo de invernaderos**

Un invernadero es una construcción agrícola con una cubierta traslúcida que tiene por objetivo reproducir o simular condiciones climáticas adecuadas para el crecimiento y desarrollo de plantas de cultivo establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior. De las estructuras empleadas para proteger cultivos, estos permiten modificar y controlar de forma más eficiente los principales factores ambientales que intervienen en el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales.

Los invernaderos se pueden construir con diversos materiales, cuya altura es mayor de dos metros en la parte útil, con anchos mayores de seis metros y largos variables, uniendo varias naves o módulos se obtienen grandes dimensiones de superficies cubiertas, conocidas como invernaderos en batería. Por su tamaño, permiten que todas las labores y prácticas que requieren los cultivos se realicen en el interior de las instalaciones (Bastida y Ramirez, 2008).

De acuerdo a la Norma Mexicana para el diseño de estructuras para invernaderos (NMX-E-255-CNCP-2008), los aspectos relevantes a considerar en las estructuras son los materiales utilizados. Estos deben ser económicos,

ligeros, resistentes y esbeltos, que formen estructuras poco voluminosas a fin de evitar sombras sobre las plantas, ser de fácil mantenimiento y conservación, modificables y adaptables. Por tanto, debe procurarse que en la adquisición de estos materiales se cumplan las especificaciones de fabricación mencionadas en las normas, para cumplir con las especificaciones mínimas de un buen diseño, resistencia mecánica, estabilidad y durabilidad, incluyendo las cimentaciones.

La finalidad de los invernaderos es proteger cultivos de los factores y elementos adversos a su desarrollo; como son altas y bajas temperaturas, granizadas, vientos, lluvias torrenciales, cantidad y calidad de energía luminosa. Estos factores y elementos pueden ser modificados y controlados eficientemente mediante el diseño, equipamiento y manejo apropiado de cada invernadero, considerando las condiciones climáticas locales y los requerimientos de cada especie agrícola a cultivar dentro de ellos.

En relación al nivel de tecnificación de invernaderos en México, la mayoría de éstos se consideran de baja y media tecnología, en función de lo siguiente:

- 1) Tecnología baja: es 100% dependiente del ambiente, al hacer uso de tecnologías simples similares a las utilizadas en cultivo a intemperie.
- 2) Tecnología media: corresponde a estructuras modulares o en batería que están semi-climatizadas, con riegos programados, y pueden ser en suelo o hidroponía. Por lo general la productividad y calidad es mayor que en el nivel anterior.
- 3) Tecnología alta: en este nivel se incluyen instalaciones que cuentan con control climático automatizado (mayor independencia del clima externo), riegos, computarizados y de precisión, inyecciones de CO<sub>2</sub>, para ello cuentan con sensores y dispositivos que operan los sistemas de riego y ventilación, pantallas térmicas para el control de la iluminación y cultivo en sustratos.

Los invernaderos modernos son acondicionados con mecanismos y equipos necesarios para controlar temperatura, luminosidad, humedad ambiental y del

sustrato, ventilación, aireación, aporte de CO<sub>2</sub>, riegos y fertilización. Con esto se ha logrado aumentar los rendimientos agrícolas a niveles superiores a los alcanzados en campo abierto mediante cualquiera de los sistemas de producción tradicional de la agricultura mecanizada.

Aunque generalmente las cubiertas de los invernaderos son de plástico con diferentes propiedades como tales como plásticos térmicos, anti goteo, foto selectivos y biodegradables, paredes con mallas o de policarbonato y elementos de sombreo aluminizadas, también existen invernaderos de vidrio, lo que les confiere mayor hermeticidad. El volumen de aire que se alberga entre la planta y el techo es superior a los invernaderos multi túneles (túneles en batería), lo que aumenta su inercia térmica y la estabilidad climática. La interceptación de luz es superior a los invernaderos de plástico y están dotados de varios sistemas de regulación climática que se manejan con un controlador de clima y riego. Su costo es muy alto, por lo que su uso en climas no extremos está más restringido, aunque son los invernaderos que poseen los mayores rendimientos potenciales por metro cuadrado (Bastida y Ramirez, 2007).

#### **2.4.2. Manejo de malla sombra**

Durante el verano, reducir la temperatura de los invernaderos es uno de los mayores problemas. No es fácil refrigerar instalaciones sin invertir cantidades relativamente altas en equipamiento, operación y mantenimiento continuo. Sin embargo, el uso de mallas sombra es una opción de solución a este problema.

La casa sombra y la malla sombra son dos elementos que se emplean para disminuir la cantidad de energía radiante que llega a los cultivos. Las mallas no sólo se utilizan como elemento de sombreo, sino que se emplean en las ventanas de los invernaderos con el objetivo de impedir la entrada de insectos y reducir el uso de pesticidas. Las mallas empleadas para cubrir completamente estructuras de invernaderos o estructuras tipo cobertizos, conocidas comercialmente como casas sombra, consisten en una tela tejida de plásticos

con entramados de cuadros de diferentes tamaños que sirve como cubierta protectora que regula la cantidad de luz que llega a las plantas y proteger los efectos del granizo, insectos, aves y roedores (Moreno-Pérez, 2007).

Mediante el empleo de mallas se puede reducir entre 10 a 95% del total de la radiación solar. La cantidad de luz que se deja pasar al interior depende de la especie que se tenga en cultivo. Con las mallas no se evita el paso del agua de lluvia, además son permeables al viento. Generalmente las estructuras sobre las que se colocan las mallas sombra son metálicas, pero también pueden ser construidas con madera. Las mallas de color negro son las más utilizadas y en menor medida las de color rojo y azul. Los materiales más comunes para la fabricación de mallas sombras son el polietileno y polipropileno, también se empieza a utilizar el poliéster. La duración de las mallas de polietileno, con un buen manejo, puede ser de cuatro años mientras que las de polipropileno pueden durar hasta diez años, ambos materiales son de color negro. (Juárez López et al. 2011)

#### **2.4.3. Manejo de macro túnel**

Son estructuras que no tienen las características apropiadas en ancho y altura al canal para ser consideradas invernaderos, pero ya permiten que las labores se realicen en el interior. Tienen de 4 a 5 m de ancho y 2 a 3 m de altura en la parte más elevada, con longitudes variables que para facilitar su manejo se recomienda no sean mayores a 60 m, aunque en México existen algunos de hasta 100 m de largo.

Este tipo de estructuras son ideales para semilleros o almácigos de especies hortícolas y ornamentales, como abrigo en la propagación vegetativa de especies de interés comercial y para la producción de hortalizas y plantas ornamentales. Tienen como ventaja su fácil construcción y como principal desventaja, con respecto a los invernaderos es que retienen menos calor en la noche, debido a su poco volumen. Otra desventaja es su elevada temperatura durante el día por carecer de ventilación natural (Moreno-Pérez, 2007).

Por lo general, en la construcción de estos tipos de estructuras se emplean perfiles tubulares, redondos, cuadrados o rectangulares y se cubren con polietileno o mallas sombra. Son estructuras recomendables para aficionados y personas que se inician en el manejo de cultivos bajo cubierta. Los macro túneles pueden ser estructuras unitarias o en batería. Una variante de su uso es unir invernaderos tipo túnel para formar baterías, facilitando el manejo y las labores.

#### **2.4.4. Manejo de micro túnel**

Son estructuras pequeñas construidas con arcos sobre los que se colocan cubiertas de plástico. Por sus reducidas dimensiones no es posible que las personas trabajen en su interior por lo que las labores se realizan desde el exterior de las mismas. En México, se le conoce como micro túneles ya que es la forma que más frecuentemente adoptan; sin embargo, algunos son de forma triangular.

La función de los túneles es minimizar los efectos perjudiciales de las bajas temperaturas, sin recurrir a estructuras costosas. En algunos cultivos su empleo se limita a la primera parte del ciclo, por ejemplo, en la producción de plántula y en algunos sistemas de producción de hortalizas donde en la primera fase se emplean mini invernaderos con acolchado y riego por goteo. Se les emplea para proteger los cultivos y acortar el ciclo productivo al lograrse mayor precocidad (Moreno-Perez,2007).

Los factores principales que determinan el mayor o menor rendimiento térmico del túnel, y por lo tanto, sus resultados económicos, se relacionan con los materiales de cobertura, la forma y dimensiones de la estructura, el sistema de ventilación, la orientación, la hermeticidad, la naturaleza de la estructura de sostenimiento, el sombreado y la conectividad térmica. Las dimensiones óptimas dependen de la especie a cultivar, garantizando que la altura del túnel permita un desarrollo normal, por ejemplo, para fresa, rábano, lechuga y zanahoria requieren de 30 a 40 cm mientras que, para jitomate de crecimiento

determinado, pimiento y berenjena necesitan de 80 a 90 cm de altura. En cuanto al ancho del mini invernadero debe procurarse que las plantas queden al menos a 20 cm separadas de las paredes laterales.

Los mini invernaderos se emplean para establecer almácigos de hortalizas, en la propagación vegetativa de especies ornamentales, para proteger cultivos comerciales cuya disposición sea en hileras o surcos con hábitos de crecimiento de porte bajo tales como chile, calabaza y en la producción de nopal verdura.

Los materiales más empleados para la construcción de los mini invernaderos son varillas, alambón, alambre y madera. En la cubierta se emplean plástico, malla sombra, cubiertas térmicas o cubiertas de tela no tejida como el agrigon®. Las estructuras pueden ser de forma semicircular triangular, elíptica o triangular. Por lo general, son de menos de 1.5 m de altura y de 90 a 150 cm de anchura, con longitudes variables de hasta 100 m.

## **2.5. Nutrición hidropónica en tomate.**

La hidroponía es una tecnología para desarrollar plantas en solución nutritiva (SN) (agua y fertilizantes), con o sin el uso de un medio artificial (arena, grava, vermiculita, lana de roca, etc.) para proveer soporte mecánico a la planta. El sistema hidropónico líquido no tiene un medio de soporte; los sistemas en agregado tienen un medio sólido de soporte. Los sistemas hidropónicos han sido clasificados como abierto (una vez que la SN es aplicada a las raíces de las plantas, ésta no es reusada), o cerrado (la SN excedente es recuperada, regenerada y reciclada) (Jensen y Collins, 1985)

La hidroponía forma parte de la Agricultura de Ambiente Controlado (AAC), el aspecto más importante de la hidroponía es la SN, de ella depende la nutrición de las plantas y, por ende, la calidad y cantidad de la producción. La hidroponía es ampliamente usada en el mundo para la producción de los cultivos más rentables. El tomate es una de las especies hortícolas que más se produce en hidroponía, debido a su elevado potencial productivo (el cual no es explotado

completamente en campo), a su demanda nacional y mundial, así como a su alto valor económico, principalmente cuando se produce en los periodos en que no existe en campo. Los aspectos de la SN que en mayor medida influyen en la producción son: (1) la relación mutua entre los cationes, (2) la relación mutua entre los aniones, (3) la concentración de los nutrimentos, debido a que éstos se encuentran en forma iónica, la concentración se expresa mediante la conductividad eléctrica (CE), (4) el pH, y (5) la temperatura. (Lara,1999)

La mayoría de las técnicas de producción en hidroponía son de sistema cerrado, la SN excedente se recupera y, luego de restablecer su composición química, es nuevamente utilizada. El uso más eficiente de la SN se presenta con el sistema cerrado. Las técnicas de producción en hidroponía se clasifican en función del medio de crecimiento en que se desarrolla el sistema radical de las plantas. Al conjuntar los criterios para clasificar a las técnicas hidropónicas propuestas por Steiner (1966), Jensen y Collins (1985) y Resh (1991), se pueden clasificar en: técnicas en medio líquido (no agregado), dentro de éstas se ubican a las técnicas en película nutritiva (NFT), hidroponía en flotación y la aeroponía; en el grupo agregado se encuentran los cultivos en arena, grava (rocas porosas de origen volcánico como tezontle, perlita y zeolita), otros sustratos como la lana de roca, aserrín, turba, espumas sintéticas como el poliestireno, entre otros. (Lara, 1999)

Los factores de la SN que tienen mayor influencia en la producción de tomate en hidroponía son: la relación mutua entre los aniones, la relación mutua entre los cationes, la concentración de nutrimentos (CE), la relación  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{NH}_4^+$ , el pH, y la temperatura. No existe una SN que sea apropiada para cualquier condición, los cuatro primeros factores dependen de las condiciones del ambiente, las características genéticas y la etapa de desarrollo de la planta. El pH para cualquier condición debe ser mantenido entre 5.5 y 6.0 y la temperatura lo más cercana a 22 °C. Un inapropiado manejo de la SN en cualquiera de estos factores o la interacción entre ellos, afecta la nutrición de la planta y, por ende, el rendimiento y la calidad de los frutos. (Lara 1999)

## 2.6. Atributos de calidad de tomate.

La calidad de tomate se evalúa por la apariencia, color, textura, valor nutricional, composición en madurez de consumo, seguridad (sanidad), sabor y aroma. El sabor es medido por los sólidos solubles y ácidos orgánicos (Kader, 2002; Cantwell et al., 2007). La calidad postcosecha y la vida de anaquel de los frutos de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) son controlados por el estado de madurez en la cosecha (Alam et al., 2006; Padmini, 2006). El sabor del tomate es el resultado de diversos componentes aromáticos volátiles y no volátiles y de una compleja interacción entre éstos (Yilmaz, 2001). Para un sabor mejor se requiere un contenido alto de azúcares y ácidos; un contenido alto de ácidos y bajos de azúcares produce un sabor ácido, uno alto en azúcares y bajo en ácidos dan un sabor suave, y ambos bajos dan un fruto insípido (Grierson y Kader, 1986). Los frutos de tomate contienen: azúcares reductores como fructosa y glucosa y trazas de sacarosa que constituyen 53 a 65 % de los sólidos solubles, ácidos, cítrico (9 %) y málico (4 %) principalmente, la vitamina C (ácido ascórbico), aminoácidos (2-2.5 %), carotenoides, compuestos volátiles responsables del aroma, sales minerales (8 %) y sustancias pécticas de la pared celular (Davies y Hobson, 1981; Petro-Turza, 1986).

Los tomates son frutos climatéricos y su maduración es acompañada por cambios en el sabor, textura, color y aroma. Durante este proceso se degrada la clorofila y se sintetizan carotenoides, como el licopeno (antioxidante que da el color rojo) y el  $\beta$ -caroteno (precursor de la vitamina A), giberelinas, quinonas y esteroides (Fraser et al., 1994). El fruto pierde firmeza debido a cambios físicos y químicos asociados con la degradación de la pared celular y la solubilización de las pectinas por las enzimas pectinesterasa (PE), poligalacturonasa (PG) y pectatoliasa (PL) (Marín- Rodríguez et al., 2002; White, 2002).

USDA (1991) menciona que la calidad en el tomate suele medirse por atributos como:

### **2.6.1. Especificaciones sensoriales.**

El producto objeto de este pliego de condiciones, debe cumplir con las siguientes especificaciones sensoriales:

Los tomates deben ser:

- De aspecto fresco y sano.
- Con características similares de variedad.
- Maduros de acuerdo a la variedad o tipo (tomates normales o de larga vida de anaquel).
- Firmes, no blandos ni sobremaduros.
- Bien desarrollados
- Bien formado de acuerdo a la variedad.
- Limpios; exentos de cualquier material extraño visible como tierra, humedad excesiva, materia orgánica, etc.
- Exentos de pudriciones o deterioro.
- Libres de defectos de origen meteorológico (granizo, quemaduras de sol, daño por frío), mecánico, entomológico (insectos), o genético-fisiológico. Se aceptan defectos siempre y cuando sean superficiales y muy leves y no afecten el aspecto general del producto (calidad, conservación y presentación del mismo).
- Exentos de cualquier olor y/o sabor extraño.
- Debe excluirse todo el producto que esté afectado por pudrición o deterioro, al grado que sea inadecuado para su consumo.

### **2.6.2. Grado de madurez**

El producto objeto de este pliego de condiciones se clasifica de acuerdo a su grado de madurez y color, en la tabla siguiente:

| <b>Grado de madurez</b> | <b>Color</b> | <b>Descripción</b>   |
|-------------------------|--------------|--|
| 1                       | Verde        | La piel del tomate está completamente verde. El color verde puede variar de claro a oscuro.  |
| 2                       | Quebrando    | Existe un rompimiento del color verde hacia colores amarillo, rosado o rojo en no más del 10 % de la superficie del fruto.                       |
| 3                       | Rayado       | Entre el 10 y el 30% de la superficie del fruto muestra un cambio definido del color verde hasta amarillo, rosado o rojo, o una mezcla de ellos. |
| 4                       | Rosa         | Entre el 30 y el 60% de la superficie del tomate tiene color rosa o rojo.  |
| 5                       | Rojo claro   | Entre el 60 y el 90% de la superficie del tomate muestra colores rosados o rojo  |
| 6                       | Rojo         | Más del 90% de la superficie del tomate tiene color rojo.  |

**Cuadro 1.** Descripción de grado de madurez de tomate Fuente:(SAGARPA, 2005)

### **2.6.3. Tamaños.**

Para verificar el tamaño del producto objeto de este pliego de condiciones, deben aplicarse los métodos de prueba indicados en la Norma Mexicana NMX-FF-009.

| Tamaño           | Diámetro en mm (pulg) |           |            |           | No. Frutos<br>/caja 25 lb | Acomodo de<br>frutos/ tanda |
|------------------|-----------------------|-----------|------------|-----------|---------------------------|-----------------------------|
|                  | Mínimo (a)            |           | Máximo (b) |           |                           |                             |
|                  | mm                    | Pulg      | mm         | Pulg      |                           |                             |
| Chico            | 54                    | (2 4/32)  | 58         | (2 9/32)  | 120-140                   | 7x7                         |
| Mediano          | 57                    | (2 8/32)  | 64         | (2 17/32) | 100-108                   | 6x7                         |
| Grande           | 63                    | (2 16/32) | 71         | (2 25/32) | 78-83                     | 6x6                         |
| Extra grande     | 70                    | (2 24/32) | 84         | (3 16/32) | 58-63                     | 5x5, 5x6                    |
| Max.Extra grande | 83                    | (3 8/32)  | 90         | (3 16/32) | 40-45                     | 4x5                         |

**Cuadro 2.** Tamaño de tomate tipo bola. Fuente:(SAGARPA 2005)

## 2.7. Producción e importancia de los híbridos de tomate.

Un híbrido es el resultado del cruce controlado entre dos genotipos diferentes. Cuando se cruzan dos líneas puras (homocigotas), la semilla que se produce corresponde a una variedad híbrido simple, que genera plantas muy uniformes y vigorosas, producto del vigor híbrido o heterosis. Además, los híbridos presentan resistencias específicas a ciertas enfermedades, lo que constituye una ventaja adicional de estos materiales. La uniformidad, clave para la mecanización del cultivo, y el alto rendimiento de las variedades híbridas, hizo que los agricultores estuvieran dispuestos a pagar el valor adicional que ellas tenían respecto de otro estándar o de polinización abierta

Producto de la segregación genética, la semilla que produce una variedad híbrida, origina individuos que pierden las características de vigor y uniformidad original, y los agricultores se ven obligados a comprar semillas de las variedades híbridas cada temporada (Schwember y Contreras, 2011).

Los híbridos de tomate muestran vigor desde el estado de plántula, producen maduración más temprana, resistente a enfermedades e insectos, mayor tolerancia a altas temperaturas en cuaje. Los híbridos de tomate tienen un rendimiento de frutos un 20% superior a variedades de polinización abierta por heterosis. La ventaja más importante que presenta la hibridación es la rapidez

de incorporar resistencia a enfermedades y plagas gobernadas por genes dominantes simples; precocidad y calidad de frutos (Cosme et al. 2006).

Una de las mayores ventajas de los híbridos, es que presentan introducción de resistencias a virosis o a patógenos del suelo. Casi todos los híbridos de tomate cultivados tienen resistencia a enfermedades vasculares producidas por hongos de suelo, *Verticillium dahliae* o *Fusarium oxysporum. f. sp. lycopersici*. Son también numerosas las variedades con resistencia a nemátodos (*Meloidogyne*). Estas resistencias proporcionan una eficiente protección, aún con algunas limitaciones, frente a esas enfermedades. Los híbridos sembrados comercialmente en el país presentan buena adaptación, un excelente comportamiento, y un alto potencial de rendimiento, no obstante, son muy demandantes de nutrimentos, por lo que un buen diseño y ajuste de la fertilización en tomate es fundamental (Vallejo, 1999)

## **2.8. Desarrollo de Híbridos**

Todo el mejoramiento en tomate es realizado por las técnicas clásicas de mejoramiento genético. Existen dos pasos en el desarrollo de híbridos. Primero, se debe combinar los caracteres deseados de diversas plantas de tomate y desarrollar líneas parentales. Segundo, se toman esas líneas parentales, se cruzan y se producen híbridos experimentales.

Siendo el tomate una planta autógama, se debe separar el estigma (femenino) de su propio polen (masculino) por un proceso llamado "emasculación". Entonces el polen de otra línea deseada es manualmente introducido al estigma de la flor emasculada. De esta forma, se efectúa un cruzamiento de dos líneas con diferentes caracteres. Cada vez que se desee combinar dos líneas diferentes, ya sea para el desarrollo de parentales, híbridos experimentales o producción de semilla comercial, se debe ejecutar esta operación.(Emmatty, 2005)

En un programa de mejoramiento, los cruzamientos iniciales son realizados para generar líneas parentales a través del tiempo en generaciones llamadas

F1, F2, F3, etc. A cada estado, se aplica una selección para obtener nuevos parentales con caracteres deseables de sus dos parentales originales. Una vez que muchos parentales deseables han sido desarrollados, nuevos cruzamientos son necesarios para producir nuevos híbridos. Idealmente, estos híbridos llevarán caracteres mejorados benéficos para el agricultor y los procesadores.(Emmatty, 2005)

## **2.9. Tipos de híbridos de tomate según su Hábito de crecimiento.**

Los híbridos de tomate se han caracterizado por tener diferentes hábitos de crecimiento según sea la necesidad del productor o con la tecnología que se cuenta para llevar a cabo su producción.

### **2.9.1. Híbridos de Hábito Determinado.**

Este tipo produce un número limitado de racimos. El número de racimos varía según las variedades (Nota: puede estar influenciado por las condiciones agroclimáticas). En este tipo, el número de hojas o entrenudos entre inflorescencias es irregular en una misma planta y varía de uno a tres. El tallo termina en una inflorescencia y no se producen ramas axilares. (UPOV, 2011)

### **2.9.2 Híbridos de Habito Indeterminado.**

En plantas de crecimiento indeterminado, se forma en la axila de la hoja más joven (la que está inmediatamente por debajo del racimo floral más reciente) una yema vegetativa que continúa el crecimiento y desplaza esta hoja a una posición por encima del racimo floral más reciente y sigue su crecimiento formando tres o cuatro hojas y luego un nuevo racimo floral. A partir de ahí el proceso se vuelve repetitivo, pues debajo de la nueva inflorescencia surge una yema que desarrolla nuevamente 3 o 4 hojas y un nuevo racimo floral y así sucesivamente se repite esta secuencia de crecimiento hasta que las condiciones sean favorables. De esta forma, las plantas de crecimiento indeterminado pueden crecer indefinidamente alcanzando longitudes mayores a 5 metros. Generalmente requieren sistemas de soporte o “tutorado” para

mantenerse erectas. La producción de frutos se maneja a lo largo de toda la planta y para evitar la proliferación de nuevos tallos, deben podarse continuamente los nuevos brotes axilares.(Escobar and Lee 2009)

### **2.9.3. Híbridos de Hábito Semi-Indeterminados**

En México existen el desarrollo de nuevas variedades denominadas **TSAN** de hábito Semi-Indeterminados este tipo de variedades su principal característica es la corta distancia entre racimo y racimo que puede ser de 21 a 22.7 cm, mientras que los híbridos comerciales presentan una distancia de 34.033 cm (**Springel F<sub>1</sub>**). Esta característica es una innovación tecnológica en líneas TSAN. Lo que puede lograr un mayor número de racimos en la planta considerando que se expresara en rendimiento y calidad de fruto, haciendo una reducción de costos de producción que implican la conducción y manejo, así como la demanda hídrica y nutrimental de la planta, además logrando una maduración de los frutos más uniforme. (Sánchez, 2016)

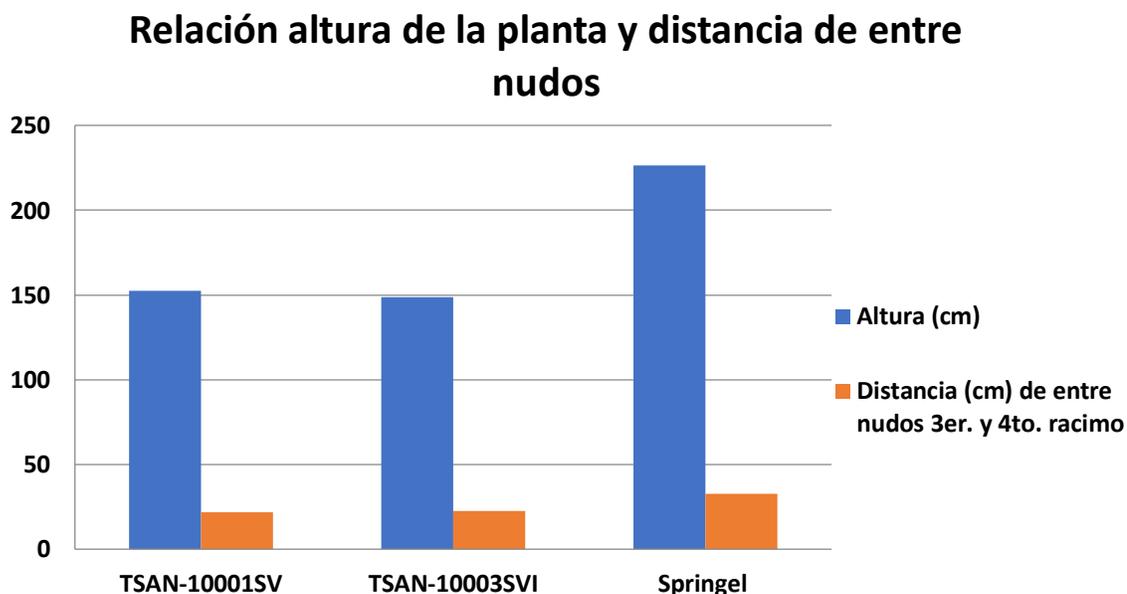
#### **2.9.3.1. Variedad SofiMely**

La línea **TSAN-10003-SVI**, presentan características de frutos Extra Firmes y larga vida de anaquel de acuerdo a sus características genética sus frutos son predominantemente de tamaños Extra grandes y grandes en un 82 % de la producción **3x4, 4x4, 4x5, 5x5 y 5x6** con un peso promedio del fruto de 280-240 g. y un 18 % de tamaños mediano y chico, manteniendo la práctica de podas a uno y dos tallos ,así como nutrición y otras prácticas dependiendo de la modalidad en que se establezca sin embargo, estos materiales en campo abierto también manifiestan un excelente comportamiento bajo el sistema de estacado regional modificado-modificado, acolchado y fertirriego manejados con poda a dos tallos. (Sánchez, 2016).

Otras características muy importantes que presentan es la resistencia a las razas 1 y 2 de *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici* (Sacc) Zinder y Hansen, *Verticillium*, *Tizón temprano*, así como a otras enfermedades, tolerancia al Virus del Mosaico del Tomate raza 1, *Verticillium albo-atrum*; *Verticillium* entre otras. (Sánchez, 2016)

### 2.9.3.1.1. Características de crecimiento de la Variedad SofiMely

El tipo de crecimiento de la variedad **SofiMely** presenta un crecimiento de habito Semi-Indeterminado con menor distancia entre racimos. En la (figura 1), se puede observar que el Hibrido Comercial Springel F<sub>1</sub><sup>®</sup> presenta una altura de 226.3 cm y una distancia entre racimos fue de 34.0333 cm, a esa altura presenta 6.65 racimos, en comparación a las Líneas específicamente TSAN-10003SVI, presenta una altura de 148.733 cm y una distancia entre racimos de 22.5333 cm, a esa altura tiene 6.6 racimos (Sánchez, 2016)



**Figura 1.** Relación que existe entre la altura y la distancia entre cada racimo de línea SofiMely (Sánchez, 2016)

Se observa que en promedio los genotipos presentan el mismo número de racimos, pero se presentan crecimientos vegetativos excesivos en el Híbrido comercial; En cambio en las Líneas TSAN, se hace un uso eficiente de los recursos e insumos, se disminuye considerablemente los costos de producción por el número de podas. A una altura de 226.3 cm, como la que presenta el Híbrido Comercial Springel F<sub>1</sub><sup>®</sup>, la Línea TSAN-10003SVI tendría 10.04 racimos y la Línea TSAN-10001SV tendría 10.47 racimos, por lo tanto, a esa altura las Líneas TSAN poseen 4 racimos más que los Genotipos comerciales, logrado de esa manera un mayor número de frutos por planta que al final se traduce en un mayor rendimiento. (Sánchez, 2016)

#### **2.9.3.2. Variedad de Villa Narro.**

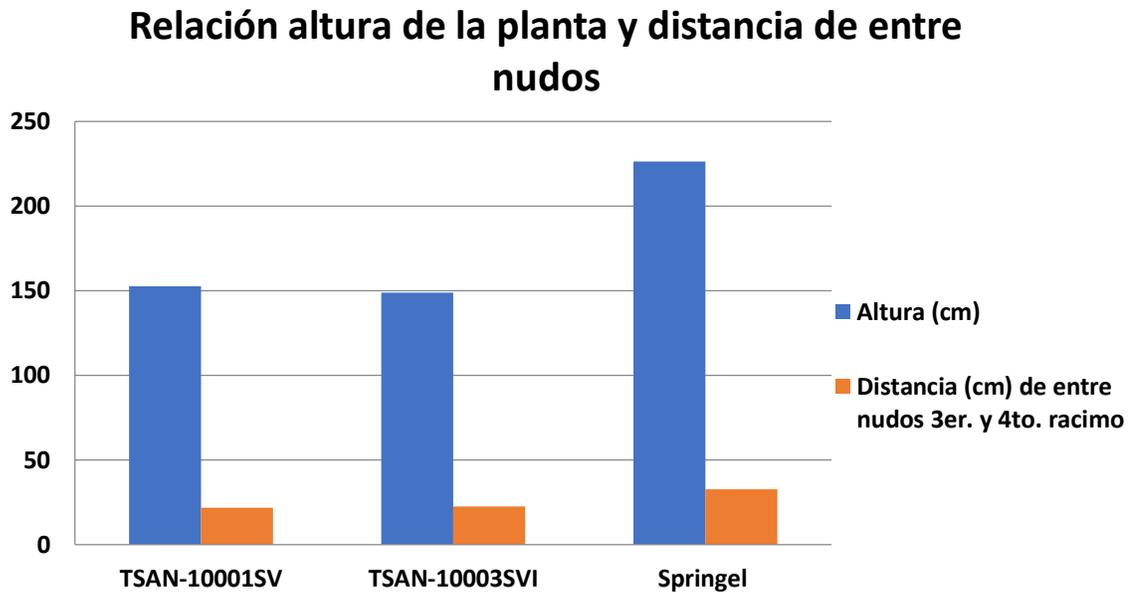
Las Línea **TSAN-10001SV** presentan características de frutos Extra Firmes y larga vida de anaquel con frutos comerciables extra grandes, grandes (**3x4, 4x4, 4x4, 5x5, 5x6**) hasta un 75% y un 25% de tamaños mediano y chico (**6x6 y 6x7**) en toda su etapa productiva sin perder el tamaño manteniendo la práctica de podas a uno y dos tallos, así como nutrición y otras prácticas dependiendo de la modalidad en que se establezca sin embargo, estos materiales en campo abierto también manifiestan un excelente comportamiento (Sánchez, 2014).

##### **2.9.3.2.1. Características de crecimiento de la variedad Villa Narro.**

El tipo de crecimiento de la variedad **Villa Narro** también presenta un crecimiento de hábito semi-indeterminado con menor distancia entre racimos.

En la (Figura 2), se puede observar que el Híbrido comercial **Springel F<sub>1</sub><sup>®</sup>** presento una altura de 226.3 m y una distancia entre racimos fue de 34.0333 cm, en comparación a la Línea **TSAN-10001SV (Villa Narro)**, que presento una

altura de 152.60 m y una distancia entre racimos de 21.933 cm, esta diferencia en altura es de **73.7** cm. (Sánchez, 2016)



**Figura 2.** Relación que existe entre la altura y la distancia entre cada racimo de línea Villa Narro (Sánchez, 2016)

Se observo que en promedio en el 2° a 3° racimo se presentan los crecimientos vegetativos , excesivos y vigorosos en el Híbrido comercial; este proceso se traduce a una mayor demanda hídrica y nutrimental por parte de la planta, un incremento considerable de temperatura dentro del invernadero por la generación de energía de las plantas lo que implica un mayor gasto para controlar la temperatura bajo agricultura protegida, considerándose un factor limitante para evitar de contribuir al calentamiento global del medio ambiente. En cambio, en la Línea **TSAN**, se hace un uso más eficiente de los recursos e insumos, se disminuyen los costos de producción por el número de podas existiendo un efecto importante en la fisiología y desarrollo de los tallos en la poda que se practica cuando se determina que el agricultor decide hacerlo uno o dos tallos y sobre todo en cielo abierto y sistema de estacado. (Sánchez, 2016)

## 2.10. Organismo de registro de variedades. (UPOV)

La Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) es una organización intergubernamental con sede en Ginebra (Suiza). Con el fin de proporcionar y fomentar un sistema eficaz para la protección de las variedades vegetales. (UPOV, 2017)

### 2.10.1. Miembros de la UPOV

El Convenio de la UPOV es el fundamento en que se apoyan los miembros para fomentar el fitomejoramiento mediante la concesión, a los obtentores de variedades vegetales, de un derecho de propiedad intelectual: el derecho de obtentor.

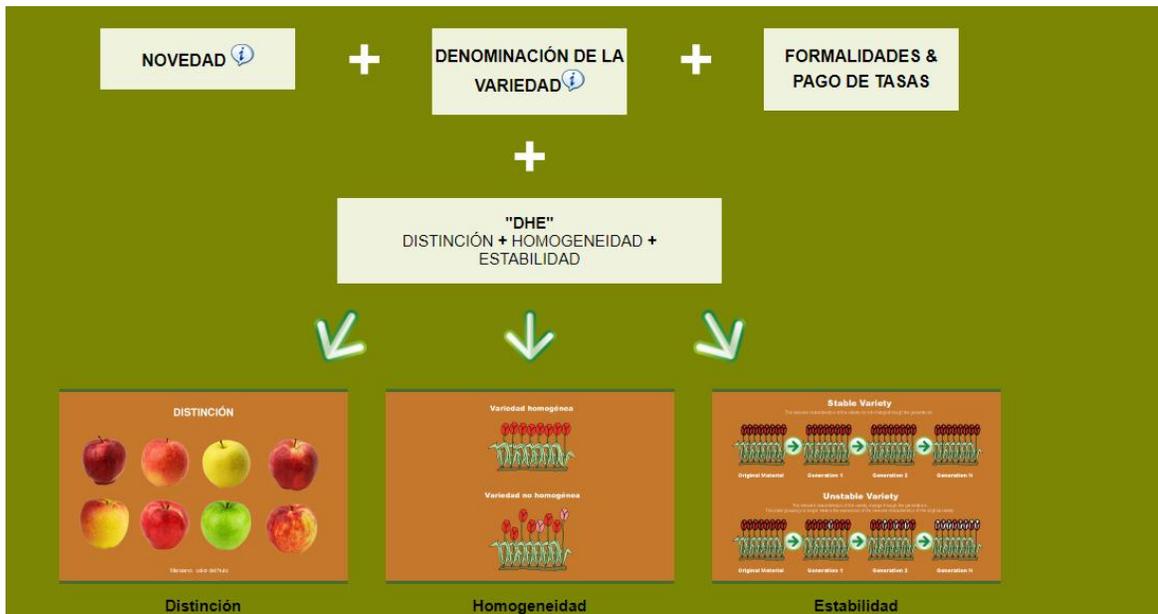


**Figura 3.** Miembros de la UPOV. (UPOV, 2017)

### 2.10.2. Características de una variedad vegetal

Una variedad vegetal representa a un grupo de plantas definido con mayor precisión, seleccionado dentro de una especie, que presentan una serie de características comunes (UPOV, 2017)

Las condiciones que debe cumplir un vegetal para que estos se consideren variedad son:



**Figura 4.** Características de una variedad. (UPOV, 2017)

Sin embargo, para lograr una variedad es necesario la aplicación del fitomejoramiento, esta práctica tiene un alto costo y se lleva mucho tiempo, es por eso que los obtentores necesitan protección para recuperar su inversión. (UPOV, 2017)

### 2.10.3. Ventajas de registro de variedades

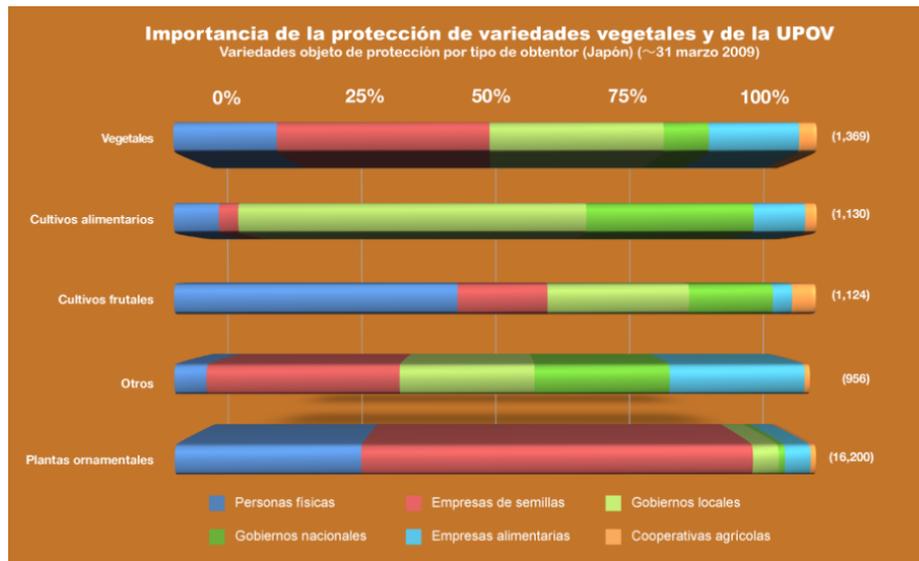
- (a) aumento de las actividades de fitomejoramiento,
- (b) mayor acceso a las variedades mejoradas,
- (c) mayor número de obtenciones vegetales.
  
- (d) diversificación de los tipos de obtentor (obtentores privados, investigadores),

- (e) mayor número de variedades vegetales procedentes de otros países,
- (f) fomento del desarrollo de una nueva competitividad industrial en los mercados extranjeros y mayor acceso a variedades vegetales procedentes de otros países y mejora de los programas nacionales de fitomejoramiento.

El único que puede solicitar la protección de una obtención vegetal es el propio obtentor.

El sistema de la UPOV no establece ninguna restricción respecto a la naturaleza del obtentor: podrá serlo una persona común y corriente, un agricultor, un investigador, una institución pública, una empresa privada, etcétera.

Sólo el obtentor puede obtener la protección de una variedad vegetal, actualmente estos obtentores se muestran de la siguiente manera.

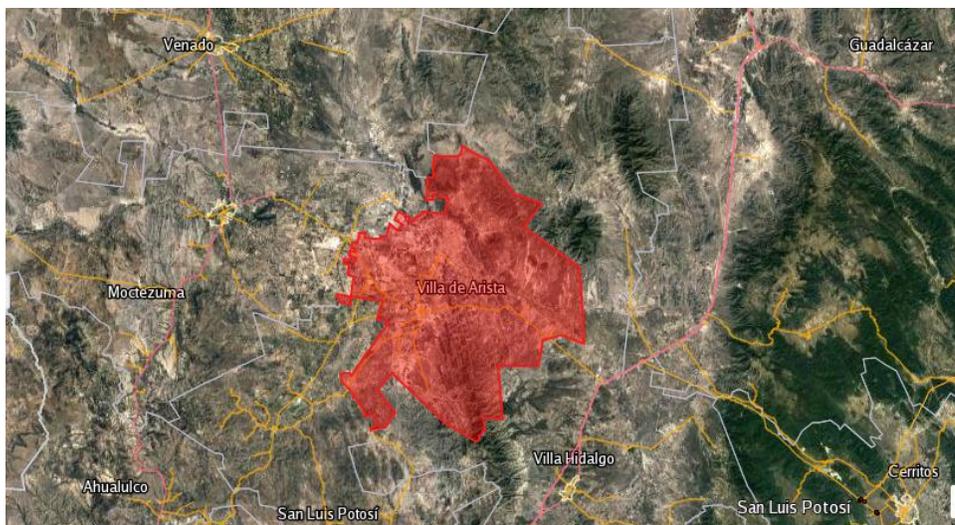


**Figura 5.** Obtentores de variedades vegetales. (UPOV, 2017)

### III.MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar del experimento.

El presente trabajo se realizó en el ciclo 2016 en las instalaciones de malla sombra en el rancho “El Trébol” de la empresa agrícola “San Javier” en el Municipio de Villa de Arista, localizado al noroeste del estado de San Luis Potosí con las coordenadas  $100^{\circ}51''$  de longitud Oeste y  $22^{\circ}39''$  de latitud Norte, a una altitud de 1,610 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación media de 650 mm y una temperatura media anual de  $26^{\circ}\text{C}$ . Sus límites son: al Norte, al Este y al Sur con Villa Hidalgo; al Oeste con Moctezuma; al Suroeste San Luis Potosí.



**Figura 6.** Localización del Experimento.

#### 3.2. Hidrografía.

En este municipio no existen corrientes hídricas superficiales de importancia las cuales puedan ser aprovechadas para el uso agrícola, siendo la única alternativa la explotación de mantos acuíferos por medio de posos.

### 3.3. Orografía.

En Villa de Arista se localizan formaciones montañosas, al Norte Sierra Las Pilas, al Sur se localizan formaciones que alcanzan su mayor altura en Villa Hidalgo. La mayor parte es planicie y en menor grado lomerío suave.

### 3.4. Clasificación y uso de suelo.

El suelo en esta zona es de origen sedimentario con formación aluvial, con textura franco arenosa y de estructura de bloque sub angular, es apto para la agricultura y también para la ganadería.

### 3.5. Material genético. (*Solanum lycopersicum L.*) (Tipo Beef)

Los materiales genéticos utilizados en este experimento fueron los siguientes:

| N° de Tratamiento | Genotipos                                  | Habito de Crecimiento |
|-------------------|--|-----------------------|
| T1                | Línea TSAN-10001SV                         | Semi-Indeterminado    |
| T2                | Línea TSAN-10003SVI                        | Semi-Indeterminado    |
| T3                | Línea avanzada<br>TSAN-SI-SV7-3-1-SI       | Semi-Indeterminado    |
| T4 (Testigo)      | Hibrido CAIMAN F <sub>1</sub> <sup>®</sup> | Indeterminado         |

**Cuadro 3.** Materiales Genéticos Utilizados en el Experimento.

El material de Hábito de crecimiento Indeterminado comercializada por la **Compañía Ahern** y los de Habito Semi-Indeterminado formados por el M.C. Alfredo Sánchez López que dirige el programa de mejoramiento genético en tomate.

### 3.6. Siembra.

La siembra se realizó el día **24 de junio del 2016** en el invernadero de alta tecnología del Departamento de Forestal, instalaciones pertenecientes a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

### 3.7. Trasplante.

El trasplante se realizó del **día 27 al 29 de julio del 2016** bajo agricultura protegida Tipo Malla Sombra a una sola hilera con una distancia entre plantas de .30 m, y entre surcos de 1.90 m, utilizando contenedores, bolis con sustrato de fibra de coco sobre acolchado bicolor. El sistema de riego era cintilla calibre 8000.

### 3.8. Manejo del cultivo.

El cultivo se manejó bajo las técnicas que aplica normalmente el agricultor desde trasplante hasta la producción, como lo son conducción de la planta, poda, polinización, control fitosanitario (control de malezas, plagas y enfermedades) riegos y fertilización.

### 3.9. Fertilización.

La fertilización fue por vía fertirriego con las siguientes concentraciones.

| Meq/L                | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | K <sup>+</sup> | Ca <sup>++</sup> | Mg <sup>++</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | H <sub>3</sub> CO <sup>-</sup> | Na <sup>+</sup> | C.E  |
|----------------------|------------------------------|------------------------------|---|----------------|------------------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|------|
| 1er Racimo.          | 6                            | 0.5                          | 1.5   | 3.5            | 8                | 2                | 3 a 6                         | 1                              | <5              | 1.41 |
| Racimo 1-3           | 8                            | 0.5                          | 1.5   | 5.5            | 8                | 3                | 3 a 6                         | 1                              | <5              | 1.8  |
| Racimo 3-5           | 10                           | 0.5                          | 1.5   | 7              | 8                | 4                | 3 a 6                         | 1                              | <5              | 2.2  |
| Racimo 5 en adelante | 12                           | 0.5                          | 1.5   | 8.5            | 9                | 4                | 3 a 8                         | 1                              | <5              | 2.4  |

**Cuadro 4.** Tabla de fertilización de acuerdo al número de racimos.

| Micro elementos | Fe <sup>++</sup> | Mn <sup>++</sup> | Cu <sup>+</sup> | Zn <sup>++</sup> | Bo  | Mo   |
|-----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|-----|------|
| Meq/L           | 1.5-2.0          | 0.8              | 0.06            | 0.15             | 0.4 | 0.05 |

**Cuadro 5.** Tabla de micro elementos aplicados en la fertilización.

### 3.10. Material de campo.

Bascula de reloj de diez kilos maraca Nuevo León®

Libreta de campo.

Lápiz

Cinta métrica marca Truper®

Cámara fotográfica.

Cajas de plástico.

Etiquetas experimentales.

Vernier digital marca Autotec®

Hojas de registro para tomar datos.

### 3.11. Variables evaluadas.

Las variables que se evaluaron para el desarrollo de este trabajo fueron las siguientes:

#### 3.11.1. Variables agronómicas

-Altura a inicio de floración.

-Altura a bifurcación

-Altura de la planta en periodos del desarrollo

-Altura final tallo primario

-Altura final tallo secundario

Estas variables se midieron con una cinta métrica marca Truper®, dicha variable se midió en cm.

-Número de racimos en tallo primario.

-Número de racimos en tallo secundario.

Estas variables se cuantificaron de manera personal, identificándolos directamente en la planta.

### **3.11.2. Variables de rendimiento y calidad de fruto.**

-Rendimiento por periodos en toneladas por hectárea.

-Rendimiento total en toneladas por hectárea

Se estimó el rendimiento total por hectárea (ton/ha) multiplicando el rendimiento por tallo por el total de tallos que corresponde a cada tratamiento probado.

-Diámetro polar.

Se hizo con un vernier digital marca Autotec® colocándolo en ambos polos del fruto, considerando frutos de tamaño intermedio a los cosechados.

-Diámetro ecuatorial.

De la misma manera que el diámetro polar, este se calculó con un vernier marca Autotec ® colocándolo horizontalmente sobre el ecuador de un fruto de tamaño intermedio a los cosechados.

-Peso del fruto sin pedúnculo.

Se calculó dividiendo el peso total de frutos por parcela útil entre número total de frutos por parcela.

### **3.12. Fechas de evaluación.**

Para la altura de la planta en los diferentes periodos de desarrollo las fechas son las siguientes.

-Periodo 1: **23 de agosto de 2016**

-Periodo 2: **12 de septiembre de 2016**

-Periodo 3: **18 de noviembre de 2016**

Para las variables de altura a Inicio de floración y altura a bifurcación se evaluaron en la siguiente fecha.

-Fecha de evaluación: **23 de agosto de 2016**

Para las variables de la altura final de la planta y numero de racimos tanto en tallo primario y secundario la fecha fue la siguiente.

-Fecha de evaluación: **12 de septiembre de 2016**

Para la variable rendimiento por periodos en ton/ha y rendimiento total en ton/ha se evaluaron en dos periodos con las siguientes fechas.

**Periodo 1:** Las fechas de evaluación y cosecha fueron las siguientes.

28/10/2016

31/10/2016

03/11/2016

07/11/2016

10/11/2016

14/11/2016

**Periodo 2:** Las fechas de evaluación y cosecha fueron las siguientes.

21/11/2016

24/11/2016

28/11/2016

02/12/2016

06/12/2016

13/12/2016

Para las variables de diámetro polar, diámetro ecuatorial y peso de fruto sin pedúnculo se evaluaron las fechas.

-Fecha de evaluación: **24 de noviembre del 2016**

### **3.13. Diseño experimental.**

El trabajo fue establecido en un diseño de bloques completamente al azar, en el que se utilizaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones por cada tratamiento. El análisis estadístico se analizó utilizando en paquete de diseños experimentales R versión 3.2.5 (2014) de Fundación para el cómputo estadístico, Viena, Austria.(2014)

Este análisis consiste en lo siguiente.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

$i = 1,2,3,4$  tratamientos.

$j = 1,2,3,4$  repeticiones.

$Y_{ij}$  = es la observación del tratamiento  $i$  en el bloque  $j$ .

$\mu$  = es el efecto verdadero de la media general.

$\tau_i$  = es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = el efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$\epsilon_{ij}$  = es el error experimental de la  $ij$ -ésima observación.

### **3.14. Análisis de varianza.**

El Análisis de Varianza (ANVA) se realizó para cada una de las variables, mediante la comparación de medias con la prueba de Tukey al  $P \leq 0.05$  para aquellas variables que presentaron diferencia significativa.

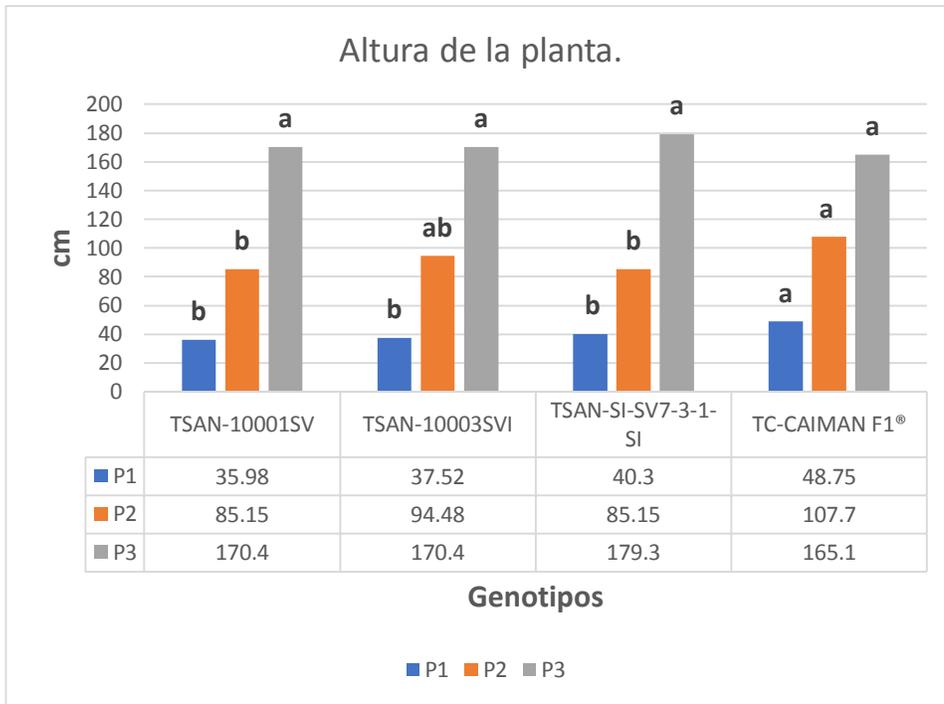
## IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados de esta investigación reflejan la ventaja de utilizar los nuevos materiales de Habito Semi-Indeterminado a un sistema de poda a dos tallos encontrando diferencia significativa ( $P<0.05$ ) en variables que determinan la calidad y rendimiento. Además de hacer más eficiente el uso de recursos e insumos, disminuyendo los costos de producción.

### 4.1. Altura de la planta en periodos de desarrollo.

En esta variable para el periodo uno se encontró diferencia significativa entre genotipos ( $P<0.05$ ) sobresaliendo el Híbrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (testigo comercial) mostrando un mayor vigor, este es seguido por las líneas TSAN-SI-SV7-3-1-SI, TSAN-10003SVI, TSAN-10001SV respectivamente. En cuanto al segundo periodo sigue sobresaliendo diferencia significativa ( $P<0.05$ ) para el Híbrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (testigo comercial) sobre las líneas TSAN-SI-SV7-3-1-SI y TSAN-10001SV, mientras que para TSAN-10003SVI forma un grupo intermedio. Coincidiendo con lo que menciona (Sánchez. 2016) que en los primeros racimos los híbridos comerciales presentan un crecimiento vegetativo, excesivos y vigorosos; este proceso se traduce a una mayor demanda hídrica y nutricional por parte de la planta, así como el costo de manejo.

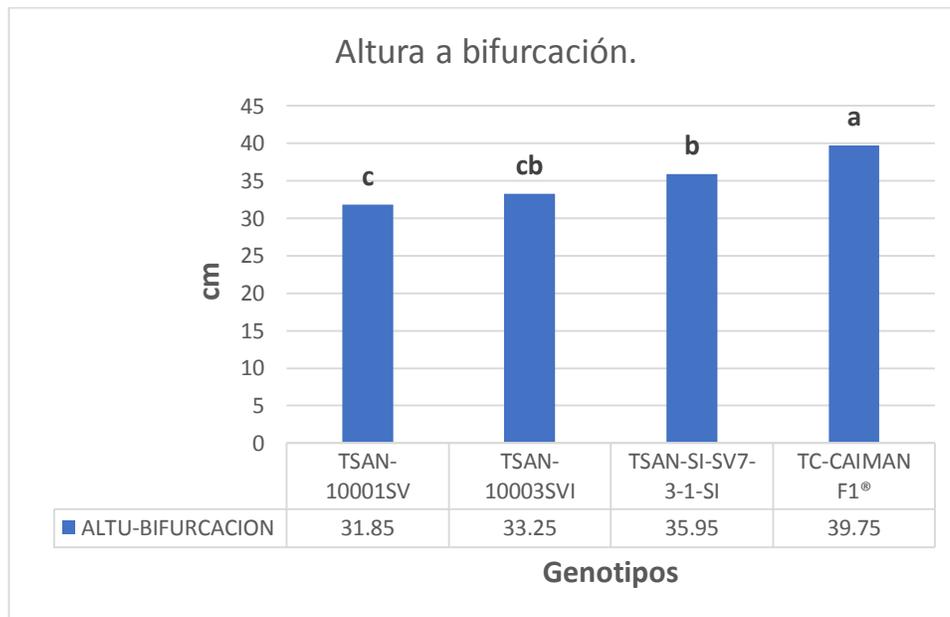
Para el tercer y último periodo los resultados no muestran diferencia significativa ( $P>0.05$ ) sobre ningún de los genotipos, lo que determina que los genotipos tienden a ser similares al final del ciclo. Sin embargo, este problema se pudo ver reflejado debido a un estrés en el Híbrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (testigo comercial), causado por un factor abiótico (*Clavibacter michiganensis*), provocando un retraso en su desarrollo.



**Figura 7.** Comparación de medias para la variable de altura de la planta por periodos.

#### 4.2. Altura a bifurcación.

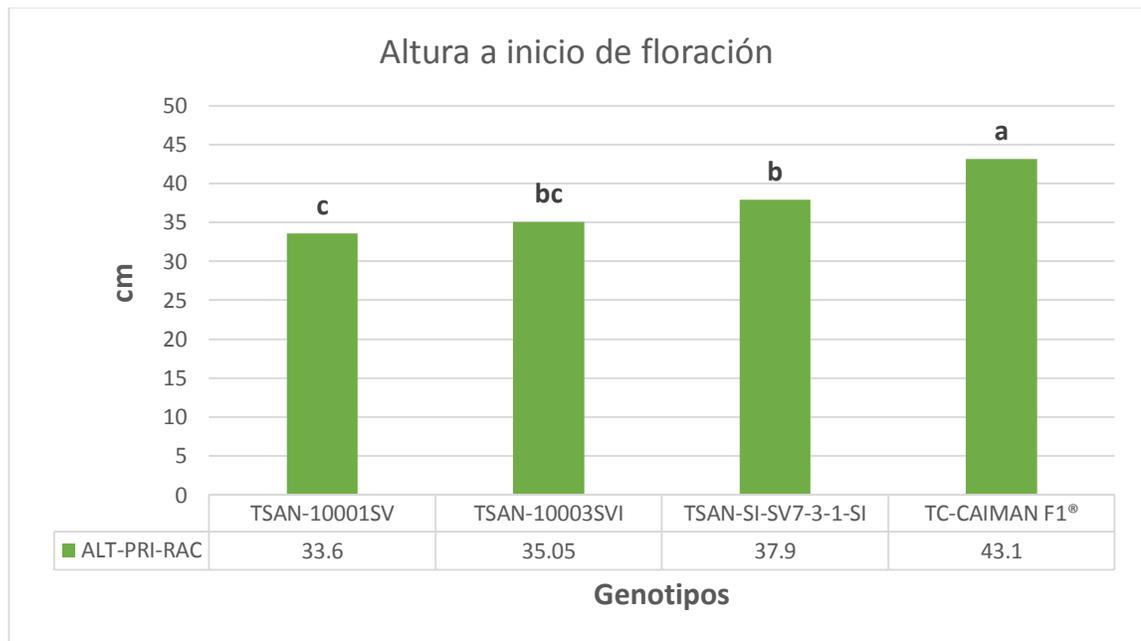
Para la variable de altura de cuello de la planta a bifurcación se encontró diferencia significativa entre genotipos ( $P < 0.05$ ) resaltando con los mejores valores el Híbrido CAIMAN  $F_1^{\circ}$  (testigo comercial) sobre las líneas TSAN-SI-SV7-3-1-SI y TSAN-10001SV, mientras que para el genotipo TSAN-10003SVI formo un grupo intermedio entre los genotipos TSAN-SI-SV7-3-1-SI y TSAN-10001SV. Estos resultados coinciden con lo mencionado por (Sánchez, 2016) quien menciona que las líneas **TSAN** tienden a no ser tan violentos en el crecimiento de la planta y por lo tanto la altura a bifurcación será menor que los híbridos comerciales.



**Figura 8.** Comparación de medias para la variable de altura de cuello de la planta a bifurcación.

### 4.3. Altura a inicio de floración.

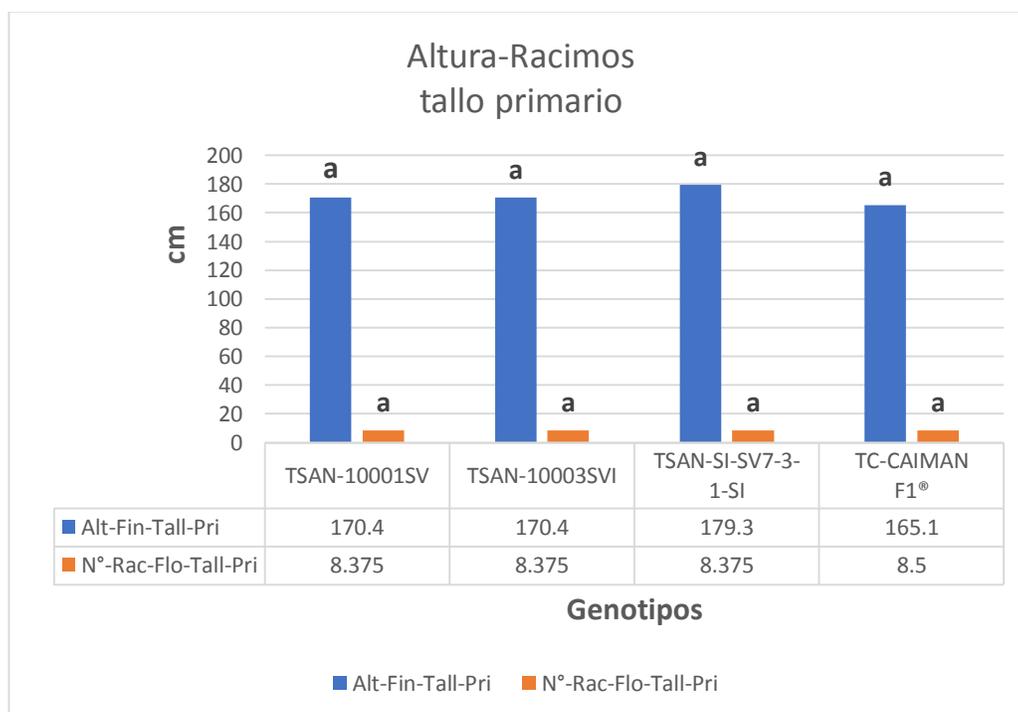
En los resultados de esta variable se encontró diferencia significativa entre genotipos ( $P < 0.05$ ), obteniendo los mejores valores para el Híbrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (testigo comercial) con una altura de 43.1 cm, sobre las líneas TSAN-SI-SV7-3-1-SI y TSAN-10001SV, mientras que para la línea TSAN-10003SVI formo un grupo intermedio entre las líneas TSAN-SI-SV7-3-1-SI y TSAN-10001SV, estos resultados coincide con lo mencionado por (Sánchez, 2016) quien menciona que en la líneas **TSAN** tienden a no ser tan violentos en el crecimiento de la planta y a tener un inicio de floración a menor altura.



**Figura 9.** Comparación de medias para la variable de altura a inicio de floración.

#### 4.4. Relación altura final del tallo primario con numero de racimos del tallo primario.

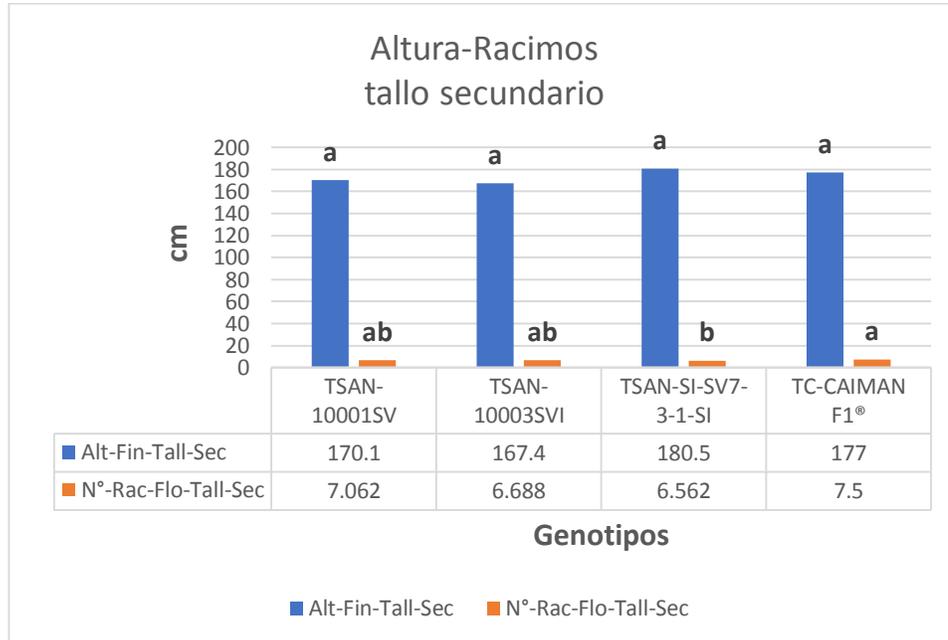
Para la variable altura final del tallo primario no se encontró diferencia significativa ( $P>0.05$ ) lo que determina que la altura es similar entre genotipos, de la misma manera para la variable de numero de racimos no se encuentra diferencia significativa entre los genotipos ( $P>0.05$ ) solo una pequeña diferencia numérica, favoreciendo al Híbrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> con 8.5 racimos, sobre las líneas TSAN-SI-SV7-3-1-SI, TSAN-10003SVI, TSAN-10001SV con un cantidad de 8.375 racimos florales. Estos resultados coinciden con lo mencionado por (Sánchez, 2016), mencionando que en las líneas TSAN-SI-SV7-3-1-SI, TSAN-10003SVI y TSAN-10001SV tienden a tener un comportamiento de crecimiento como los de habito indeterminado, pero con una distancia entre racimos más corta aproximadamente entre 21 a 22.7 cm.



**Figura 10.** Comparación de medias de las variables de altura final del tallo primario con el número de racimos de tallo primario.

#### 4.5. Relación altura final del tallo secundario con numero de racimos de tallo secundario.

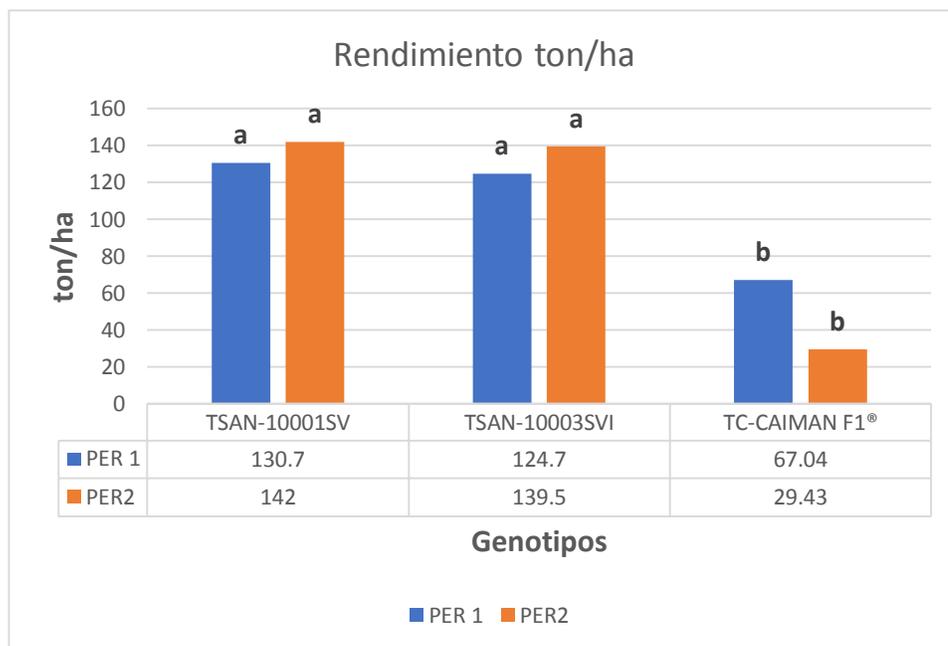
En cuanto a la altura final de tallo secundario no se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) lo que representa que la altura es similar entre genotipos, sin embargo para la variable de numero de racimos en el tallo secundario se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) sobresaliendo el Híbrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (testigo comercial) con 7.5 racimos, sobre la línea TSAN-SI-SV7-3-1-SI con 6.562 racimos mientras que para las líneas TSAN-10003SVI y TSAN-10001SV forman un grupo intermedio con 6.88 racimos y 7.062 racimos respectivamente. Estos resultados coinciden con lo mencionado por (Sánchez, 2016), mencionando que en las líneas TSAN-SI-SV7-3-1-SI, TSAN-10003SVI y TSAN-10001SV tienden a tener un comportamiento de crecimiento como los de habito indeterminado, pero con una distancia entre racimos más corta, aproximadamente entre 21 a 22.7 cm.



**Figura 11.** Comparación de medias de las variables altura final del tallo secundario con el número de racimos de tallo secundario.

#### 4.6. Rendimiento por periodos en toneladas por hectárea.

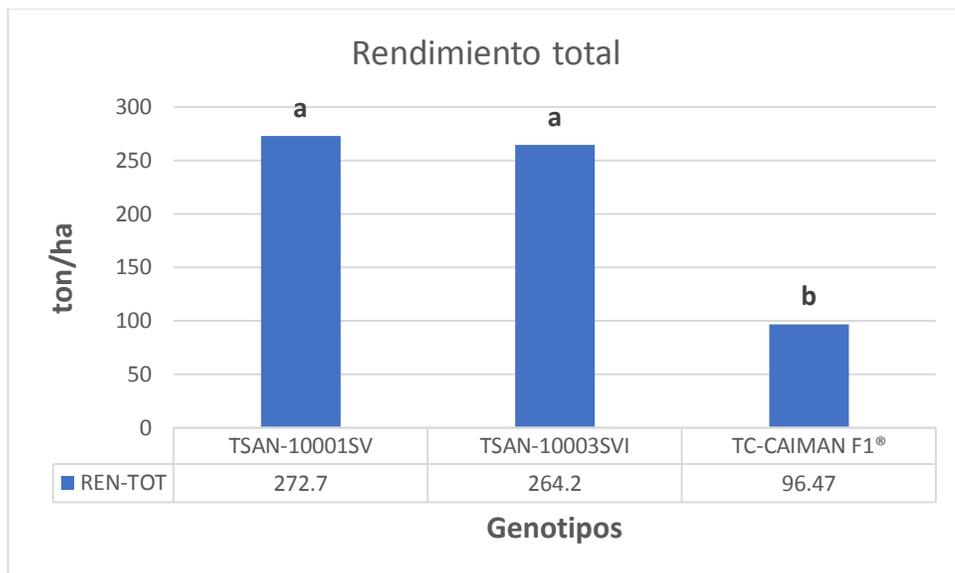
Para la variable de rendimiento en el periodo uno se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) siendo líneas TSAN-10001SV y TSAN-10003SVI los que obtuvieron mayor rendimiento con 130.7 ton/ha y 124.7 ton/ha respectivamente, esta diferencia se mostró sobre el Híbrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (testigo comercial) quien obtuvo el menor rendimiento con una cantidad de 67.04 ton/ha. En cuanto al segundo periodo de igual manera se mostró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) obteniendo mejor rendimiento en las líneas TSAN-10001SV y TSAN-10003SVI con las cantidades de 142 ton/ha y 139.5 ton/ ha, respectivamente sobre el Híbrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (testigo comercial) con una cantidad de 29.43 Ton/ha. Esto coincide con (Sánchez, 2016) quien menciona que las líneas **TSAN** presentan características con alto potencial de rendimiento que las hace muy competitivas incluso superiores a los híbridos comerciales.



**Figura 12.** Comparación de medias para la variable rendimiento por periodos en ton/ ha.

#### 4.7. Rendimiento total en toneladas por hectárea.

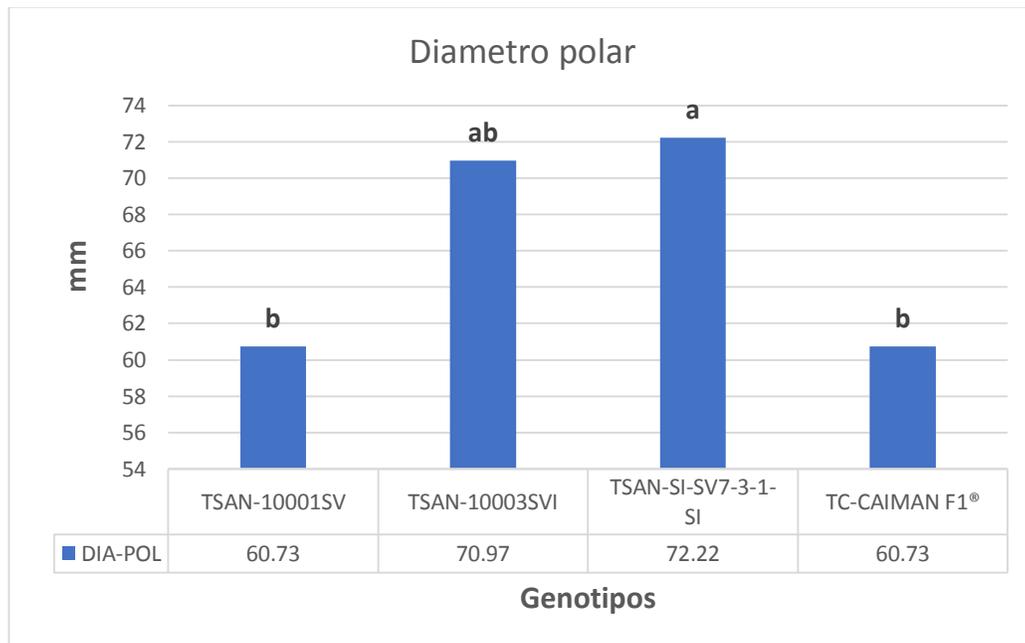
En esta variable representa diferencia significativa entre genotipos ( $P < 0.05$ ), obteniendo los mejores valores para las líneas TSAN-10001SV y TSAN-10003SVI con la cantidad de 272.7 ton/ha y 264.2 ton/ha, sobre el Híbrido TC-CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (testigo comercial) quien obtuvo la cantidad de 96.47 ton/ha. Estos resultados coinciden con (Sánchez, 2016) quien menciona que las líneas **TSAN** presentan características con alto potencial de rendimiento que las hace muy competitivas incluso superiores a los híbridos comerciales.



**Figura 13.** Comparación de medias para la variable de rendimiento total en ton/ha

#### 4.8. Diámetro polar

Para el diámetro polar se encontró diferencia significativa entre genotipos ( $P < 0.05$ ), siendo la línea TSAN-SI-SV7-3-1-SI el que obtuvo mayores valores con 72.22 mm, sobre las líneas TSAN-10001SV y el Híbrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (testigo comercial) que obtuvieron los mismos valores de 60.73 mm. Sin embargo, para la línea TSAN-10003SVI formo parte de un grupo intermedio con el valor de 70.97 mm de diámetro polar. Esto coincide con (Sánchez, 2016) quien menciona que las líneas **TSAN**, presentan excelentes características de calidad de fruto con porcentajes de 80% para Mercado Exportación, 18% Nacional y 2% Rezaga.



**Figura 14.** Comparación de medias para la variable de diámetro polar.

#### 4.9. Diámetro ecuatorial.

En cuanto a la variable de diámetro ecuatorial se mostró diferencia significativa entre genotipos ( $P < 0.05$ ), obteniendo los mayores valores la línea TSAN-SI-SV7-3-1-SI con una cantidad de 84.98 mm, sobre el Híbrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (testigo comercial) quien obtuvo los valores más bajos con la cantidad de 71.5 mm, sin embargo para las líneas TSAN-10001SV y TSAN-10003SVI formaron un grupo intermedio obteniendo la cantidad de 73.9mm y 80.87mm respectivamente. Esto coincide con (Sánchez, 2016) quien menciona que las líneas **TSAN**, presentan excelentes características de calidad de fruto obteniendo frutos extra grandes, grandes (3x4, 4x4, 4x4, 5x5, 5x6) hasta un 75% y un 25 % de tamaños mediano y chico (6x6 y 6x7) en toda su etapa productiva.

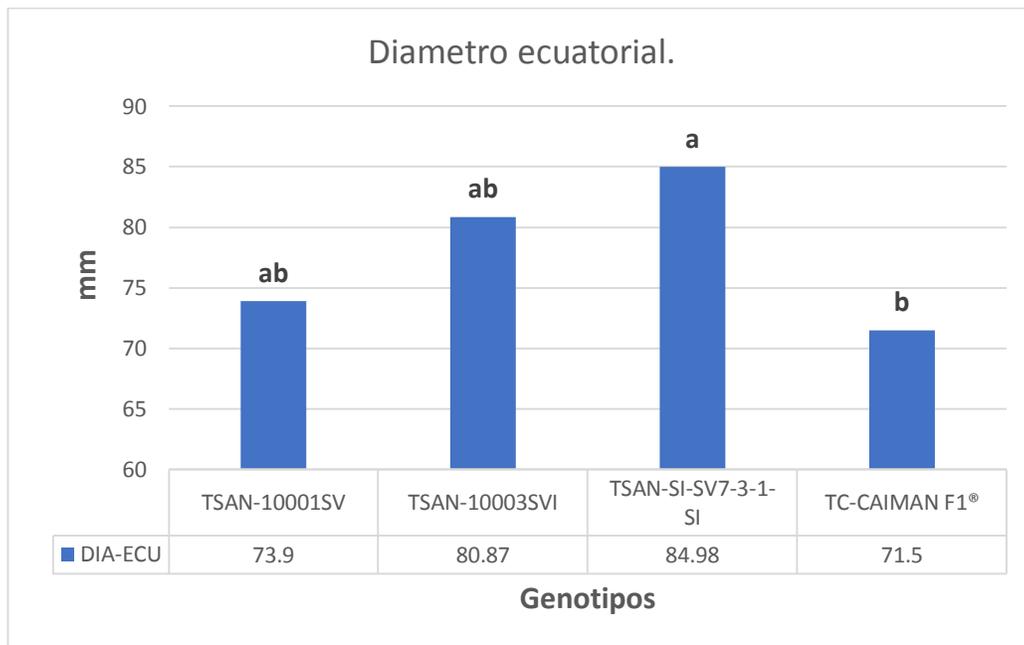
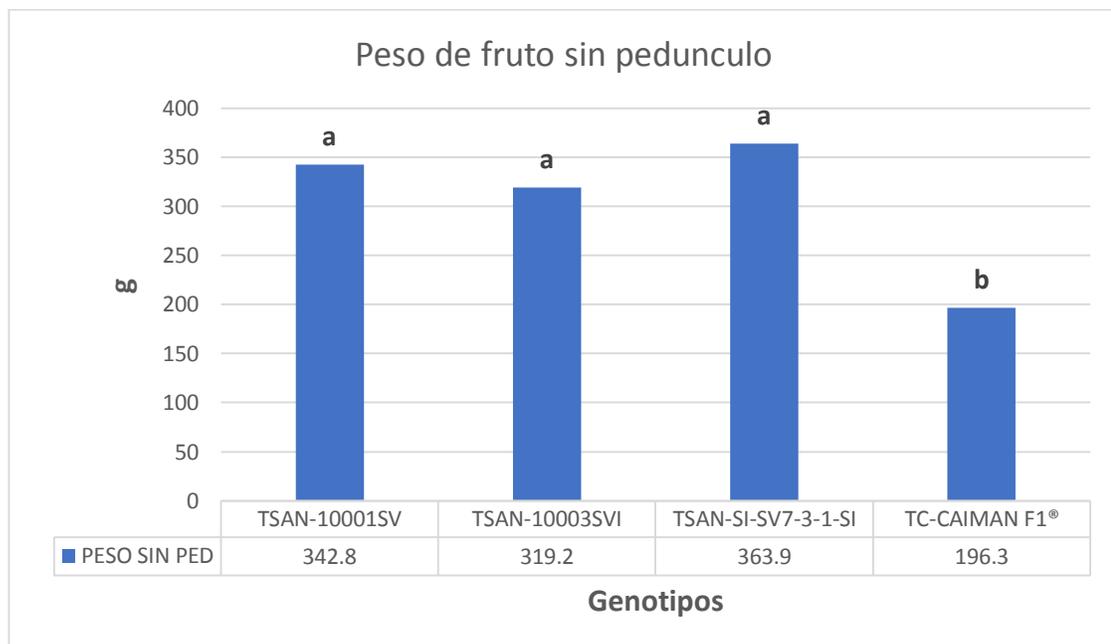


Figura 15. Comparación de medias para la variable de diámetro ecuatorial.

#### 4.10. Peso del fruto sin pedúnculo.

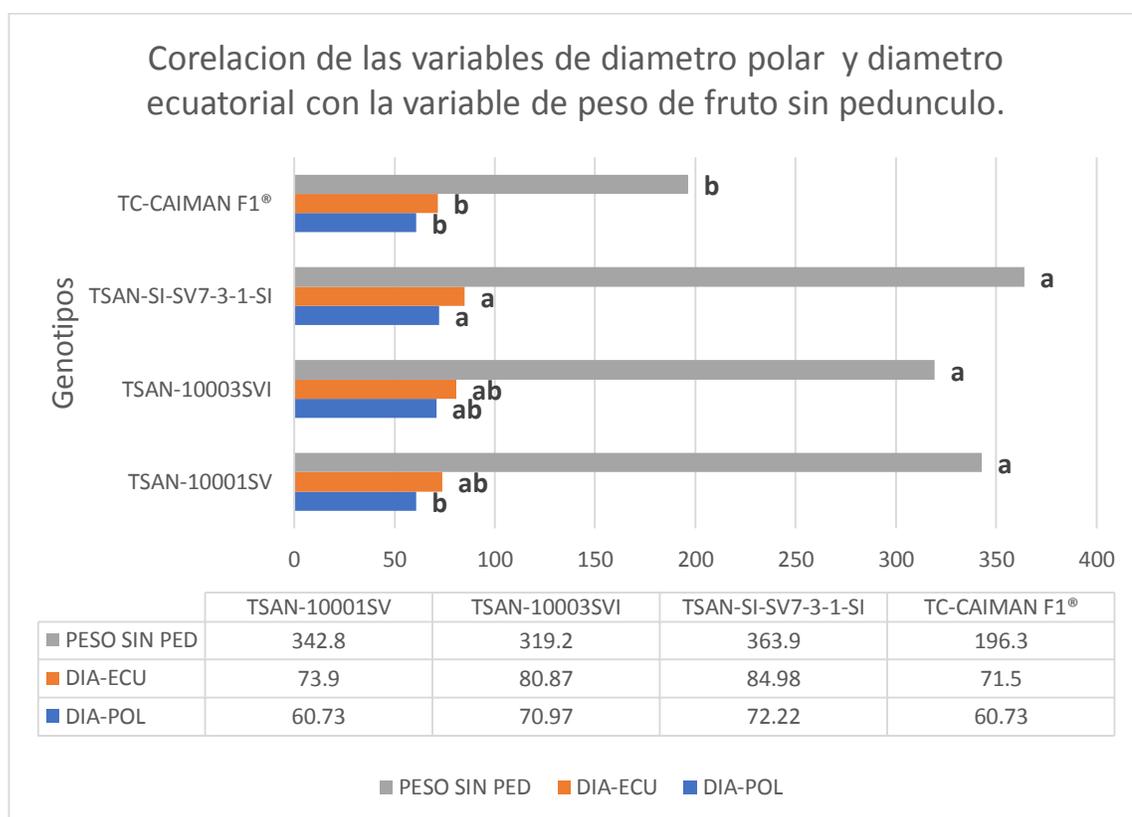
En esta variable los resultados muestran que existe diferencia significativa entre genotipos ( $P < 0.05$ ), siendo las líneas TSAN-SI-SV7-3-1-SI, TSAN-10001SV y TSAN-10003SVI, los que obtuvieron los mejores resultados con los valores de 363.9 g, 342.8 g y 319.2 g respectivamente, sobre el Híbrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (testigo comercial) quien obtuvo un valor de 196.3 g de peso de fruto sin pedúnculo. Esto resultados coincide con (Sánchez, 2016) quien menciona que las líneas TSAN-10001SV y TSAN-10003SVI, por su característica de ser **Extra Firmes** tienden a tener un mayor peso.



**Figura 16.** Comparación de medias para la variable de peso de fruto sin pedúnculo.

### Correlación diámetro polar y diámetro ecuatorial con peso del fruto sin pedúnculo.

En esta correlación se puede observar que a mayor diámetro polar y diámetro ecuatorial es mayor el peso del fruto sin pedúnculo, sin embargo, en las líneas TSAN-10001SV y TSAN-10003SVI a pesar de encontrar diferencias significativas sobre estas no se ve afectado en la variable de peso, coincidiendo con (Sánchez, 2016) quien menciona que las líneas TSAN-10001SV y TSAN-10003SVI, por su característica de ser **Extra-Firmes** tienden a tener un mayor peso.



**Figura 17.** Correlación diámetro polar y diámetro ecuatorial con peso del fruto sin pedúnculo.

## V.CONCLUSIONES.

Para el estudio de las Líneas **TSAN** en la región del Altiplano Potosino bajo agricultura protegida tipo malla sombra en Semi-Hidroponía, las conclusiones son las siguientes.

-Para las variables de habito de crecimiento en la planta, como altura a primer racimo y altura a bifurcación sobresalió el Híbrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (testigo comercial).

-Altura en periodos, al final del ciclo todos los genotipos se comportaron de la misma manera considerando que las Líneas **TSAN** son de hábito Semi-Indeterminado.

-La relación de altura final con numero de racimos tanto en el tallo primario como secundario, sobresalió el Híbrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> solo en tallo secundario obteniendo mayor cantidad de racimos.

-Las Líneas TSAN-10001SV y TSAN-10003SVI se comportan estables en la variable de rendimiento superando al Híbrido CAIMAN F<sub>1</sub><sup>®</sup> (Testigo comercial) tanto en el periodo uno como en el periodo dos y por lo tanto en rendimiento total.

-En fecha tardía para calidad de fruto la Línea TSAN-SI-SV7-3-1-SI destaca tanto en diámetro polar como diámetro ecuatorial.

-Para peso de fruto sin pedúnculo las Líneas TSAN-SI-SV7-3-1-SI, TSAN-10001SV y TSAN-10003SVI se comportan similarmente a pesar de existir diferencia en las variables de diámetro polar y ecuatorial.

## VI.LITERATURA CITADA

- Alam, M., M. Rahman, M. Mamun, I. Ahmad, and K. Islam.2006. Enzyme activities in relation to sugar accumulation in tomato. Proc. Pak. Acad. Sci. 43(4): 241-248.
- Allard, R.W and Bradshaw. 1964. Implications of genotype- Environment interactions in applied plant breeding. CropSci., 4: 503-508.
- Bastida-Tapia A, J.A. Ramírez-Arias. 2008. Los Invernaderos en México. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. 123 p.
- Bertin, N. and Gary, C. Tomato fruit set and competition for assimilates, during the early production period. Acta Horticultura., n.303, p.121-126, 1992.
- Cantwell, M., S. Stoddard, M. Le Strange, and B. Aegerter. 2007. Report to the California tomato commission. Tomato variety trials: postharvest evaluations for 2006. UCCE Fresh Market Tomato Variety Trial 2006 Postharvest Evaluation. UC Davis, Davis Ca. USA. 16 p
- Cockshull, K.E.; HO, L.C. Regulation of tomato fruit size by plant density and truss thinning. Journal of Horticultural Science, v.70, n.3, p.395-407, 1995.
- Comisión Nacional del Agua. Registro Mensual de Temperatura Media en °C. consultado. <http://www.inegi.org.mx/default.aspx>
- Cosme A. G. y Julio Cesar. 2006. Manual de producción de semillas hortícolas, Tomate, capítulo 4 hibridación. 27p.

- Davis, J.M. and Estes E.A. 1993. Spacing and pruning affect growth, yield and economic returns of staked fresh-market tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118:719-725.
- Davies, J. N., and G. E. Hobson. 1981. The constituents of tomato fruit-the influence of environment, nutrition and genotype. *CRC Critical Rev. Food Sci. Nutr.* 15(3): 205-280.
- De Boodt, M., and O. Verdonck. 1972. The physical properties
- Dyke, G.; Lave, J. Y Jenking, J. 1995. Sensitivity analysis of multiple variety trials with especial reference to data expressed as proportions or percentages. *Expl.Agric.*,31:75-87.
- Eberhat, S Y Russel, W. 1966. Parámetros de estabilidad para la comparación de variedades. *Agrociencia*, 6: P.36-40 edición ,Longman, Nueva York. P. 132-133.
- Emmatty, Davy A. 2005. "Mejoramiento Genético de Tomate: Pasado, Presente y Futuro." : 12–14.
- Escobar, Hugo, and Rebecca Lee. 2009. 1 Manual de producción de tomate bajo invernadero Manual de Producción de Tomate Bajo Invernadero.
- Food and Agriculture Organization (of the united nations) for the attention of (FAO. 2014). Consulted in <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Finlay, K Y Wilkinson G. 1963. El análisis de la adaptación en un programa de fitomejoramiento. *Aust. J. Agric. Res* 14(1) P:742-754.
- Fraser, P. D., M. R. Truesdale, C. R. Bird, W. Schuch, and P. M. Bramley. 1994. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development (Evidence for tissue-specific gene expression). *Plant Physiol.* 105(1): 405-413.

- Gauch, H. R. Zobel. 1996. AMMI analysis of yield trials. In: M. S. Kang y H. G. Gauch (eds) Genotype-by-environment interaction. CRC Press, Boca Raton, pp.85-122.
- Gauch, HG, 1990. Uso de Interacción para mejorar las estimaciones de rendimiento. En: Interacción genotipo-por-Medio Ambiente y Mejoramiento Genético, Kang, EM (Ed.). Departamento de Agronomía de la Universidad Estatal de Louisiana, Baton Rouge, Louisiana, pp: 141-150.
- Gurovich,L., and Steiner, V. 1996 Fertigation scheduling of drip/trickle irrigated grapes in chile. Proceedings of the international Viticulture Congress. P 527-558.
- Grierson, D., and A. A. Kader. 1986. Fruit ripening and quality.In: Atherton, J. G., and J. Rudich (eds). The Tomato Crop. A Scientific Basis for Improvement. Chapman and Hall (Ed.). London and New York. pp: 241-280.
- Grijalva Contreras, Raúl Leonel, Rubén Macías-Duarte, Saúl Abner Grijalva-Durón, and Fabián Robles-Contreras. 2010. "Evaluación De Densidades Y Arreglos De Plantación En Tomate Bola En Condiciones De Invernadero En El Noroeste De Sonora." *BIOTecnia* 12(2): 20. <http://biotecnia.ojs.escire.net/index.php/biotecnia/article/view/85>.
- Juárez López, Porfirio et al. 2011. "Estructuras Utilizadas En La Agricultura Protegida." *Revista Fuente* (8): 21–27.

- Kader, A. A. 2002. Quality and safety factors: definition and evaluation for fresh horticultural crops. In: Kader, A. A. (ed). Postharvest Technology of Horticultural Crops. Third edition. University of California, Agriculture and Natural Resources Pub. 3311. USA. pp: 279-286.
- Lara Herrera, Alfredo. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra Latinoamericana [en línea] 1999, 17 (julio-septiembre)
- Marín-Rodríguez, M. C., J. Orchard, and G. B. Seymour. 2002. Pectate lyases, cell wall degradation and fruit softening. J. Exp. Bot. 53: 2115-2119.
- Miguel G. A. 2002, producción de tomate con variedades tradicionales, instituto valenciano de investigación agrícola, 54p.
- Padmini, T. 2006. Studies on storage behavior of tomatoes coated with chitosan-lysozyme films. Department of Bioresource Engineering. McGill University. Montreal, Canada. 2 p
- Papadopoulos, A.P. and Pararajasingham S. 1997. The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). A review. Scientia Hort. 69:1-29.
- Pandey y Vargas, 1985 citado por Abbott y Pistorale, 2011. Stability and adaptability analysis of characters of agronomical interest in selected genotypes of prairie grass (*Bromus catharticus*). Agriscientia XXVIII (2): 109-117.
- Pérez, J., Ceballos, H., & Lenis, E. O. (2005). Análisis de la interacción genotipo por ambiente en yuca (*Manihot esculenta* Crantz) usando el modelo AMMI. Fitotecnia Colombiana, 5(2), 11-19.

Plaisted, R. Y Peterson, A. 1959. Techniques for evaluation of the ability of selections to yield consistently in different locations or season. American Potato Journal. 36: 381-385.

Petro-Turza, M. 1986. Flavor of tomato and tomato products. Food Rev. Int. 2(3): 309-351.

Rick, C. M. (1986). Genetics and Breeding. pp 35-109.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA. 2005.) "PC-020-2005 Pliego de Condiciones para el Uso de la Marca Oficial México Calidad Suprema en Tomate." : 1–22.

Sánchez L. Al. 2016. Registro de la variedad SofiMely extra Firme de Larga vida de Anaquel de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Tipo Beef. SNIC-SAGARPA.

Sánchez L. A. 2016. Registro de la Variedad Villa Narro Extra Firme de Larga Vida de Anaquel de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Tipo Beef. SNIC- SAGARPA.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2015) Consultado 20-10-2017 en <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2015B466.aspx>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2015). Consultado 20-10-2017 en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>

Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. (UPOV.2016). Consultado en <http://www.upov.int/overview/es/>

- Vallejo, F.A. 1999. Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Cali, Colombia. 216 p.
- Vallejo, F.; Espita, M; Estrada, E Y Ramírez, H. Genética vegetal. 2010. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Cali, Valle. P: 219-237.
- White, P. J. 2002. Recent advances in fruit development and ripening: an overview. J. Exp. Bot. 53(377): 1995-2000.
- Yilmaz, E. 2001. The chemistry of fresh tomato flavor. Turk. J. Agric. For. 25: 149-155.-  
<http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM24sanluispotosi/municipios/24056a.html>

## VII. APÉNDICE

### Tablas de análisis de varianza de cada una de las variedades.

```
altura Periodo 1
Analysis of Variance Table

Response: ALT
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
VARIEDADES  3 389.41 129.804  31.512 4.197e-05 ***
Bloques     3   4.31   1.438   0.349   0.791
Residuals   9  37.07   4.119
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv
[1] 4.994335
```

```
Periodo 2
Analysis of Variance Table

Response: ALT
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
VARIEDADES  3 1364.36  454.79  9.7170 0.003495 **
Bloques     3  317.16  105.72  2.2588 0.150649
Residuals   9  421.23   46.80
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv
[1] 7.347099
```

```
Periodo 3
Analysis of Variance Table

Response: ALT
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
VARIEDADES  3  416.17 138.723  2.1836 0.1597
Bloques     3  165.48  55.160  0.8683 0.4924
Residuals   9  571.75  63.528
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv
[1] 4.653009
```

Analysis of Variance Table

Response: ALTBIFUR

|              | Df | Sum Sq  | Mean Sq | F value | Pr(>F)        |
|--------------|----|---------|---------|---------|---------------|
| TRATAMIENTOS | 3  | 145.160 | 48.387  | 16.6500 | 0.0005137 *** |
| Bloques      | 3  | 7.225   | 2.408   | 0.8287  | 0.5107222     |
| Residuals    | 9  | 26.155  | 2.906   |         |               |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv

[1] 4.842989

>

Analysis of Variance Table

Response: Alt Ini Flora

|              | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F)        |
|--------------|----|--------|---------|---------|---------------|
| TRATAMIENTOS | 3  | 210.81 | 70.269  | 26.88   | 1.306e-05 *** |
| Residuals    | 12 | 31.37  | 2.614   |         |               |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv

[1] 4.321653

Analysis of Variance Table

Response: Altura Tallo Principal

|            | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|------------|----|--------|---------|---------|--------|
| VARIEDADES | 3  | 416.17 | 138.723 | 2.1836  | 0.1597 |
| Bloques    | 3  | 165.48 | 55.160  | 0.8683  | 0.4924 |
| Residuals  | 9  | 571.75 | 63.528  |         |        |

cv

[1] 4.653009

Analysis of Variance Table

Response: Numero Racimos Florales Tallo Prin

|            | Df | Sum Sq  | Mean Sq  | F value | Pr(>F) |
|------------|----|---------|----------|---------|--------|
| VARIEDADES | 3  | 0.04688 | 0.015625 | 0.0909  | 0.9632 |
| Bloques    | 3  | 0.14063 | 0.046875 | 0.2727  | 0.8436 |
| Residuals  | 9  | 1.54688 | 0.171875 |         |        |

cv

[1] 4.931784

Analysis of Variance Table

Response: Altura Tallo Secu

|            | Df | Sum Sq  | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|------------|----|---------|---------|---------|--------|
| VARIEDADES | 3  | 436.45  | 145.483 | 0.9392  | 0.4613 |
| Bloques    | 3  | 185.54  | 61.848  | 0.3993  | 0.7569 |
| Residuals  | 9  | 1394.07 | 154.896 |         |        |

cv

[1] 7.162368

Analysis of Variance Table

Response: Num Rac Flor Tall Sec

|            | Df | Sum Sq  | Mean Sq | F value | Pr(>F)    |
|------------|----|---------|---------|---------|-----------|
| VARIEDADES | 3  | 2.13672 | 0.71224 | 5.2428  | 0.02293 * |
| Bloques    | 3  | 0.04297 | 0.01432 | 0.1054  | 0.95481   |
| Residuals  | 9  | 1.22266 | 0.13585 |         |           |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv

[1] 5.300916

Analysis of Variance Table

Response: Rendimiento P1

|            | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F)        |
|------------|----|--------|---------|---------|---------------|
| VARIEDADES | 2  | 39516  | 19758.1 | 31.8266 | 1.229e-06 *** |
| Bloques    | 3  | 2909   | 969.6   | 1.5619  | 0.2332        |
| Residuals  | 18 | 11174  | 620.8   |         |               |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv

[1] 23.6019

Analysis of Variance Table

Response: Rendimiento P2 Ton/ha

|            | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F)      |
|------------|----|--------|---------|---------|-------------|
| VARIEDADES | 2  | 33062  | 16531.2 | 24.4091 | 0.001311 ** |
| Bloques    | 3  | 2167   | 722.3   | 1.0665  | 0.430658    |
| Residuals  | 6  | 4064   | 677.3   |         |             |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv

[1] 25.10715

Analysis of Variance Table

Response: Rendimiento Total

|              | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F)        |
|--------------|----|--------|---------|---------|---------------|
| TRATAMIENTOS | 2  | 79032  | 39516   | 35.2957 | 0.0004807 *** |
| BLOQUES      | 3  | 11805  | 3935    | 3.5148  | 0.0889263 .   |
| Residuals    | 6  | 6717   | 1120    |         |               |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv

[1] 15.84769

Analysis of Variance Table

Response: DPOLAR

|           | Df | Sum Sq  | Mean Sq | F value | Pr(>F)      |
|-----------|----|---------|---------|---------|-------------|
| VARCOLOR  | 3  | 925.95  | 308.649 | 4.8889  | 0.008256 ** |
| BLOQUES   | 3  | 184.85  | 61.617  | 0.9760  | 0.419763    |
| Residuals | 25 | 1578.33 | 63.133  |         |             |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv

[1] 11.99636

Analysis of Variance Table

Response: DECUATORIAL

|           | Df | Sum Sq  | Mean Sq | F value | Pr(>F)    |
|-----------|----|---------|---------|---------|-----------|
| VARCOLOR  | 3  | 926.56  | 308.852 | 3.2506  | 0.03858 * |
| BLOQUES   | 3  | 98.65   | 32.883  | 0.3461  | 0.79225   |
| Residuals | 25 | 2375.36 | 95.014  |         |           |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv

[1] 12.52714

Analysis of Variance Table

Response: PESO Sin Pedunculo

|           | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F)        |
|-----------|----|--------|---------|---------|---------------|
| VARCOLOR  | 3  | 135349 | 45116   | 34.8825 | 4.321e-09 *** |
| BLOQUES   | 3  | 17722  | 5907    | 4.5675  | 0.01103 *     |
| Residuals | 25 | 32334  | 1293    |         |               |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv

[1] 11.77052