

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación de Parámetros de Calidad y Bioactividad en Líneas Avanzadas Extra Firmes de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Bajo Agricultura Protegida

Por:

GABRIELA GRISELDA CASTILLO BAROJAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de Parámetros de Calidad y Bioactividad en Líneas Avanzadas Extra Firmes de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Bajo Agricultura Protegida

Por:

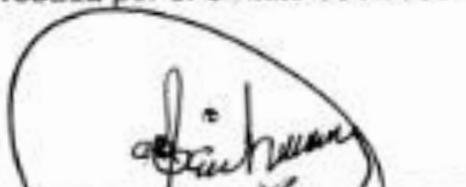
GABRIELA GRISELDA CASTILLO BAROJAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



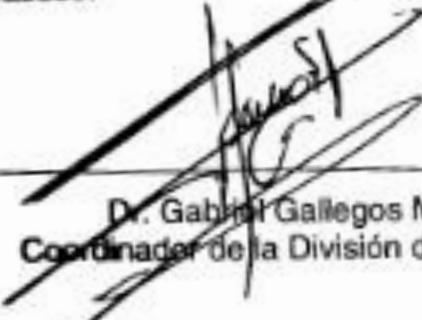
M.C. Alfredo Sánchez López
Asesor Principal



Dra. María de Lourdes Virginia Díaz Jiménez
Coasesor



Dra. Diana Jasso Cantú
Coasesor



D. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México



Marzo 2018

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por brindarme la fuerza y el don de la vida, por darme una excelente familia que me ha apoyado a lo largo de la carrera, por ser mi fuerza y mi equilibrio para seguir adelante.

A mi alma terra mater: por haberme acogido durante mi formación profesional.

A M.C. Alfredo Sánchez López: Por brindarme la oportunidad y confianza de participar en su proyecto de investigación, por apoyarme con sus conocimientos y experiencias en esta investigación, gracias por la humildad y los grandes valores que nos inculca con su gran experiencia.

A M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos: Por su gran apoyo y contribución en la realización de este trabajo, gracias por su apoyo profesional.

A Ing. Francisco Alemán Granados: Por su gran contribución en este proyecto y por brindarnos el regalo más valioso “el tiempo” y dedicación de apoyo en laboratorio.

A María Guadalupe Moreno Esquivel: por su apoyo y contribución en este trabajo y las horas dedicadas en laboratorio “gracias” lupita.

DEDICATORIAS

A mis padres

Florencio Braulio Castillo Pérez

Concepción Barojas Pérez

Por ser un gran ejemplo y ser dos personas excepcionales en mi vida, por a verme heredado el regalo más valioso “la educación”, por saber aconsejarme cuando más lo necesite, sé que no se los podre pagar algún día, pero el regalo de la educación es el regalo más valioso que pude tener gracias por su esfuerzo y dedicación.

A mis hermanos

Alfredo Castillo Barojas

Braulio Daniel Castillo Barojas

Por ser los mejores hermanos que Dios y mis padres me pudieron dar, ustedes han sido un gran ejemplo para mí, desde que éramos niños ustedes han sido los mejores hermanos, para seguir sus pasos y guiarme.

A mis amigos

Rosalva de la Cruz Díaz Rodríguez, Guadalupe Ana García Martínez y Rudisel Gómez Roblero. Por su gran apoyo y estar presentes en mi vida durante estos 4 años y medio, gracias amigos.

A M.C. Alfredo Sánchez López: investigador y líder del programa de mejoramiento de tomate por su gran apoyo y contribución.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|----------|
| ÍNDICE DE CONTENIDO..... | V |
| ÍNDICE DE FIGURAS | VII |
| ÍNDICE DE CUADROS | VIII |
| RESUMEN | IX |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Objetivo general..... | 3 |
| 1.2 Objetivos específicos | 3 |
| 1.3 Hipótesis | 3 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA. | 4 |
| 2.1 Fruto de tomate..... | 4 |
| 2.1.1 Grados de madurez del tomate | 5 |
| 2.1.2 Maduración del fruto | 6 |
| 2.1.3 Respiración climatérica..... | 6 |
| 2.1.4 Calibres de exportación para tomate tipo bola | 7 |
| 2.2 Licopeno | 7 |
| 2.2.1 Composición química del tomate..... | 8 |
| 2.2.2 Compuestos bioactivos..... | 8 |
| 2.2.3 Licopeno y otros carotenoides..... | 8 |
| 2.2.4 Contenido de licopeno en el tomate | 9 |
| 2.3 Producción de tomate tipo bola bajo malla sombra | 9 |
| 2.3.1 Ventajas..... | 10 |
| 2.3.2 Desventajas..... | 10 |
| 2.4 Materiales de tomate de hábito Semi-Indeterminado..... | 11 |
| 2.4.1 Variedad TSAN-10001SV | 11 |
| 2.4.2 Características organolépticas TSAN-10001SV | 12 |
| 2.4.2.1 Número de lóculos para la línea TSAN-10001SV | 12 |
| 2.4.2.2 Firmeza..... | 12 |
| 2.4.2.3 Sólidos solubles totales (°Brix) | 13 |
| 2.5 Variedad TSAN-10003SVI | 13 |
| 2.5.1 Características organolépticas de TSAN-10003SVI | 14 |
| 2.5.1.1 Número de lóculos para la línea TSAN-10003SVI..... | 14 |
| 2.5.1.2 Firmeza..... | 15 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5.1.3 Sólidos solubles totales (°Brix) | 15 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 16 |
| 3.1 Descripción del estudio | 16 |
| 3.2 Descripción del material vegetativo | 17 |
| 3.3 Material genético..... | 17 |
| 3.4 Diseño experimental | 18 |
| 3.5 Evaluación de las líneas de producción..... | 19 |
| 3.5.1 Peso con Pedúnculo..... | 20 |
| 3.5.2 Peso sin Pedúnculo | 20 |
| 3.5.3 Diámetro | 20 |
| 3.5.4. Diámetro Polar..... | 20 |
| 3.5.5 Diámetro Ecuatorial | 21 |
| 3.5.6 Diámetro de Pedúnculo | 21 |
| 3.5.7 Firmeza..... | 21 |
| 3.5.8 Grosor del Mesocarpio | 22 |
| 3.5.9 Lóculos | 22 |
| 3.5.10 pH..... | 22 |
| 3.5.11 Sólidos solubles totales (°Brix) | 23 |
| 3.5.12 Licopeno | 23 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 25 |
| 4.1 Peso Con Pedúnculo y Peso Sin Pedúnculo del fruto de tomate | 25 |
| 4.2 Diámetro Polar, Ecuatorial y de Pedúnculo | 27 |
| 4.3 Firmeza del fruto | 29 |
| 4.4 Grosor de mesocarpio (ME)..... | 31 |
| 4.5 pH del Fruto | 32 |
| 4.6 Sólidos solubles totales (°Brix) | 33 |
| 4.7 Número de lóculos por tomate | 34 |
| 4.8 Contenido de Licopeno | 36 |
| 4.9 Análisis de correlaciones para color 2 | 38 |
| V. CONCLUSIONES | 46 |
| VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 47 |
| VII. APÉNDICE | 50 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Fruto de tomate..... | 4 |
| Figura 2. Grados de madurez de tomate. | 5 |
| Figura 3. Localización del sitio. | 16 |
| Figura 4. Peso Con Pedúnculo (PCP) y Peso Sin Pedúnculo (PSP). | 26 |
| Figura 5 . Diámetro Polar, Diámetro Ecuatorial y Diámetro de Pedúnculo en 4 tratamientos. | 28 |
| Figura 6 . Firmeza de frutos color 2 y 3..... | 30 |
| Figura 7 . Grosor de mesocarpio..... | 31 |
| Figura 8. pH del fruto. | 32 |
| Figura 9. Sólidos solubles totales (°Brix)..... | 34 |
| Figura 10. Media de número de lóculos. | 35 |
| Figura 11. Valores promedio en contenido de licopeno. | 37 |
| Figura 12. Diámetro polar en función de Diámetro Ecuatorial para un rango limitado. | 38 |
| Figura 13. Correlaciones para color 2 entre Diámetro De Pedúnculo con Peso Con Pedúnculo Y Peso Sin Pedúnculo para un rango limitado. | 39 |
| Figura 14. Variables PCP, PSP, DDP, GME en función de pH para un rango limitado. | 40 |
| Figura 15. Variables °Brix en función de PCP, DP y PSP en color 2. | 41 |
| Figura 16. Diagrama de dispersión con sus coeficientes de correlación asociados a color 2 en relación a Firmeza entre Lóculos. | 42 |
| Figura 17. Diagrama de dispersión que muestra la relación de correlación de color 3 en cuanto a licopeno con PCP, DDP. | 44 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Descripción de grados de madurez en tomate de acuerdo a su color..... | 5 |
| Cuadro 2. Calibres para exportación..... | 7 |
| Cuadro 3. Materiales genéticos utilizados en el experimento. | 17 |
| Cuadro 4. Medias para la evaluación de las variables Peso Con Pedúnculo (PCP) y Peso Sin Pedúnculo (PSP). | 26 |
| Cuadro 5. Valores promedios de DP, DE, DDP evaluados en 4 tratamientos. | 28 |
| Cuadro 6. Medias para la evaluación de Firmeza. | 29 |
| Cuadro 7. Sólidos solubles totales. | 33 |
| Cuadro 8. . Número de lóculos por tomate. | 35 |
| Cuadro 9. Valores promedio en contenido de licopeno en frutos de tomate. | 36 |
| Cuadro 10. Matriz de correlación (R) de valores promedio para color 2 | 42 |
| Cuadro 11. Matriz de correlación (R) de valores promedio para color 3. | 45 |
| Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable Peso Con Pedúnculo..... | 50 |
| Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable Diámetro Polar | 50 |
| Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable Diámetro Ecuatorial | 50 |
| Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable Peso Sin Pedúnculo. | 51 |
| Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable Diámetro De Pedúnculo. | 51 |
| Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable Firmeza. | 51 |
| Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable Grosor de Mesocarpio..... | 52 |
| Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable pH..... | 52 |
| Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable °Brix..... | 52 |
| Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable N° de lóculos. | 53 |
| Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable Licopeno..... | 53 |
| Cuadro 23. pH del fruto..... | 54 |
| Cuadro 24. Grosor de mesocarpio (ME) | 54 |

RESUMEN

El tomate es una de las hortalizas de mayor demanda per cápita en México. En esta investigación, fueron evaluadas algunas características bioactivas en 4 Líneas avanzadas en tomate que respondan las expectativas del productor mexicano, donde se evaluaron diferentes parámetros (Pesos con Pedúnculo y sin pedúnculo, Diámetro Polar, Ecuatorial y de Pedúnculo, Firmeza, Grosor de mesocarpio, pH, °Brix, Número de lóculos y Licopeno). La evaluación fue realizada en 2 etapas, a) durante la temporada Otoño-Invierno del 2016 en Villa de Arista San Luis Potosí (Rancho El Trébol) y b) laboratorio de fitoquímica del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN, donde se evaluaron 4 genotipos con 4 repeticiones. Se utilizaron 3 Líneas avanzadas de tomate **TSAN**, como testigo se utilizó el Híbrido Comercial CAIMAN F₁. El diseño experimental Completamente al Azar con 4 repeticiones. A los datos obtenidos, se les efectuó el análisis de varianza (ANVA) y prueba de comparación de medias, con el método Tukey ($p \leq 0.05$). Donde se analizaron los datos correspondientes para la caracterización de compuestos bioactivos y correlaciones de los mismos en el fruto de tomate, encontrándose en base a los resultados analizados a la línea avanzada **TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI** y CAIMAN con las mejores características en calidad y composición bioactiva en los atributos y correlaciones significativas del mismo.

Palabras clave: Bioactivos, tomate, Firmeza, licopeno, pH, °Brix.

I. INTRODUCCIÓN

En el año 2005, se reportó que la producción total de tomate en la unión europea se estimó en más de 16 millones de toneladas métricas. La demanda del procesado de tomate surge de la necesidad de preservar el producto para fines culinarios fuera de su estación propia. Adicionalmente, los productos procesados de tomate más importantes son sus concentrados en los que destacan salsas, los purés y las pastas. En el mismo año, diez millones de toneladas de tomate fueron procesadas en pasta de tomate y ketchup generando más de 200 toneladas de residuos sólidos de tomate (piel o cutícula y semillas).

La producción de tomate en México creció a una tasa promedio anual de 3.3% entre 2005 y 2015, para ubicarse en 3.1 millones de toneladas. Durante ese período, la superficie total destinada a este cultivo disminuyó a una tasa promedio anual de 3.8%. La tendencia a la baja en la superficie sembrada se deriva de la superficie cultivada a cielo abierto, mientras que el cultivo en condiciones de agricultura protegida (malla sombra e invernaderos), continúa en expansión constante. Así, el volumen de tomate rojo obtenido con el uso de estas últimas tecnologías pasó del 2.9% en 2005 a 32.2% en 2010, y hasta 59.6% del volumen total en 2015 (USDA , FAS, 2015).

En la actualidad el término “compuestos bioactivos” o “fitoquímicos” se hace referencia a compuestos de origen vegetal con acción benéfica para la salud. De esta forma se engloba a aquellos nutrimentos o no- nutrimentos capaces de actuar sobre los mecanismos fisiológicos del cuerpo humano, entre los que se encuentran vitaminas, fibra alimentaria, entre otros compuestos activos. Dichos compuestos pueden tener un mecanismo complementario y/o superpuesto, entre dichos mecanismos se incluyen, entre otros la modulación de enzimas detoxificantes, estimulación del sistema inmune (FAO, 2005).

El tomate tiene bajo valor calórico (17kca/100g) y se caracteriza por un elevado contenido de agua 90-94%, un importante contenido de azúcares solubles (fructosa, glucosa y sacarosa), menor proporción de proteínas, fibra y ácidos orgánicos (cítrico y málico), un destacado aporte de vitaminas (A y C), carotenoides y elementos minerales.

Por otro lado, es posible obtener más valor añadido de los residuos y del procesado de tomate para las empresas, se puede tener compuestos beneficiosos para la salud a partir de residuos de tomate. Los estudios existentes han mostrado que la pulpa del tomate constituye una excelente fuente de nutrientes como carotenoides, proteínas, azúcares, ceras y aceites (75% de ácidos grasos insaturados), que podrían tener aplicación en la alimentación humana y en la industria cosmética. Los principales compuestos bioactivos extraíbles de los residuos del procesado de tomate y/o extracción de semilla son: licopeno, fibra de tomate, aceite de semillas y enzimas. (BIOACTIVE- NET, 2008)

1.1 Objetivo general

Evaluación de parámetros en la calidad y bioactividad de interés en Líneas extra firmes de tomate manejadas bajo un sistema de agricultura protegida.

1.2 Objetivos específicos

Evaluar la concentración de componentes bioactivos que contribuyen a la calidad de tomate tipo bola.

Medir la actividad de componentes bioactivos en relación al avance de color (2 y 3) de acuerdo a la asociación entre pH, firmeza, sst, Licopeno que pueda contribuir en la calidad del fruto.

Determinar la influencia en el proceso de almacenamiento en genotipos provenientes de agricultura protegida, así, como su relación con el avance en color 2 y color 3 con pedúnculo y sin pedúnculo.

1.3 Hipótesis

Las Líneas TSAN establecidas bajo la modalidad de malla sombra, tendrán un comportamiento diferente al testigo comercial CAIMAN F₁.

Al menos una Línea TSAN mostrara diferencia de los compuestos bioactivos en relación al testigo comercial, desarrollados ambos bajo malla sombra.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1 Fruto de tomate

Es una baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y (600 gramos). Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas (Figura 1).

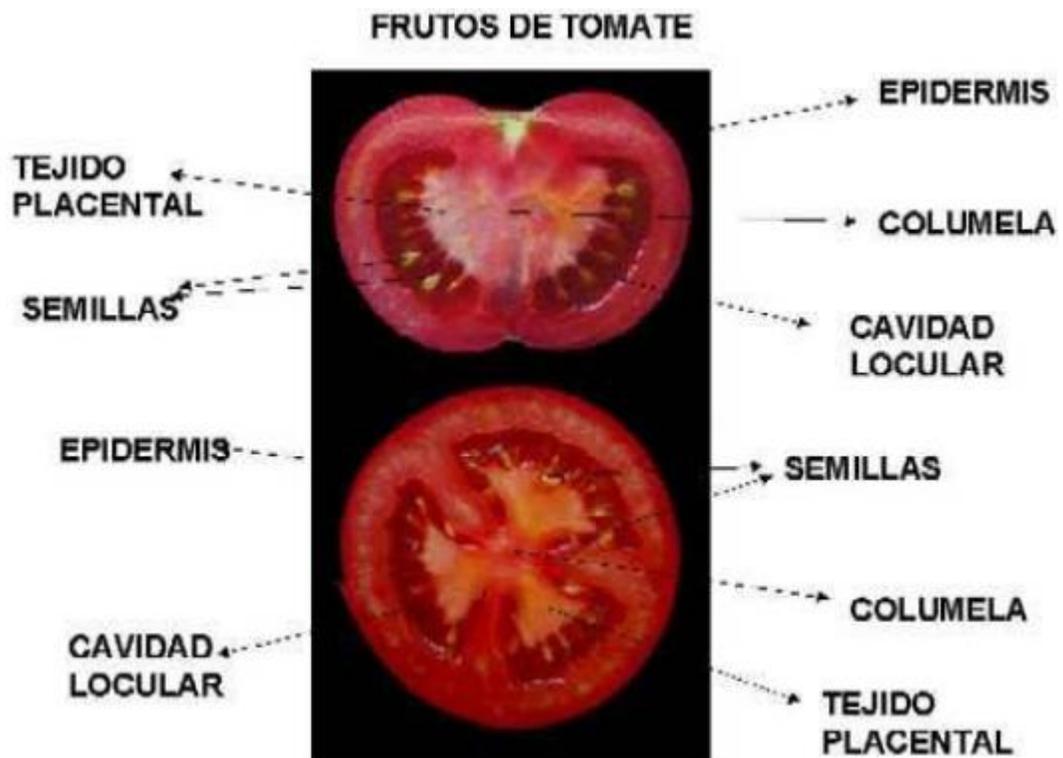


Figura 1 Fruto de tomate

2.1.1 Grados de madurez del tomate

La clasificación del tomate, de acuerdo a su grado de madurez y color, se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de grados de madurez en tomate de acuerdo a su color.

| Grado de madurez | Color | Descripción |
|------------------|------------|--|
| 1 | Verde | La piel del tomate está completamente verde. El color verde puede variar de claro a oscuro. |
| 2 | Quebrado | 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. |

(SAGARPA. 2005)

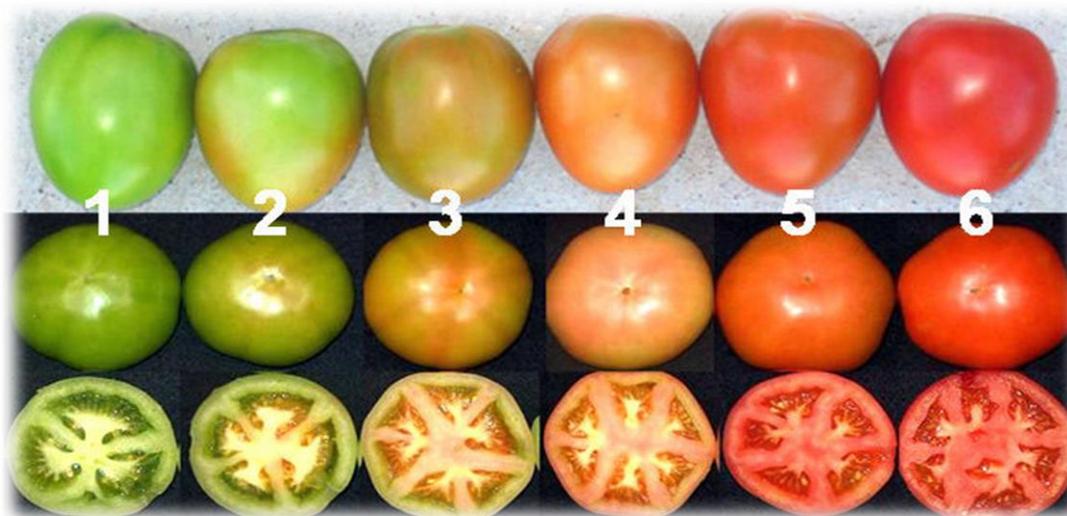


Figura 2. Grados de madurez de tomate.

2.1.2 Maduración del fruto

Según su comportamiento respiratorio durante la maduración, los frutos, se clasifican en climatéricos y no climatéricos. En los frutos climatéricos en los que se encuentra el tomate, la respiración desciende de forma continuada durante el crecimiento y desarrollo, pero al iniciarse la maduración, la respiración aumenta, lo que produce un brusco aumento en la producción de etileno que tiene una profunda influencia en el desarrollo del proceso de maduración (Chamarro, 1987).

La cosecha de tomate se rige por una serie de estándares que dependen de la madurez mínima de cosecha (verde maduro 2) y está definida por los índices de color en la estructura interna del fruto. En este estado las semillas están completamente desarrolladas fisiológicamente, la formación del mucilago está avanzada en al menos uno de los lóculos y hay formación de material gelatinoso en otros lóculos (USDA, 1991.).

2.1.3 Respiración climatérica

Al iniciarse la maduración, esta aumenta hasta alcanzar un máximo llamado pico climatérico en el que la producción de CO₂ aumenta. Recientemente se ha observado que, cuando el fruto madura en la planta, no se produce el aumento típico de la respiración. Por lo que, la respiración climatérica en el tomate podría no ser un requisito para la maduración, sino un artificio por la recolección del fruto (Salveit, 1993).

2.1.4 Calibres de exportación para tomate tipo bola

En cuanto a los estándares que debe cubrir una cosecha de tomate para ser dirigida a exportación, en el cuadro 2 se presentan las principales características

Cuadro 2. Calibres para exportación.

| Tamaño | Diámetro | | | | No. Frutos/cajas 25 lb | Acomodo de frutos/tanda |
|----------------------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|---------------------------|----------------------------|
| | Mínimo ^(a) | | Máximo ^(b) | | | |
| | mm | In | Mm | in | | |
| Chico | 54 | 24/32 | 58 | 2 9/32 | 120-140 | 7x7 |
| Mediano | 57 | 28/32 | 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 |

^(a) Cuando el tomate en posición vertical, no puede pasar por una abertura circular del diámetro descrito.

^(b) Cuando el tomate en cualquier posición, puede pasar por una abertura circular del diámetro descrito en "in".

2.2 Licopeno

En la actualidad los tomates y sus productos derivados están reconocidos como alimentos funcionales por su composición química y concretamente por la presencia de compuestos bioactivos beneficiosos para el organismo (Willcox *et al.*, 2003; Sharoni y Levi, 2006; Periago *et al.*, 2009). Numerosos estudios epidemiológicos han descrito una correlación inversa entre dietas con un alto consumo de tomates y productos derivados y la incidencia de enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer. Estos efectos protectores se han atribuido al elevado contenido de varios compuestos con actividad antioxidante como carotenoides, compuestos fenólicos, vitamina E, vitamina C, folatos, potasio y selenio. Entre otros compuestos destaca el licopeno, carotenoide predominante del tomate (Shi *et al.*, 2003).

2.2.1 Composición química del tomate

La composición química del tomate varía en función de la variedad del fruto, así como de factores agronómicos y ambientales. El componente mayoritario del tomate, al igual que la mayoría de los vegetales, es el agua, cuyo contenido medio se sitúa en torno al 94%. Excluida el agua, los hidratos de carbono son el componente mayoritario, y cuantitativamente los azúcares, que constituye aproximadamente el 50-70% de los sólidos totales y la casi totalidad de los sólidos solubles (Primo *et al.*, 1998). La fibra alimentaria representa el 1.2% en el tomate fresco maduro.

2.2.2 Compuestos bioactivos

Los tomates presentan una amplia variedad de compuestos químicos con propiedades antioxidantes, entre los que se incluyen los carotenoides, licopeno, la vitamina C y compuestos fenólicos. Algunos compuestos son identificados por la GC-MS donde fueron identificados en hidrocarburos nitrogenados y algunos mostraron reacción activa Jasso D. (2017)

2.2.3 Licopeno y otros carotenoides

Los carotenoides son pigmentos naturales sintetizados por plantas y microorganismos, responsables en gran medida del color de los mismos (Clinton, 1998). Entre los carotenoides con efecto benéfico para la salud en función de sus propiedades biológicas se encuentra el licopeno cuya actividad está relacionada con la prevención de distintas enfermedades (Nguyen y Schwartz, 1998). La mayoría de los carotenoides son solubles en solventes no polares, y presentan coloraciones que oscilan entre el amarillo (β -caroteno) y el rojo (licopeno). La estructura química de estos compuestos contribuye a su actividad química sobre los agentes oxidantes o radicales libres. (Britton *et al.*, 1995).

2.2.4 Contenido de licopeno en el tomate

De los más de 50 carotenoides presentes en los alimentos, el licopeno se encuentra en un grupo reducido de los mismos, destacando al tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y los productos elaborados con tomate. En relación al contenido de licopeno en el tomate en fresco, se ha reportado una gran variabilidad de resultados, debido en gran medida a que su contenido varía significativamente según el grado de madurez y variedad. (Periago *et al.*, 2001; Martínez- Valverde *et al.*, 2002)

2.3 Producción de tomate tipo bola bajo malla sombra

La tecnología de producción de tomate en ambiente controlado abre amplios horizontes para la economía de los horticultores. Dentro de las ventajas que ofrece el uso de malla sombra se tienen las siguientes: disminución de hasta el 25% del agua requerida para el cultivo, reducción de la contaminación a plagas, menor tiempo a inicio de cosecha, rendimientos que superan hasta en 30% a los que se obtienen en condiciones de campo abierto y finalmente la obtención de alta calidad de los frutos en las cosechas (Cook, 2007)

La malla sombra para el cultivo es una estructura metálica construida a base de tubo redondo galvanizado, anclajes a base de varilla de hierro corrugado, trenzas y cordones de hierro, así como alambre para sujetar la malla anti-insectos. La malla es confeccionada con monofilamento y tratado con aditivo contra rayos ultravioleta. La estructura permite protección a los cultivos durante condiciones de estrés. Estas condiciones de estrés ocasionan disminuciones en el rendimiento. Sin embargo, el sombreado permite que las plantas crezcan en mejores condiciones, incrementando así la calidad y rendimiento de los cultivos. Las mallas ofrecen protección contra insectos, viento, arena, granizo y heladas de baja intensidad, aumentando la probabilidad de mayores rendimientos y mejor calidad de frutos. Las mallas presentan aberturas tan pequeñas que impiden el paso de los insectos; están tratadas contra rayos ultravioleta, propician temperaturas más bajas, y mantienen un porcentaje de sombreado constante (Matallana y Montero, 2001).

2.3.1 Ventajas

Las principales ventajas del uso de malla sombra en cultivos intensivos son:

- Precocidad en la obtención de frutos.
- Aumento en el rendimiento (3 a 4 veces más que en campo abierto).
- Calidad de las cosechas (frutos limpios, sanos y uniformes).
- Alta eficiencia en el uso del agua y de los fertilizantes.
- Posibilidades de acceder al mercado de exportación.
- Obtención de altas relaciones beneficio/costo.
- Generación de empleos.
- Mejor control de plagas y enfermedades.
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.

2.3.2 Desventajas

Sin embargo, también es necesario mencionar que así como son muchas las ventajas, también hay algunas desventajas, de las cuales las más importantes son:

- Alta inversión inicial.
- Alto costo de operación.
- Se requiere personal especializado, de experiencia práctica y conocimientos teóricos.

2.4 Materiales de tomate de hábito Semi-Indeterminado

Actualmente el término Semi-Indeterminado es difícil de encontrar en la bibliografía disponible. En México existe el desarrollo de nuevas variedades de tomate denominadas TSAN de hábito Semi-Indeterminado, cuya principal característica es determinada por la distancia más corta en los tallos de la planta entre inflorescencias y/o racimos que pueden ser de 21 a 22.7 cm. La mayoría de las plantas híbridos comerciales poseen una distancia entre 32.00 a 34.033 cm como es el caso de **(IMPERIAL Y SPRINGEL) F₁[®]**. Esta característica es normal observarla en los híbridos comerciales, lo que no sucede en las Líneas TSAN que se consideran una innovación tecnológica. Lo antes logrado es obtener un mayor número de racimos por planta considerando que se expresara en rendimiento y calidad del fruto, práctica que determina una reducción de costos de producción que implican durante la conducción y su manejo bajo agricultura protegida, así como su demanda hídrica y nutrimental de la planta, además se logra una maduración de frutos más uniforme (Sánchez, 2016).

2.4.1 Línea TSAN-10001SV

La Línea denominada TSAN-10001SV presenta dentro de sus características importantes frutos extra firmes de larga vida de anaquel, donde dominan frutos de tamaño extra grandes y grandes (3x4, 4x4, 4x5, 5x5 y 5x6) hasta un 75% y un 25% de frutos tamaño mediano y chico (6x6 y 6x7) en toda la etapa productiva sin perder en el tamaño extra grande y grande, siempre y cuando se mantenga la práctica de podas a 1 y/o 2 tallos, así como el proceso de nutrición y manejo de cultivo aunado a otras prácticas dependiendo de la modalidad a la que se establezca. Sin embargo, estos materiales en cielo abierto también manifiestan un excelente comportamiento (Sánchez, 2014).

2.4.2 Características organolépticas TSAN-10001SV

2.4.2.1 Número de lóculos para la línea TSAN-10001SV

En la mayoría de las variedades y/o híbridos se presentan entre 3 y 4 lóculos dependiendo del tipo de tomate (saladette o bola). Esta característica influye en la vida de anaquel y repercute en la calidad del fruto. La línea TSAN 10001SV expresa este carácter con mayor número de lóculos en el fruto lo que permite un menor contenido de agua en las celdas por ser un fruto multilocular se considera que esta característica repercute en la prolongación del comportamiento de la curva climática, así como la tolerancia a las bajas temperaturas. Así este carácter es importante en el almacenamiento en cuartos fríos, prolongando así la vida de anaquel sin causar daño que pudiera ocasionar el frío. Los frutos de la Línea TSAN-10001SV presentan de 6 a 7 lóculos, característica que atribuye una buena calidad que los frutos del testigo comercial Springel f_1 presentan alrededor de 4 lóculos (Sánchez, 2016).

2.4.2.2 Firmeza

La firmeza de los frutos es un parámetro que mide la resistencia a penetración en los tejidos de los mismos. Este es un factor importante, ya que la firmeza está relacionada con la calidad y sanidad de los frutos, la concentración de azúcares, pH, sabor y aroma del fruto. Este carácter se puede medir a partir de pruebas descriptivas que miden la resistencia que tiene al penetrar la corteza del tomate e introducirse a la pulpa. Los frutos de tomate de la línea TSAN, presentaron mayor firmeza de 2.8500 cm^2 que el híbrido comercial Springel que fue 2.2533 cm^2 existiendo una diferencia mayor que el testigo comercial que fue 0.5906 cm^2 considerándose como una línea más firme y con mejor apariencia. Esto es debido a la incorporación de este carácter a lo largo del proceso de su formación, donde se mantuvo al seleccionar aquellos materiales que se manifiestan al seleccionar este atributo y que le permite mantener su integridad y su aspecto fresco tras la cosecha y durante el almacenamiento, lo que se confirma con lo investigado por Nunhaems, (2009). Característica que está íntimamente relacionada con la dureza de la

epidermis la firmeza de la fruta y la estructura del fruto, brindando así una mayor calidad y vida de anaquel (Sánchez, 2016)

2.4.2.3 Sólidos solubles totales (°Brix)

Los azúcares constituyen un papel muy importante en el sabor de los frutos maduros y es a partir de que se presenta en el fruto, un color amarillento arrosado el contenido de sólidos solubles empieza atraer, a medida que el tiempo de almacenamiento aumenta. El contenido de ácidos orgánicos es también un factor limitativo en la calidad del fruto debido a su influencia en el sabor del mismo, el ácido cítrico es el ácido más abundante en el fruto de tomate seguido por el ácido málico. En estudios previos se encontró que el genotipo que presentó mayor concentración en °Brix fue el híbrido Springel f1 con 3.7067 °Brix existiendo una diferencia mínima de 0.03 °Brix con respecto a la línea avanzada TSAN, que fue de 3.667. Esto es favorable debido a que no se modificaron las características de calidad relacionadas al sabor del fruto por efecto de los caracteres (Sánchez, 2016). Lo anterior se confirma y coincide con las investigaciones realizadas de Canwell *et al*, (2007) donde mencionan que el contenido de sólidos solubles totales en tomate, se encuentra en el rango de 3 a 5% para los diferentes cultivares y ambientes de cultivo. Es decir la línea TSAN-10003SV se encuentra en el rango de aceptación de sólidos solubles totales donde diversos azúcares ácidos orgánicos, aminoácidos y sales representan los principales componentes del sabor (Yilmaz, 2001)

2.5 Línea TSAN-10003SVI

Durante el proceso de formación y avance de esta línea se le denominó TSAN-10003SVI, esta Línea presenta la característica de interés para el mercado en fresco de frutos extra firmes y larga vida de anaquel, de acuerdo a su comportamiento genético, estabilidad y versatilidad. Sus frutos son predominantemente en tamaño, extra grandes y grandes en un 82% de la producción (3x4, 4x4, 4x5, 5x5, 5x6), con un peso promedio de fruto de 240 a 280g y un 18% de tamaño de frutos mediano y chico (6x6 y 6x7). La calidad se manifiesta siempre y cuando se le practique la poda a uno y dos tallos, así como el equilibrio nutrimental y

otras prácticas importantes de manejo en el cultivo dependiendo la modalidad seleccionada. Sin embargo, este material genético manifiesta un excelente comportamiento tanto si es establecido a cielo abierto como en el caso de agricultura protegida, para el primer caso bajo sistema de estacado regional modificado-modificado, acolchado y fertirriego (Sánchez, 2016).

2.5.1 Características organolépticas de TSAN-10003SVI

2.5.1.1 Número de lóculos para la línea TSAN-10003SVI

La mayoría de las variedades o híbridos presentan de 3 a 4 lóculos, dependiendo del tipo de tomate si es saladette o bola carácter que tiene influencia en la vida de anaquel y que repercuten en la calidad de fruto y por ende en la firmeza (Sánchez, 2014)

En una investigación realizada se ha logrado obtener una innovación tecnológica en la Línea mejorada TSAN-10003SVI, donde se encuentra presente el carácter de firmeza en el fruto, manejándola como una variedad extra firme lo que permite un menor contenido de agua en las celdas por el número de lóculos que presenta, es una característica que permite prolongar la curva climatérica, también influye en las resistencias a las bajas temperaturas, esto es determinante para almacenamiento en los cuartos fríos prolongando de esta manera su vida de anaquel, sin deterioro por daños que pudiera causar el frío.

Los frutos TSAN- son multiloculares o en su caso presenta más de 4 lóculos, en un porcentaje considerable se han presentado entre 5 y 6 en esta Línea, considerándose una variedad extra firme. Mientras que un Híbrido comercial f1 presenta 4 lóculos por lo que difiere fuertemente en su morfología del fruto (Sánchez, 2016)

2.5.1.2 Firmeza

En cuanto a esta característica la línea TSAN-10003SV presentó una firmeza promedio de 3.033 kg/cm²; mientras que el testigo comercial Springel sólo mostró un valor de 2.2533 kg/cm², lo que da una diferencia de 0.780, lo que indica que la línea TSAN-10003SV produce tomates más firmes y con mejor apariencia y calidad (Sánchez, 2016)

2.5.1.3 Sólidos solubles totales (°Brix)

Los azúcares constituyen el 65% de los sólidos solubles presentes en el fruto del tomate y desempeñan un papel importante en el sabor del fruto. El contenido de ácidos orgánicos es también un factor limitativo debido a la influencia del sabor lo que indica que el ácido cítrico, es el que predomina en el fruto de tomate seguido de ácido málico. De acuerdo a estudios realizados en la línea TSAN- 10003SVI. Presento en °Brix un buen comportamiento con 3.38% °Brix contra testigos híbridos comerciales que presentaron el 3. 70 °Brix. Esto es favorable debido a que no se modifican las características relacionadas al sabor por efecto de los caracteres de los procesos de hibridación, selección y avance generacional como lo confirma Cantw *et al* (2007) donde mencionan que el contenido de sólidos totales se encuentran en rango de 3 a 5% para diferentes cultivares y ambientes de cultivo. Por lo anterior la línea TSAN-10003 SV se encuentra en un rango aceptable para un producto de calidad (Sánchez, 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del estudio

El presente trabajo se realizó el año 2016 en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” ubicada en Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, con coordenadas 25°21'13" de latitud Norte y 101°01'56" de longitud Oeste.

El análisis de laboratorio se hizo en dos etapas: a) en el Laboratorio de fitoquímica del Departamento de Fitomejoramiento, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Figura 3), se utilizaron las líneas TSAN-10001 SV, TSAN-10003 SVI. TSAN –SI-SV7-3-1-SI y Testigo Comercial Híbrido CAIMAN F₁[®] b). El análisis de contenido de licopeno, se llevó acabo en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) ubicado en Ramos Arizpe, Coahuila, a 56 km de la UAAAN.



Figura 3. Localización del sitio.

3.2 Descripción del material vegetativo.

En el experimento se evaluaron 3 líneas avanzadas de tomate y un híbrido de hábito semi- determinado e Indeterminado en Peso Con Pedúnculo y Peso Sin Pedúnculo. Estos materiales son producto del programa de mejoramiento que dirige el M.C. Alfredo Sánchez López, líder del Programa de Mejoramiento de la División de Agronomía del Departamento de Horticultura de la UAAAN.

La cosecha se realizó el 24 de noviembre del año 2016 del rancho San Javier establecidos bajo agricultura protegida en malla sombra en el municipio de Villa de Arista de San Luis Potosí en fecha tardía. Se cosecharon frutos en color 2 y 3, de acuerdo a la tabla de colores.

3.3 Material genético

Los materiales utilizados en el experimento fueron los siguientes:

Cuadro 3. Materiales genéticos utilizados en el experimento.

| Tratamiento | Líneas | Hábito de crecimiento |
|--------------|---------------------------------------|-----------------------|
| T1 | Línea TSAN-10001SV | Semi-indeterminado |
| T2 | Línea TSAN-10003SVI | Semi-indeterminado |
| T3 | Línea avanzada TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI | Semi-indeterminado |
| T4 (Testigo) | Híbrido CAIMAN F ₁ | Indeterminado |

El material de hábito de crecimiento Indeterminado es comercializado por la empresa Enza Zaden; mientras que los de Hábito Semi-Indeterminado fueron desarrollados por el M.C. Alfredo Sánchez López, que dirige el Programa de Mejoramiento Genético en tomate.

3.4 Diseño experimental

El experimento fue establecido con un diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. A los datos obtenidos, se les efectuó el análisis de varianza (ANVA) y prueba de comparación de medias, con el método Tukey ($p \leq 0.05$). Para lo anterior se utilizó el paquete estadístico R, versión 3.2.5 (R Core Team, 2016) para Windows.

El 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 .

μ = es el efecto verdadero de la media general.

τ_i = es el efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j = es el efecto del j -ésimo bloque.

ϵ_{ij} = es el error experimental de la ij -ésima observación.

Se utilizó el método estadístico de coeficiente de variación por Pearson y Spearman y el valor para análisis de correlación.

3.5 Evaluación de las líneas de producción

Clasificación

Los tomates seleccionados se clasificaron de acuerdo al criterio de grado de madurez (Cuadro1, Figura1), presentados en el apartado de revisión de literatura.

Se evaluaron 32 frutos diferentes por cada color (2 y 3), se tomaron como referencia color2 y color3. La mayoría de los tomates tipo bola fueron cosechados en el estado de madurez conocido como estrella o rayado. Etapa de color 2, conocido como Breaker, etapa de color 3, conocido como Turning. Para la evaluación de las Líneas se tomaron en cuenta las siguientes variables:

- 1) Peso con Pedúnculo
- 2) Peso sin Pedúnculo
- 3) Diámetro
- 4) Diámetro Polar
- 5) Diámetro Ecuatorial
- 6) Diámetro de Pedúnculo
- 7) Firmeza
- 8) Grosor del mesocarpio
- 9) Número de lóculos
- 10) pH
- 11) Porcentaje de sólidos solubles (°Brix)
- 12) Licopeno

3.5.1 Peso con Pedúnculo.

El peso de cada fruto se obtuvo con la ayuda de una balanza (OHAUS® 6000g). Para obtener este resultado se realizó en 4 frutos diferentes de una misma Línea, la medición se realizó en 16 frutos por color, utilizando 32 frutos totales.

- Se tiene cuatro repeticiones por Línea.
- Se tomó un tomate y fue colocado en la balanza.
- Se esperó al resultado
- Se anotó el dato correspondiente.
- Se repitió el mismo proceso para los 4 frutos.

3.5.2 Peso sin Pedúnculo

- Se tiene cuatro repeticiones por Línea
- En cada uno de los tomates se le retiró el pedúnculo
- Fue colocado un tomate en la balanza
- Se esperó el resultado
- Se anotó el resultado correspondiente.
- Se repitió el mismo proceso para los 4 frutos.

3.5.3 Diámetro

Para la medición del diámetro se utilizó un vernier digital marca (Stainless Hardened) este material se utilizó para cada uno de los diámetros tomados en este trabajo.

3.5.4. Diámetro Polar

Es la distancia entre el pedúnculo y el ápice del fruto, dicha medición fue tomada y anotada en cada uno de los frutos utilizados para el experimento.

3.5.5 Diámetro Ecuatorial

Es la distancia entre las dos partes centrales de las dos caras del tomate, es decir, la longitud transversal medida perpendicularmente.

3.5.6 Diámetro de Pedúnculo

Es la medición del tamaño que manifiesta el fruto al desprenderse el pedúnculo al momento de la cosecha y así se define, si el mercado lo prefiere para su venta para el anaquel con pedúnculo o sin el mismo. Si así fuera esta actividad es para dar un plus al producto, por lo que esto requiere de un manejo diferente en el empaque.

3.5.7 Firmeza

La firmeza es un indicador de la calidad del producto (en este caso del tomate). La firmeza de los frutos fue medida por un penetrómetro marca FT 327(3-27Lbs) que mide la resistencia de penetración de tejidos del fruto. El procedimiento consta de perforar la corteza del tomate e introducirlo hasta la pulpa ejerciendo y obteniendo una lectura expresada en kg/cm^2 . Se midió la firmeza de 4 repeticiones por Línea. Los pasos seguidos para la determinación son:

- Se calibra el penetrómetro para que de una lectura correcta.
- Se toma un fruto sosteniendo con una mano y con la otra mano se sostiene el penetrómetro.
- El penetrómetro se impulsa hacia el tomate de uno de los costados del mismo ejerciendo una pequeña fuerza.
- Se espera a ver la lectura en el display del penetrómetro.
- Se anota el resultado correspondiente.

3.5.8 Grosor del Mesocarpio

Para la medición de este parámetro se requirió un vernier digital marca (Stainless Hardened), de tal forma que el tomate se partió por la mitad para tomar una muestra de un costado uniforme del fruto.

3.5.9 Lóculos

Para obtener el número de lóculos se requirió partir cada fruto por la mitad, de tal forma que los lóculos estuvieran a la vista y bien definidos, obteniendo un dato acertado promedio, se tomó la muestra de 4 repeticiones para evaluar cada Línea a evaluar.

3.5.10 pH

Esta medición indica el grado de acidez o basicidad. Para esta medición se requirió un potenciómetro pHep[®] by Hanna.

La medición de pH se realizó en 4 frutos diferentes de una misma Línea. La medición se realizó en 16 frutos por color, en total fueron 32 frutos. Utilizando el jugo de cada tomate. Los pasos seguidos fueron:

- La muestra se realizó por cada uno de los tomates de las 4 repeticiones por Línea.
- Se utilizó el jugo de cada uno de los tomates.
- Se utilizó un vaso de precipitado para recolectar el jugo de cada tomate.
- El potenciómetro se equilibra con agua destilada antes de tomar una muestra.
- Posteriormente es sumergido el potenciómetro en el jugo de tomate.
- Se espera unos minutos para obtener un dato acertado.
- Se anota el dato correspondiente.

3.5.11 Sólidos solubles totales (°Brix)

La escala de medición de porcentaje de concentración de sólidos solubles totales (SST) de una muestra, se refiere a la cantidad de gramos de azúcar contenidos en 100g de solución de sacarosa (°Brix). El contenido de SST depende del tipo de fruta y estado de madurez.

La medición de °Brix se realizó en 4 frutos diferentes de un mismo genotipo, en total se realizó la medición en 16 frutos por cada uno de los colores. Utilizando un refractómetro.

- 1) Se extrajeron gotas del jugo de tomate.
- 2) Se introdujo en el refractómetro
- 3) Se tomó la lectura y se anotaron los resultados correspondientes.

3.5.12 Licopeno

Para la medición de esta variable se realizó en dos etapas:

a) la extracción de licopeno se realizó en el laboratorio de Fitoquímica de la UAAAN de la siguiente manera:

- Se homogenizaron 0.25 g de muestra de tomate en 15 ml de una mezcla de hexano-acetona.
- La mezcla se mantuvo en agitación durante 30 minutos.
- Posteriormente se agregó agua para separar los compuestos polares del extracto.
- Se mezcló, se dejó reposar y se tomó una parte de la fase orgánica (fase superior); se filtró y se colocó en vial para su análisis por High performance liquid chromatography (HPLC).

b) y para el análisis de contenido de licopeno, se llevó a cabo en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV). La determinación de licopeno en tomate se realizó por HPLC, usando un equipo Agilent 1200. La separación se realizó utilizando una columna analítica, Zorbax Eclipse XDB-C18, 4.6x 150 mm, 5 μ . La detección se hizo con luz visible a una longitud de onda de 472 nm, la fase móvil fue isocrática 30% de etanol y 70% de metanol, a una velocidad de flujo de 1 ml/min. El análisis se realizó a temperatura ambiente haciendo inyecciones de 5 μ L. La cuantificación se realizó utilizando licopeno puro como estándar.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Peso Con Pedúnculo y Peso Sin Pedúnculo del fruto de tomate

El análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias, mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), entre los genotipos evaluados, para Peso de tomate Con Pedúnculo y Sin Pedúnculo (Figura 4). La Línea Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁ mostró diferencia significativa con un peso menor en comparación a las Líneas TSAN entre tratamientos.

En caso de color 2 Peso Con Pedúnculo (PCP): se encuentra la línea TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI con el mayor peso de 380.7 g. Existe una diferencia de 181.5 g sobre el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁ que obtuvo el menor peso en comparación a la línea TSAN. En color 3 se encuentra sobresaliendo la línea TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI con 354.2 g sobre el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁, existiendo una diferencia de 163.5g entre ambos.

En cuanto al color 2 de Peso Sin Pedúnculo (PSP): se encuentra la línea TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI con un peso de 377.0 g sobresaliendo entre las demás líneas evaluadas. Comparando esta Línea con el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁ existe una diferencia de 167.1 g, lo cual indica que el testigo comercial produjo frutos de un menor tamaño. En cuanto al color 3 se encuentra con un peso de 350.9 g la línea TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI sobresaliendo de las demás líneas evaluadas, comparándola con el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁ existe una diferencia de 168.3g siendo el que obtuvo menor peso.

El peso de fruto es un indicador del tamaño del mismo. Así, puesto que en las líneas avanzadas TSAN se presentaron frutos de mayor peso se infiere que son frutos de mayor tamaño. Esto está relacionado con la calidad ya que en los nichos de mercado se prefieren frutos de mayor tamaño ya sea para industria o el consumo en fresco.

Cuadro 4. Medias para la evaluación de las variables Peso Con Pedúnculo (PCP) y Peso Sin Pedúnculo (PSP).

| Tratamientos | Color | Variable | |
|---------------------------|---------|----------|---------|
| | | PCP | PSP |
| TSAN -10001 SV | Color 2 | 349.0 a | 346.7 a |
| | Color 3 | 341.4 a | 338.8 a |
| TSAN -10003 SVI | Color 2 | 327.4 a | 320.9 a |
| | Color 3 | 326.8 a | 317.4 a |
| TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI | Color 2 | 380.7 a | 377.0 a |
| | Color 3 | 354.2 a | 350.9 a |
| TC. CAIMAN F ₁ | Color 2 | 199.2 b | 209.9 b |
| | Color 3 | 190.7 b | 182.6 b |
| CV (%) | | 11.5 | 12.2 |
| Tukey(HSD) | | 84.8 | 88.6 |

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey a ($p \leq 0.05$).

PCP: Peso Con Pedúnculo

PSP: Peso Sin Pedúnculo

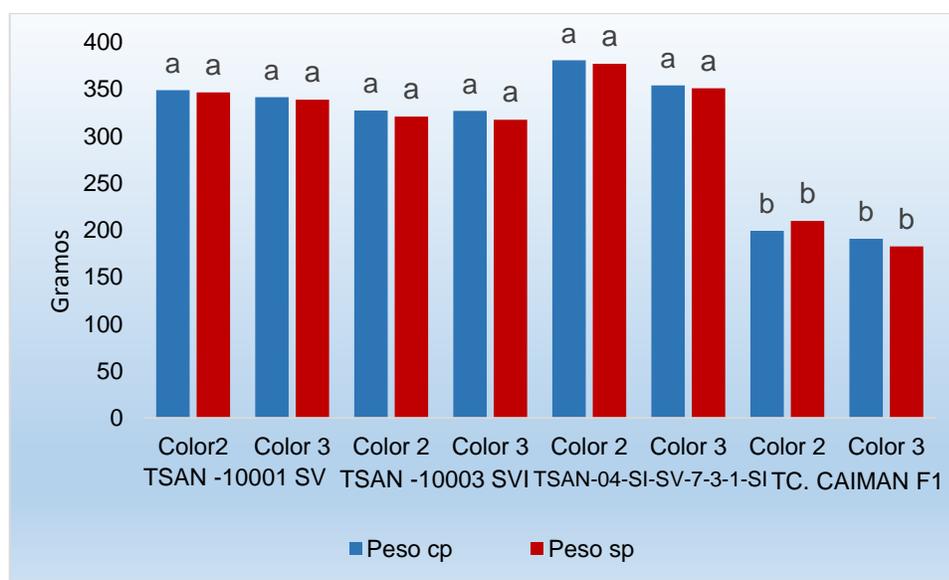


Figura 4. Peso Con Pedúnculo (PCP) y Peso Sin Pedúnculo (PSP).

4.2 Diámetro Polar, Ecuatorial y de Pedúnculo

El análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias, mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para Diámetro Polar (DP), Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro De Pedúnculo (DDP).

Para color 2, en Diámetro Polar (DP): se encontró la línea avanzada TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI obteniendo valores mayores con 74.64 mm sobre el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁ existiendo una diferencia de 13.47 mm entre ambos. Para color 3 se encuentra la Línea avanzada TSAN-10003- SVI con 72 .82 mm sobre el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁ existiendo una diferencia de 11.94 mm.

En cuanto a color 2 Diámetro Ecuatorial (DE): se encontró la línea avanzada TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI que obtuvo mayor valor con 85.20 mm sobre el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁, con una diferencia de 12.42 mm entre los mismos. Para color 3 se encontró la Línea avanzada TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI con un valor de 84.76 mm sobre el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁, existiendo una diferencia de 14.54 mm entre los mismos.

Para color 2, Diámetro De Pedúnculo (DDP): se obtuvo la Línea avanzada TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI con 18.77 mm sobre el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁ existiendo una diferencia hasta 3.54 mm entre ellos. En cuanto color 3, se obtuvo la Línea avanzada TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI con 19.22 mm sobre el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁, con una diferencia de 2.78 mm.

La ventaja de la determinación en DP, DE Y DDP no es destructiva y permite continuar con el desarrollo del producto a lo largo de todo el periodo de crecimiento. Las curvas de crecimiento sirven para identificar la evolución y crecimiento en el ciclo bajo las condiciones climáticas, también son consideradas para estimar el peso que tendrá el fruto a cosechar (Coombe, 1976; Hunt, 1979).

Cuadro 5. Valores promedio de DP, DE, DDP evaluados en 4 tratamientos.

| Tratamientos | Color | Variable (mm) | | |
|---------------------------|---------|---------------|----------|-----------|
| | | DP | DE | DDP |
| TSAN -10001 SV | Color2 | 63.03 a | 72.99 a | 18.33 a b |
| | Color3 | 58.42 a | 74.81 a | 18.83 a b |
| TSAN -10003 SVI | Color2 | 69.14 a | 79.37 a | 18.40 a b |
| | Color 3 | 72.82 a | 82.38 a | 19.22 a |
| TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI | Color 2 | 74.64 a | 85.20 a | 18.77 a b |
| | Color 3 | 69.78 a | 84.76 a | 18.83 a b |
| TC. CAIMAN F ₁ | Color 2 | 61.17 a | 72.78 a | 15.23 b |
| | Color 3 | 60.88 a | 70.22 a | 16.44 a b |
| CV (%) | | 12.59455 | 13.55742 | 8.631899 |
| Tukey(HSD) | | 19.78505 | 25.02035 | 3.686285 |

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey a ($p \leq 0.05$), DP: Diámetro Polar, DE: Diámetro Ecuatorial, DDP: Diámetro De Pedúnculo

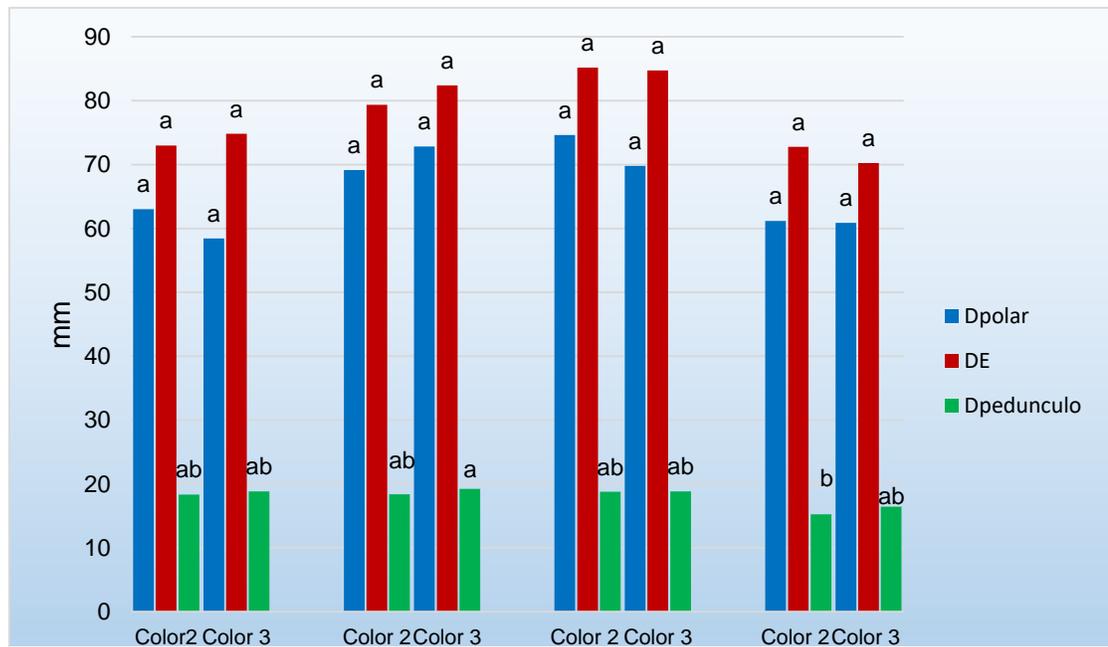


Figura 5 . Diámetro Polar, Diámetro Ecuatorial y Diámetro de Pedúnculo en 4 tratamientos.

4.3 Firmeza del fruto

De acuerdo a los datos obtenidos al ANVA, existe una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la firmeza de las diferentes líneas (Cuadro 8). En cuanto a color 2 la línea avanzada TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI fue la más sobresaliente con 3.07 kg/cm^2 sobre el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁, con una diferencia de 0.65 kg/cm^2 .

Para el color 3, el fruto con mayor firmeza fue la Línea TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI con 3.37 kg/cm^2 sobre el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁, presentó diferencia de 1.00 kg/cm^2 . El Testigo Comercial CAIMAN F₁, obtuvo menor firmeza. Esto indica que la Línea avanzada TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI tiene mayor capacidad de retención de jugo que permite mantener su integridad y su aspecto fresco tras el corte y durante el almacenamiento (Nuehems, 2009). En la Línea TSAN, se presenta un mayor número de lóculos, esto está íntimamente relacionado con la dureza de la pulpa y la estructura interna del fruto, brindando así una mayor firmeza.

Cuadro 6. Medias para la evaluación de Firmeza.

| Tratamientos | Color | Variable | Firmeza |
|---------------------------|---------|-----------|---------|
| TSAN -10001 SV | Color 2 | 2.18 | c |
| | Color 3 | 2.20 | c |
| TSAN -10003 SVI | Color 2 | 2.17 | c |
| | Color 3 | 1.92 | c |
| TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI | Color 2 | 3.07 | a b |
| | Color 3 | 3.37 | a |
| TC. CAIMAN F ₁ | Color 2 | 2.42 | b c |
| | Color 3 | 2.37 | b c |
| CV (%) | | 13.9141 | |
| Tukey(HSD) | | 0.8141871 | |

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey a ($p \leq 0.05$).

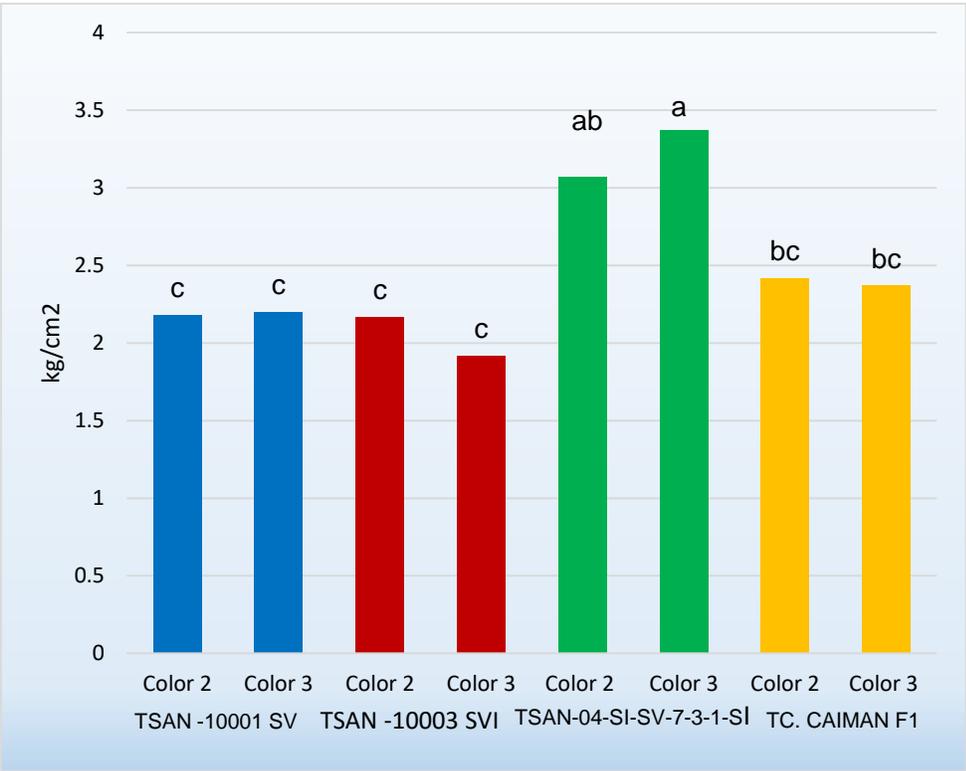


Figura 6 . Firmeza de frutos color 2 y 3.

4.4 Grosor de mesocarpio (ME)

Los resultados del ANVA no mostraron resultados para el El análisis de varianza y la prueba de tukey no mostraron diferencias significativa ($p \leq 0.05$) para Grosor de mesocarpio (ME), (Figura 6). En relación al color 2, la línea avanzada TSAN-10001SV obtuvo el mayor grosor de mesocarpio con 8.25 mm sobre el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁, existiendo una diferencia entre ambos de 0.85 mm.

En cuanto a color 3, la Línea avanzada TSAN-10001SV obtuvo un valor de 7.80 mm y comparándolo con el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁, se observó una diferencia de 0.55 mm entre los mismos. Esto indica que la relación entre ambos es favorable ya que muestran cierta similitud se observó que son frutos extra firmes. Por otra parte se han reportado, que los frutos maduros se encuentran los máximos carotenoides tales como licopeno que se encuentra en los tejidos externos como el exocarpo y mesocarpio (López-Casado et al., 2003). Es por eso que entre mayor contenido de mesocarpio, el fruto se vuelve de mayor calidad teniendo mejores características y concentraciones de carotenoides, convirtiéndolo en un fruto de mayor calidad.

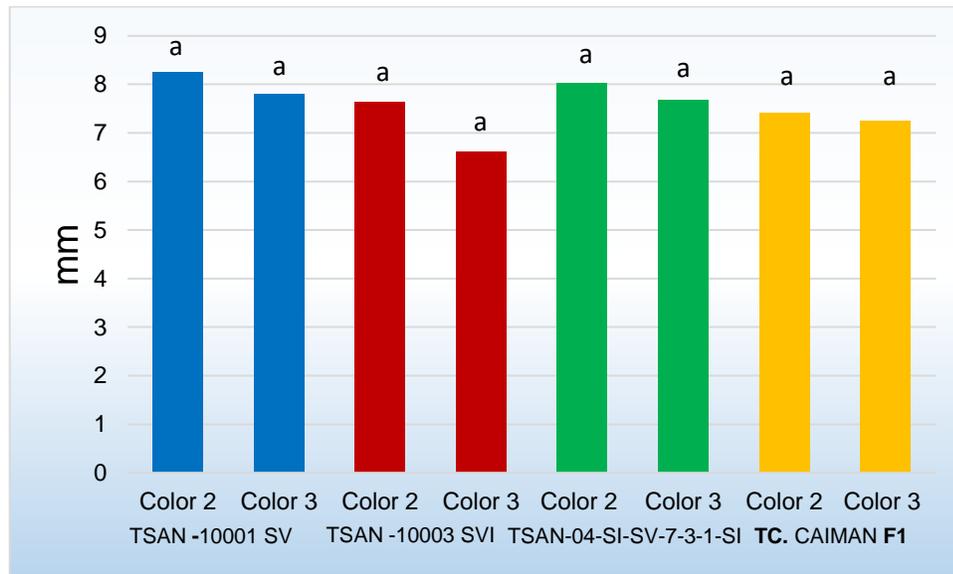


Figura 7. Grosor de mesocarpio.

4.5 pH del Fruto

En cuanto a la variable pH, el ANVA no mostró diferencia significativa entre genotipos ($p \leq 0.05$), obteniendo los mayores valores en color 2 del Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁ con 4.62, encontrándose una diferencia con la línea avanzada TSAN- 10001 SV de 0.20 sobre el Testigo.

En cuanto a color 3, la línea avanzada TSAN-10003-SVI reporto un valor 4.57, sobre el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁ existiendo una diferencia de 0.22 sobre la Línea TSAN. Los resultados expresados anteriormente mostraron similitud entre los mismos, comparados con el Testigo Comercial. Los resultados concuerdan con los de González- Céspedes et al. (2004), quienes reportaron que el pH del fruto de tomate es un parámetro que aumenta con la maduración y con el tiempo de almacenamiento, además de que los frutos de tomate necesita de un pH de 4.4 para la industria, mientras que para tomate en fresco este puede variar entre 4.17 a 4.59. Estos valores son similares a los registrados en esta investigación.

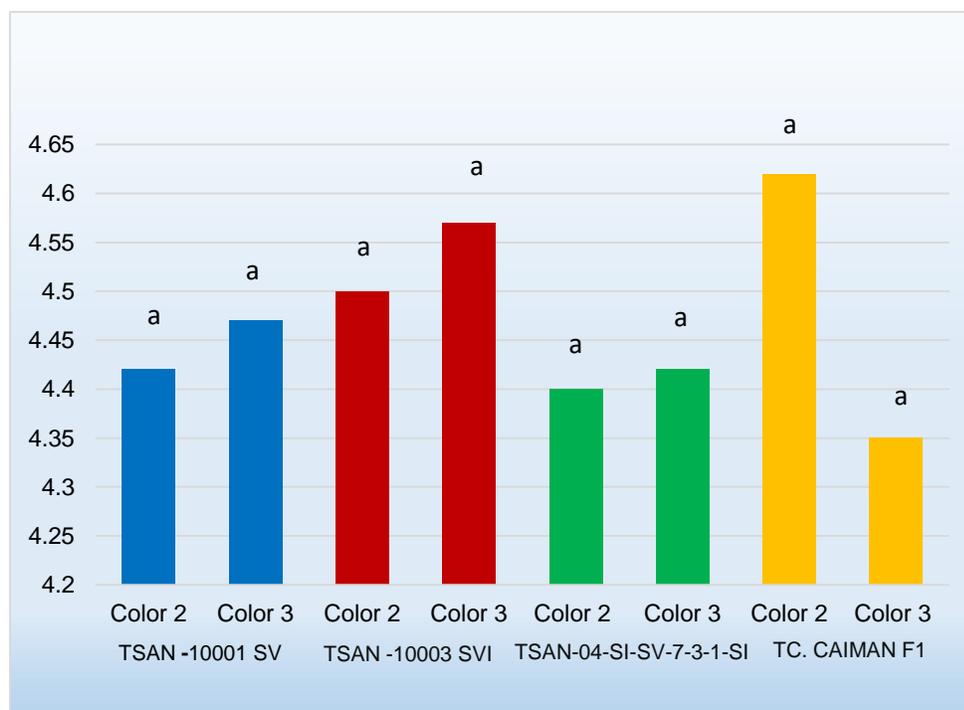


Figura 8. pH del fruto.

4.6 Sólidos solubles totales (°Brix)

De acuerdo a los resultados del ANVA y la prueba de comparación de medias mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), en los sólidos solubles totales (cuadro 9). En cuanto a color 2, el genotipo con más sólidos solubles totales fue el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F1 con 4.47 °Brix sobre la línea avanzada TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI existiendo una diferencia entre ambos de 0.85 °Brix.

Para color 3, el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN obtuvo más SST, con un valor de 4.47 °Brix, y una diferencia de 0.95 °Brix, sobre la Línea avanzada TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI. Estos son resultados favorables en cuanto a las Líneas TSAN debido a que no se modifican las características de calidad relacionadas con el sabor. El contenido de azúcares en los frutos es altamente dependiente de la intensidad luminosa, por tanto, los tomates cultivados en campo abierto presentan mayores contenidos en sólidos solubles que aquellos que crecen bajo condiciones de invernadero (Herrmann, 2001).

Cuadro 7. Sólidos solubles totales.

| Tratamientos | Color | Variable SST |
|---------------------------|---------|--------------|
| TSAN -10001 SV | Color 2 | 3.87 a b |
| | Color 3 | 4.03 a b |
| TSAN -10003 SVI | Color 2 | 3.80 a b |
| | Color 3 | 3.65 a b |
| TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI | Color 2 | 3.40 b |
| | Color 3 | 3.55 a b |
| TC. CAIMAN F ₁ | Color 2 | 4.25 a b |
| | Color 3 | 4.47 a |
| CV (%) | | 10.19316 |
| Tukey(HSD) | | 0.9375567 |

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey a ($p \leq 0.05$).

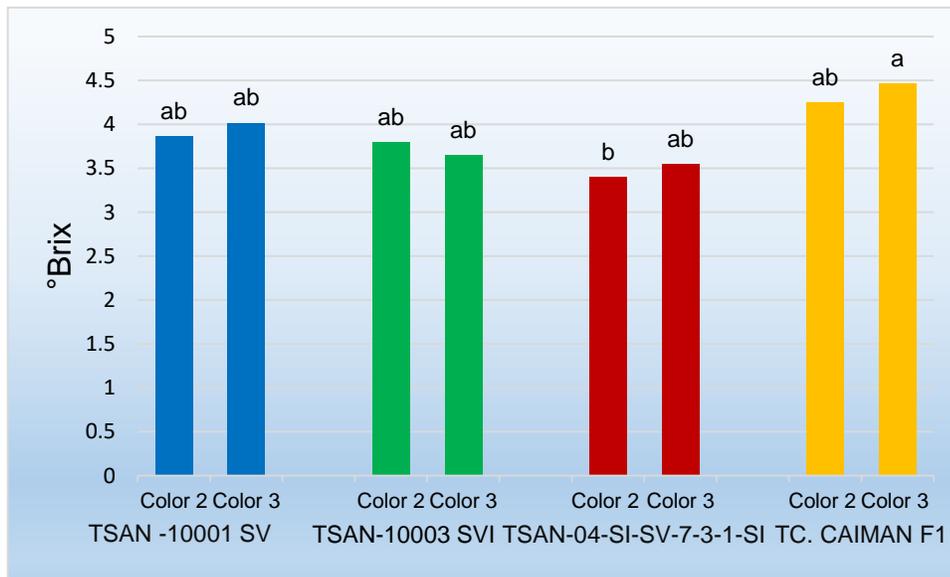


Figura 9. Sólidos solubles totales (°Brix)

4.7 Número de lóculos por tomate

De acuerdo con el ANVA y la prueba de comparación de medias mostraron diferencias significativa de ($p \leq 0.05$), para el número de lóculos de tomate (cuadro 10). En el color 2, la línea avanzada TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI mostró el mayor número de lóculos con 8, con una diferencia de 2, lóculos sobre el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F₁.

En el color 3, se observó que la Línea avanzada TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI reportó 7 lóculos, existiendo una diferencia de 1 lóculo. Lo cual nos indica que la línea TSAN presentó frutos con mayor firmeza. El número de lóculos está relacionado con la firmeza, puesto que entre mayor número de lóculos las cavidades de almacenamiento de líquido gelatinoso es menor, lo que hace frutos extra firmes (Nuehems, 2009), Y de mayor vida de anaquel después del corte.

Cuadro 8. . Número de lóculos por tomate.

| Tratamientos | Color | Variable Lóculos |
|---------------------------|---------|---------------------|
| TSAN -10001 SV | Color 2 | 6.00 a b |
| | Color 3 | 7.00 a b |
| TSAN -10003 SVI | Color 2 | 5.00 b |
| | Color 3 | 5.00 b |
| TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI | Color 2 | 8.00 a |
| | Color 3 | 7.00 a b |
| TC. CAIMAN F ₁ | Color 2 | 6.00 a b |
| | Color 3 | 6.00 a b |
| CV (%) | | 13.97273 |
| Tukey(HSD) | | 2.143722 |

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey a ($p \leq 0.05$).

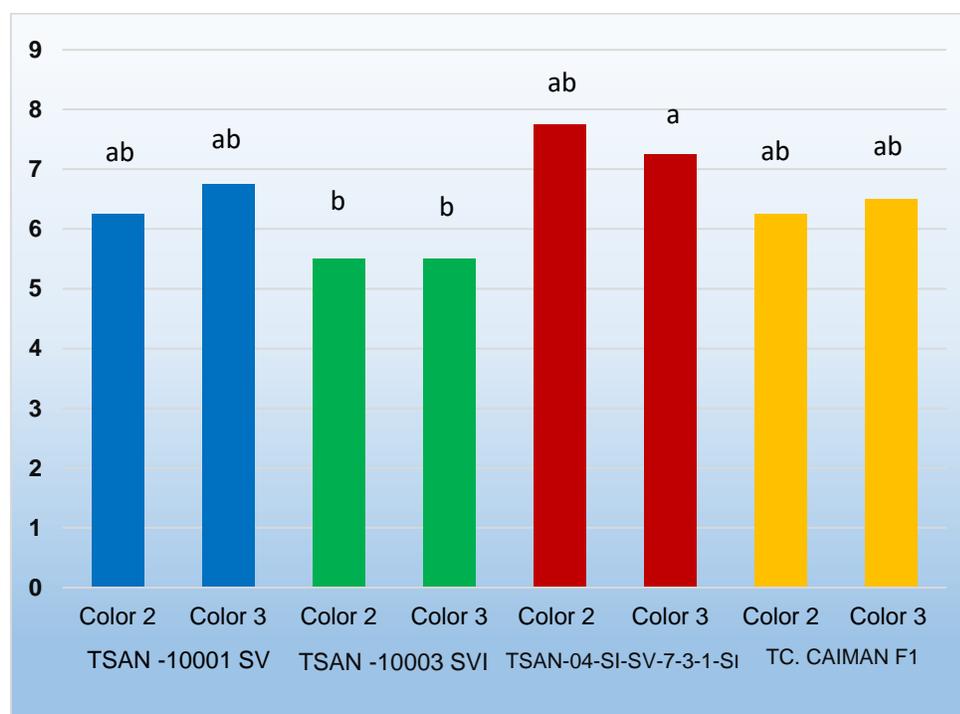


Figura 10. Media de número de lóculos.

4.8 Contenido de Licopeno.

Los resultados del ANVA y prueba de medias, presentaron diferencias significativas para el contenido de licopeno, entre las Líneas y el Híbrido ($p \leq 0.05$) para el número de lóculos de tomate. En el color 2, el genotipo Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F1 mostró una concentración de 48.08 mayor al de la Línea avanzada TSAN-10003 SVI que de acuerdo a los valores promedio obtenidos mostró menor concentración, con una diferencia de 15.53 entre ambos.

Para el color 3, el Híbrido Testigo Comercial CAIMAN F1 reportó una concentración de 58.50, mayor que el de la Línea TSAN-10003 SVI, con una diferencia de 24.90 entre ambos. El contenido de licopeno en el fruto de tomate está asociado con el color, entre mayor intensidad del color rojo del tomate será mayor el contenido de licopeno. Además, este compuesto químico es de gran importancia porque está asociado con la prevención de enfermedades, tales como el cáncer.

Cuadro 9. Valores promedio en contenido de licopeno en frutos de tomate.

| Tratamientos | Color | Variable Licopeno | |
|----------------------------|---------|----------------------|-----|
| TSAN -10001 SV | Color 2 | 38.40 | b c |
| | Color 3 | 39.55 | b c |
| TSAN -10003 SVI | Color 2 | 32.55 | c |
| | Color 3 | 33.60 | b c |
| TSAN-04-SI-SV-7-3- 1-SI | Color 2 | 38.12 | b c |
| | Color 3 | 40.11 | b c |
| TC. CAIMAN F ₁ | Color 2 | 48.08 | a b |
| | Color 3 | 58.50 | a |
| CV (%) | | 15.32249 | |
| Tukey(HSD) | | 4.743477 | |

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey a ($p \leq 0.05$).

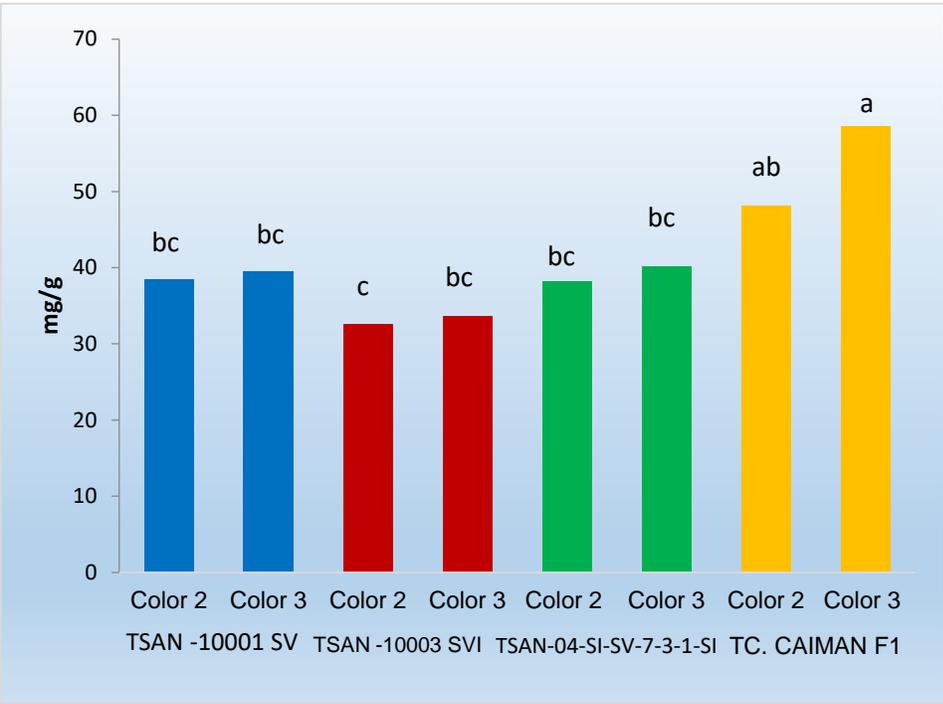


Figura 11. . Valores promedio en contenido de licopeno.

4.9 Análisis de correlaciones para color 2

En el análisis de correlación de los datos entre Diámetro Ecuatorial (DE) y Diámetro Polar (DP) es de 0.993 R, lo que indica que existe una relación positiva moderada entre las variables. Para expresar claramente la forma del fruto, se establece la relación entre Diámetro Ecuatorial (DE) y Diámetro Polar (DP) como un coeficiente de esfericidad (forma circular), se hace mención que el Diámetro Ecuatorial aumenta ligeramente su velocidad de crecimiento sobre el Diámetro Polar (Cuadro 12, Figura 12), de esta forma los frutos se van formando circulares. Los datos obtenidos en el análisis de correlación concuerdan con los de Llanos (2007).

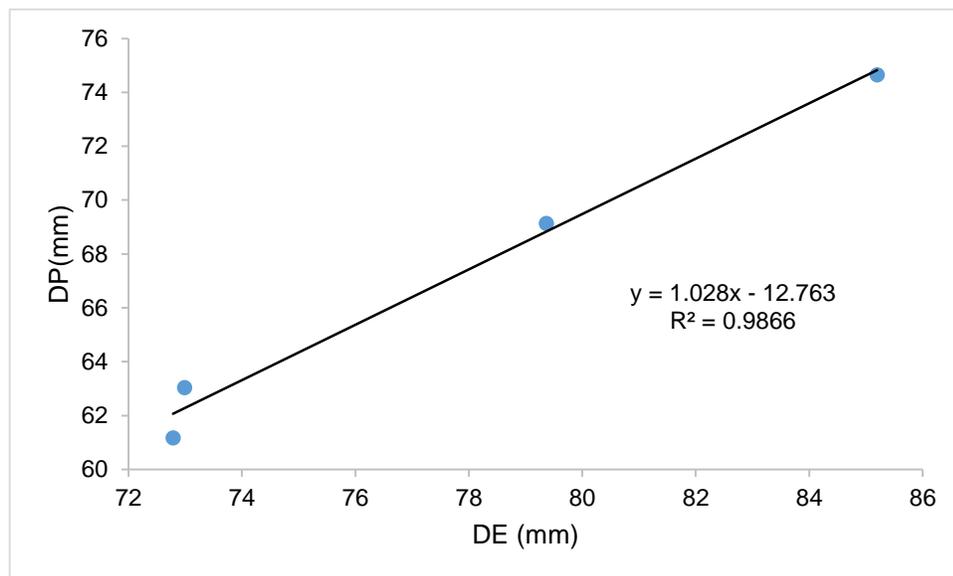


Figura 12. Diámetro polar en función de Diámetro Ecuatorial para un rango limitado.

Se muestra que para el análisis entre Peso Sin Pedúnculo (PSP) y Peso Con Pedúnculo (PCP) se encontró una correlación de 0.999 R, lo que indica que hay una correlación positiva entre las variables. Se describe para un fruto sin pedúnculo su almacenamiento es corto por la pérdida de agua que este tendrá, mientras que un fruto con pedúnculo su tiempo en almacenamiento sería mayor. Se menciona de esta forma ya que la preferencia la demanda el nicho de mercado. La correlación que hay

entre ambos es aceptable, se muestra similitud y una significancia corta de 0.001 (Figura 13).

En el análisis de correlación entre Diámetro De Pedúnculo (DDP) y Peso Con Pedúnculo (PCP) fue de 0.9646 R^2 y con Peso Sin Pedúnculo (PSP) de 0.9461 R^2 de la gráfica, lo que indica que se encuentra una relación positiva entre ambas variables, es decir que la relación que se encuentra entre ambas variables es favorable como lo marca el análisis, ambas aumentan al mismo tiempo.

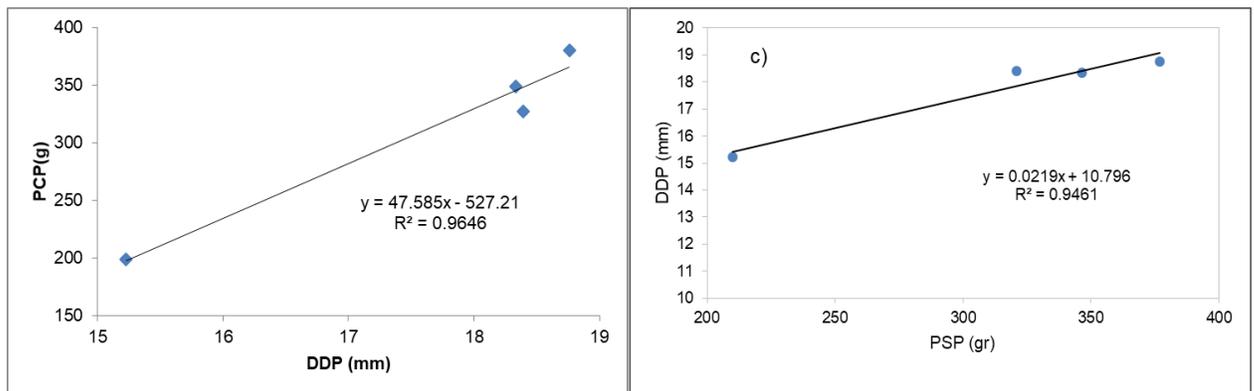


Figura 13. Correlaciones para color 2 entre Diámetro De Pedúnculo con Peso Con Pedúnculo Y Peso Sin Pedúnculo para un rango limitado.

El pH es una variable importante para una posible identificación de la naturaleza de los compuestos químicos

En Figura 14, d) y e), muestra un negativo perfecto de -0.9731 R^2 , donde demuestra la relación que existe entre peso con pedúnculo y sin pedúnculo en la cual nos indica que a mayor peso el pH disminuye, dependiendo del color y grado de madurez.

En Figura 14. Se muestra en f) y g), un diagrama de dispersión con su coeficiente de correlación, negativo medio de $R^2=0.8647$ y $R^2=0.8225$, lo que indica que el Diámetro Polar (DP) y el grosor de mesocarpio (GME), son poco dependientes del pH.

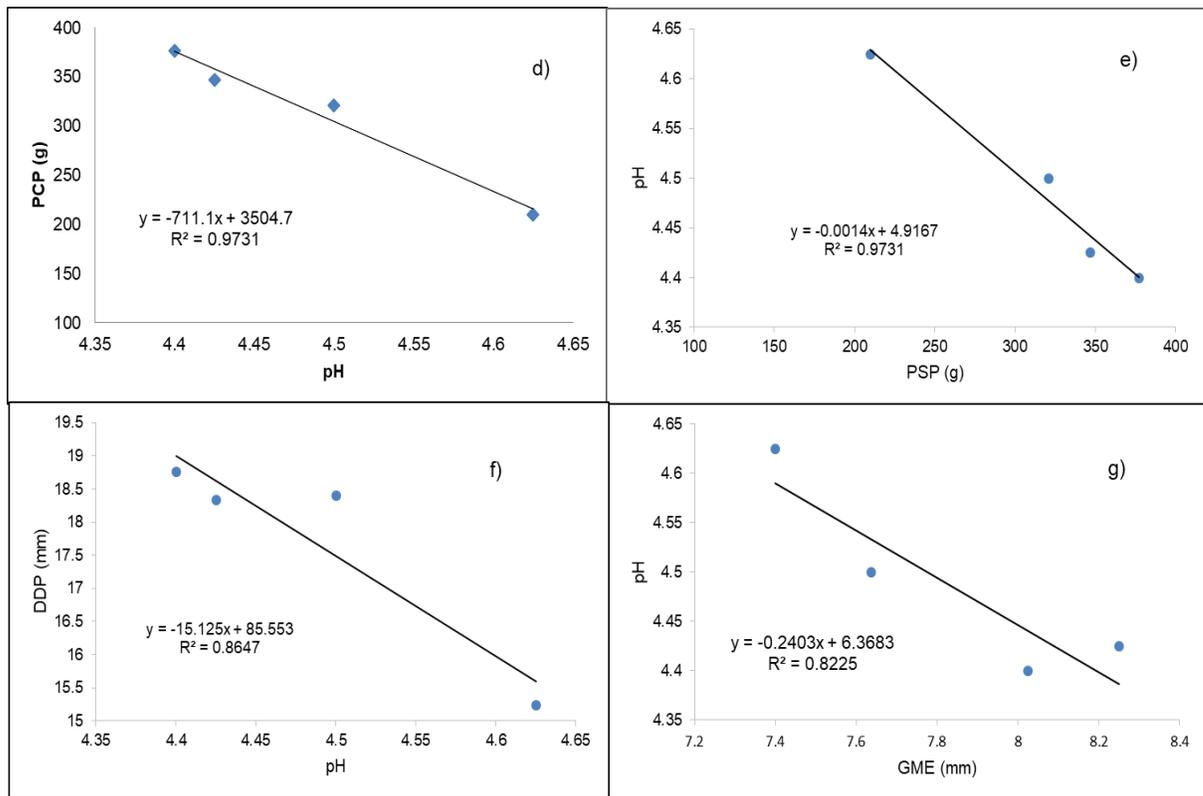


Figura 14. Variables PCP, PSP, DDP, GME en función de pH para un rango limitado.

En los datos de correlación se encuentra SST entre Peso Con Pedúnculo (PCP) de $R^2=0.82$, Diámetro Polar (DP) de $R^2=0.87$ y Peso Sin Pedúnculo (PSP) de $R^2=0.83$ (cuadro 12, Figura 15). La relación entre estas variables es negativo medio, que indica que a medida que el Peso Con Pedúnculo, Diámetro Polar y el Peso Sin Pedúnculo aumentan, los SST disminuyen ligeramente en los frutos, son medianamente dependientes de SST.

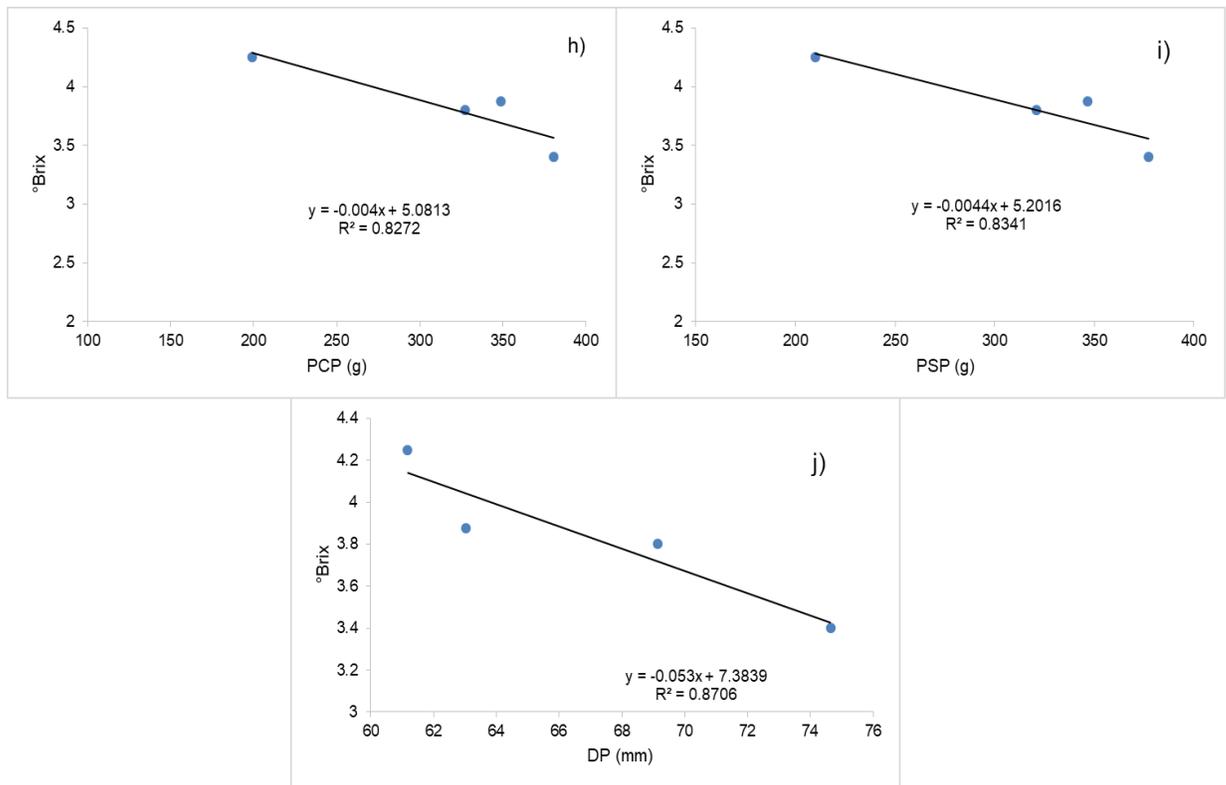


Figura 15. Variables °Brix en función de PCP, DP y PSP en color 2.

Se encuentra una relación positivo aceptable, entre número de Lóculos y Firmeza con una correlación de $R^2=0.89$, que indica que tienen relación positiva, es decir ambas crecen a la par en relación a los datos analizados por diagramas de dispersión. Cabe mencionar que la relación entre ambos es favorecida de acuerdo a los objetivos planteados, ya que es un parámetro de calidad. Figura 16. K).

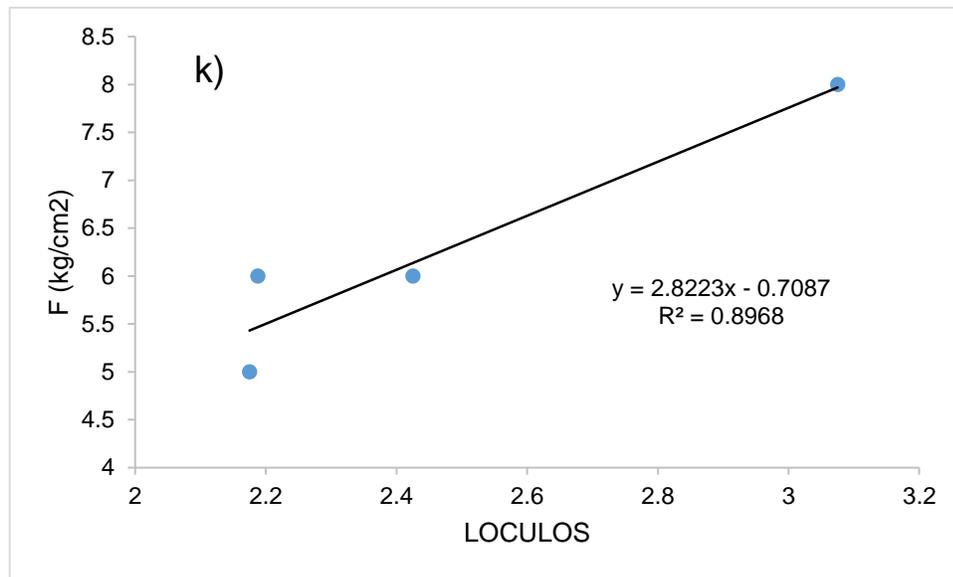


Figura 16. Diagrama de dispersión con sus coeficientes de correlación asociados a color 2 en relación a Firmeza entre Lóculos.

Cuadro 10. Matriz de correlación (R) de valores promedio para color 2

| Variable | PCP | DP | DE | PSP | DDP | F | GME | pH | °BRIX | Lóculos |
|----------|---------------|---------------|--------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------|--------|---------|
| DP | 0.730 | | | | | | | | | |
| | 0.270 | | | | | | | | | |
| DE | 0.651 | 0.993 | | | | | | | | |
| | 0.349 | 0.007 | | | | | | | | |
| PSP | 0.999 | 0.727 | 0.650 | | | | | | | |
| | 0.001 | 0.273 | 0.350 | | | | | | | |
| DDP | 0.982 | 0.711 | 0.626 | 0.973 | | | | | | |
| | 0.018 | 0.289 | 0.374 | 0.027 | | | | | | |
| F | 0.314 | 0.693 | 0.746 | 0.342 | 0.178 | | | | | |
| | 0.686 | 0.307 | 0.254 | 0.658 | 0.822 | | | | | |
| GME | 0.817 | 0.274 | 0.188 | 0.833 | 0.745 | 0.156 | | | | |
| | 0.183 | 0.726 | 0.812 | 0.167 | 0.255 | 0.844 | | | | |
| pH | -0.979 | -0.644 | -0.566 | -0.986 | -0.929 | -0.353 | -0.907 | | | |
| | 0.021 | 0.356 | 0.434 | 0.014 | 0.070 | 0.647 | 0.093 | | | |
| °Brix | -0.909 | -0.933 | -0.896 | -0.913 | -0.865 | -0.641 | -0.601 | 0.873 | | |
| | 0.090 | 0.067 | 0.104 | 0.087 | 0.135 | 0.359 | 0.399 | 0.127 | | |
| Locu | 0.399 | 0.569 | 0.601 | 0.434 | 0.234 | 0.947 | 0.406 | -0.492 | -0.632 | |
| | 0.601 | 0.431 | 0.399 | 0.566 | 0.766 | 0.053 | 0.594 | 0.508 | 0.368 | |
| Licopeno | -0.784 | -0.598 | -0.514 | -0.755 | -0.886 | 0.140 | -0.418 | 0.656 | 0.646 | 0.181 |
| | 0.216 | 0.402 | 0.486 | 0.245 | 0.114 | 0.860 | 0.582 | 0.344 | 0.354 | 0.819 |

**Descripción de las siguientes variables. DP: Diámetro Polar, DE: Diámetro Ecuatorial, PSP: Peso Sin Pedúnculo, DDP: Diámetro De Pedúnculo, F: Firmeza, GME: Grosor de Mesocarpio, pH, °Brix, LOCU: Lóculos, Licopeno.

4.10 Análisis de correlaciones para color 3

En los datos de correlación en cuanto a color 3 se encuentra una correlación entre Diámetro Ecuatorial y Diámetro Polar con 0.904, lo que nos indica que se encuentra una significancia favorable entre ambas variables de positivo aceptable de acuerdo al resultado de correlación. Cabe destacar que los resultados se expresan con similitud al color 2, indicando que el color no es un parámetro de cambio.

En cuanto a Peso Sin Pedúnculo (PSP) y Peso Con Pedúnculo (PCP) además se muestran las ecuaciones de regresión generadas y su correspondiente R, que indica que hay una correlación positiva entre las variables. Se muestra similitud entre ambos, al igual que en color 2 son de gran similitud así mismo nos indica que en relación a color van relacionados, así mismo nos menciona que el fruto puede estar con pedúnculo o sin el para su vida de anaquel, sin que sufra algún daño biológico, es decir guardan las mismas características de almacenamiento y larga vida de anaquel.

En cuanto a Diámetro De Pedúnculo existe una correlación con Peso Con Pedúnculo, además se muestran las ecuaciones de regresión generadas y su correspondiente R, que indica que se encuentra una relación aceptable con las variables a medida que crecen de igual manera, formando frutos redondeados y con buena estructura de esta manera se puede considerar que los frutos son de calidad y extra firmes

Se muestran las ecuaciones de regresión obtenidas mediante el análisis de regresión junto con su correspondiente R, además, nos indica la correlación de número de lóculos con el Grosor de Mesocarpio, lo que nos quiere decir que se encuentra una diferencia significativa entre ambas variables, es decir favorece la relación entre las mismas a medida que crecen de igual manera, el número de lóculos con el grosor de mesocarpio. Esto se constata con las ecuaciones exponenciales obtenidas y sus correspondientes R que para todos los casos fue mayor que 0.924. De acuerdo a la descripción de las líneas utilizadas para este trabajo muestra que es una característica de las Líneas TSAN donde hace mención con el número de lóculos

que está relacionado con la firmeza puesto que entre mayor número de lóculos las cavidades de almacenamiento de líquido gelatinoso es menor, lo que hace frutos extra firmes.

De acuerdo al diagrama de dispersión que muestra la relación entre el contenido de Licopeno y Peso con Pedúnculo, Diámetro De Pedúnculo, además se muestran las ecuaciones de regresión generadas y su correspondiente R. La similitud mostrada entre las curvas de crecimiento entre Peso y Diámetro se debe a que están correlacionadas con el licopeno, utilizando las ecuaciones de regresión generadas al R^2 que fueron mayores con 0.836 y 0.9828 indicando que es un negativo perfecto de acuerdo al análisis de correlación, indicando que a mayor aumento de Peso y Diámetro el contenido de Licopeno disminuye ligeramente. Cabe hacer mención que el licopeno se encuentra en el color rojo fuerte, y para este experimento se utilizó color 2 (verde claro) y color 3(rosado). (Figura 17, l) y Cuadro 11). Por lo que se puede interpretar de acuerdo a los resultados que a mayor avance de color (5 y 6) y material genético del fruto maduro, el contenido de licopeno deberá ser más alto.

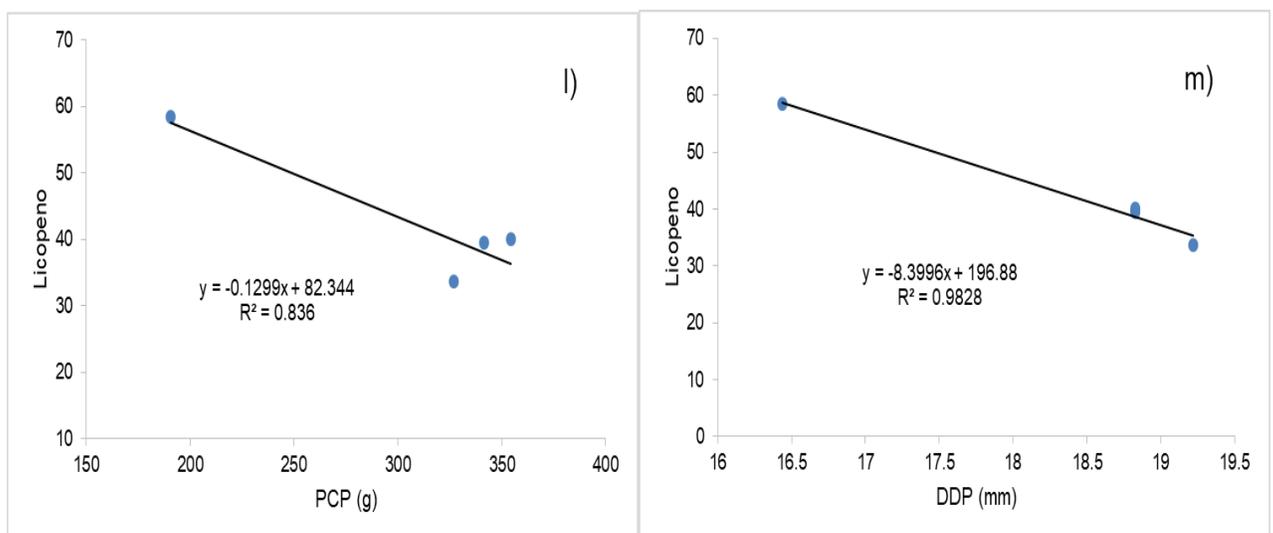


Figura 17. Diagrama de dispersión que muestra la relación de correlación de color 3 en cuanto a licopeno con PCP, DDP.

Cuadro 11. Matriz de correlación (R) de valores promedio para color 3.

| Variable | PCP | DP | DE | PSP | DDP | F | GME | Ph | °Brix | Lóculos |
|----------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|----------------|----------------|
| DP | 0.407 0.593 | | | | | | | | | |
| DE | 0.703 0.297 | 0.904** 0.096 | | | | | | | | |
| PSP | 0.999 0.001 | 0.380 0.620 | 0.687 0.313 | | | | | | | |
| DDP | 0.959 0.041 | 0.525 0.475 | 0.721 0.279 | 0.949 0.051 | | | | | | |
| F | 0.234 0.766 | 0.171 0.829 | 0.434 0.566 | 0.252 0.748 | 0.004 0.996 | | | | | |
| GME | 0.231 0.769 | -0.603 0.397 | -0.221 0.779 | 0.267 0.733 | -0.035 0.965 | 0.574 0.426 | | | | |
| pH | 0.646 0.354 | 0.559 0.441 | 0.520 0.480 | 0.621 0.379 | 0.834 0.166 | -0.492 0.508 | -0.514 0.486 | | | |
| °Brix | -0.875 0.125 | -0.789 0.211 | -0.957 0.043 | -0.863 0.137 | -0.887 0.113 | -0.338 0.662 | 0.101 0.899 | -0.652 0.348 | | |
| Locu | 0.145 0.855 | -0.385 0.615 | -0.037 0.963 | 0.177 0.823 | -0.140 0.860 | 0.829 0.171 | 0.924 0.076 | -0.660 0.340 | 0.020 0.980 | |
| Licopeno | -0.914 0.086 | -0.574 0.426 | -0.717 0.283 | -0.900 0.100 | -0.991 0.009 | 0.096 0.904 | 0.162 0.838 | -0.897 0.103 | 0.872 0.128 | 0.268 0.732 |

**Descripción de las siguientes variables. DP: Diámetro Polar, DE: Diámetro Ecuatorial, PSP: Peso Sin Pedúnculo, DDP: Diámetro De Pedúnculo, F: Firmeza, GME: Grosor de Mesocarpio, pH, °Brix, LOCU: Loculos, Licopeno.

V. CONCLUSIONES

Las Líneas avanzadas TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI; TSAN-10001SV; y TSAN-10003 SVI presentaron estadísticamente valores promedio similares de peso más altos que el del Testigo Comercial.

En firmeza la línea TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI, presento el mayor valor promedio superando al Testigo Comercial, además esta línea presento formas circulares normales en los frutos de tomate.

Las líneas avanzadas TSAN- 04-SI-SV-7-3-1-SI y TSAN-10001 SV presentaron similar contenido de licopeno menor que el del Testigo Comercial CAIMAN que presento el contenido más alto del mismo.

En general los parámetros de calidad y bioactividad evaluados en las líneas avanzadas extra firmes de tomate TSAN, presentaron atributos de calidad elevados para el mercado y comercialización en tomate para consumo en fresco.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adalid A. M., Rosellos., Nuez. F. 2010 Evaluation and selection of tomato accession (Solanum lycopersico) of content of lycopene, b-carotene and ascorbit acid. Journal of food composition and Analisis. En prensa.
- Ambientación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-Barcelona-México. 209 p.
- Britton, G. (1995). Structure and properties of carotenoids in to fuction. FASEB Journal, 9 (15), 1551-1558.
- Britton, G., Liaaen- Jensen S. y Pfander, H. (Eds.)(1995). Carotenoids. Volumen 1B: Spectroscopy. Stamfli; Basel, Boston, Berlin. ISBN 3-7643-2909-2.
- Canwell, M., Stoddard, M, Le Stranger, and B. Aegert. 2007. Report to the California tomato comisión. Tomato variety trials: posthaverst evaluation for 2006 posth. UCCE Fresh merket Tomato Variety Trial 2006 Postha vest Evaluation. UC, Davis Ca. USA. 16 p.
- Chamarro, J. 1987 anatomia y fisiología de la planta. El cultivo de tomate. Ediciones mundi-prensa mexicana S.A. de C.V.
- Clinton, S.K. (1998). Lycopene: chemistry, biology and implications for human heath and disease, Nutrition Reviews 56 82): 35-51.
- Cook, R. 2007. El mercado dinámico de la producción de tomate fresco en el área del TLCAN. Departamento de Agricultura y Recursos Económicos. Universidad de California, Davis.
- FAO, 2005. Food and Agriculture Organization. Statis-tics Division. Datos agrícolas de FAOSTAT. Retrieved March 9, 2005 from the World Wide Web: [htt://www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org)
- González-Céspedes, A.; Salas-Sanjuán, M. del C.; Urrestarazu-Gavilán, M. 2004. Producción y calidad en el cultivo de tomate cherry, pp. 703-747. In: Tratado

- de Cultivos sin Suelo. URRESTARAZU-GAVILÁN, M. (ed.). Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Jasso de Rodríguez D.(2017) Antioxidant, anti-inflammatory and opoptotic efeccts of *Flourensia microphylla* on HT-29 colon cells. Industrial cropos and products.
- Llanos saus M.(2007) evoluvion de los parámetros físicos y químicos del fruto (Tesis Doctoral) Universidad de castilla la mancha.
- Matallana G., A. y Montero C., J. I. 2001. Invernaderos. Diseño, Construcción y
- Nguyen, M.L. y Schwartz, S.J. (1999). Licopense: chemical and biological properlies, *food Technology*, 53:38-45.
- Nunhems, 2009.Tomates IntenseMR– Un suceso histórico sorprendente.
<Http://www.intensetomatoes.com/newsmmessage3.html>. Fecha de acceso: 015 de Noviembre del 2009.
- Periago, M.J. Bravo, S., García- Alonso, F.J. y Rincón, F. (2013). Bioactive compounds, folates and antioxidant properties of tomatoes (*Lycopersicum esculentum*) during vine ripening- *international journal of food science and Nutrition*, 60(8),694-708.
- Periago, M.J. Martínez- Valverde., Ros, G., Martínez, C. y López, G. (2001).
 Propiedades químicas, biológicas y valor nutritivo del licopeno, (Murcia) 17:51-66.
- Primo Yufera, E. (1998). *Química de los alimentos*. Madrid: editorial Sintesis.
- Salveit, M.E. Jr. 1993 internal carbón Dioxide and Ethylene Leveis in ripening Tomato Fruit Attached to or Deteched From the Plant, *Physiol. Plant.*, 89; 204-210,
- Sanchez L. Al. 2016. Registro de la Variedad SofiMely Extra Firme de Larga Vida de Anaquel de Tomate (*Solanum lycopersicum L.*) Tipo Beef. SNIC-SAGARPA.
- Sanchez L. Al. 2016. Registro de la Variedad Villa Narro Extra Firme de Larga Vida de Anaquel de Tomate (*Solanum lycopersicum L.*) Tipo Beef. SNIC-SAGARPA.
- USDA, 1991. Estándares de calidad para tomates frescos en los Estados Unidos. Departamento de Agricultura. Especificaciones consensuadas entre exportadores autorizados, con destinos a los mercados de Estados Unidos de Norteamérica y Canadá.

- USDA. FAS. 2015. GAIN Report Number MX5024. "Mexican Tomato Production Up Slightly". Global Agricultural Information Network, 6/8/2015
- Vásquez–Ortiz, R.; Carrillo–Rodríguez, J. C.; Ramírez–Vallejo, P. 2010. Evaluación morfo–agronómica de una muestra del jitomate nativo del centro y sureste de México. *Naturaleza y Desarrollo* 8: 49–64
- Yilmaz, E. 2001 The chemistry of fresh tomato flavor. *Turk. J. Agric. For.* 25: 149-155.

VII. APÉNDICE

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable Peso Con Pedúnculo.

```

Analysis of Variance Table

Response: Pesocp
          Df Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
Tratamientos  7 146144 20877.7 16.3268 3.44e-07 ***
Bloques       3  15600  5200.1  4.0666  0.02003 *
Residuals    21  26854  1278.7
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv
[1] 11.58436
    
```

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable Diámetro Polar

```

Analysis of Variance Table

Response: Dpolar
          Df Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
Tratamientos  7 1043.08 149.012  2.1413 0.08369 .
Bloques       3  184.89  61.630  0.8856 0.46462
Residuals    21 1461.37  69.589
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv
[1] 12.59455
    
```

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable Diámetro Ecuatorial

```

Analysis of Variance Table

Response: Decuatorial
          Df Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
Tratamientos  7  964.84 137.835  1.2385 0.3265
Bloques       3   98.68  32.893  0.2956 0.8282
Residuals    21 2337.07 111.289
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv
[1] 13.55742
    
```

Cuadro 15. . Análisis de varianza para la variable Peso Sin Pedúnculo.

```

Analysis of Variance Table

Response: Pesosp
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Tratamientos  7 138354 19764.9 14.1520 1.143e-06 ***
Bloques       3  17722  5907.4  4.2298  0.01735 *
Residuals    21  29329  1396.6
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
cv
[1] 12.23127
    
```

Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable Diámetro De Pedúnculo.

```

Analysis of Variance Table

Response: Dpedunculo
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Tratamientos  7  55.248  7.8926  3.2672 0.016505 *
Bloques       3  35.443 11.8142  4.8906 0.009863 **
Residuals    21  50.730  2.4157
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> cv
[1] 8.631899
    
```

Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable Firmeza.

```

Analysis of Variance Table

Response: Firmeza
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Tratamientos  7  6.9312  0.99017  8.4022 6.47e-05 ***
Bloques       3  0.1221  0.04070  0.3454  0.7928
Residuals    21  2.4748  0.11785
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
cv
[1] 13.9141
    
```

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable Grosor de Mesocarpio.

```

Analysis of Variance Table

Response: GrosorME
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamientos  7  7.0437  1.00624  1.7423 0.1532
Bloques       3  1.2709  0.42362  0.7335 0.5436
Residuals    21 12.1285  0.57755

cv
[1] 10.02222
    
```

Cuadro 19. . Análisis de varianza para la variable pH.

```

Analysis of Variance Table

Response: PH
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamientos  7 0.23719 0.033884  0.9374 0.4992
Bloques       3 0.08844 0.029479  0.8156 0.4996
Residuals    21 0.75906 0.036146

cv
[1] 4.251473
    
```

Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable °Brix.

```

Analysis of Variance Table

Response: Brix
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamientos  7 3.6422 0.52031  3.3297 0.01515 *
Bloques       3 0.6309 0.21031  1.3459 0.28646
Residuals    21 3.2816 0.15626

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

cv
[1] 10.19316
    
```

Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable N° de lóculos.

```

Analysis of Variance Table

Response: loculos
      Df  Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
Tratamientos  7 17.2188  2.45982  3.0109 0.02355 *
Bloques       3  1.5937  0.53125  0.6503 0.59157
Residuals    21 17.1562  0.81696
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv
[1] 13.97273
    
```

Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable Licopeno.

```

Analysis of Variance Table

Response: licopeno
      Df  Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
Tratamientos  7 2001.76 285.965  7.2060 0.0001886 ***
Bloques       3  764.88 254.959  6.4247 0.0029372 **
Residuals    21  833.37  39.684
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

cv
[1] 15.32249
    
```

Cuadro 23. pH del fruto.

| Tratamientos | Color | Variable |
|---------------------------|---------|-----------|
| | | pH |
| TSAN -10001 SV | Color3 | 4.47 a |
| | Color 2 | 4.42 a |
| TSAN -10003 SVI | Color 3 | 4.57 a |
| | Color 2 | 4.50 a |
| TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI | Color 3 | 4.42 a |
| | Color 2 | 4.40 a |
| TC. CAIMAN F ₁ | Color 3 | 4.35 a |
| | Color 2 | 4.62 a |
| CV (%) | | 4.251473 |
| Tukey(HSD) | | 0.4509163 |

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey a ($p \leq 0.05$).

Cuadro 24. . Grosor de mesocarpio (ME)

| Tratamientos | Color | Variable |
|---------------------------|---------|--------------|
| | | Grosor de ME |
| TSAN -10001 SV | Color3 | 7.80 a |
| | Color 2 | 8.25 a |
| TSAN -10003 SVI | Color 3 | 6.62 a |
| | Color 2 | 7.63 a |
| TSAN-04-SI-SV-7-3-1-SI | Color 3 | 7.67 a |
| | Color 2 | 8.02 a |
| TC. CAIMAN F ₁ | Color 3 | 7.25 a |
| | Color 2 | 7.40 a |
| CV (%) | | 10.02222 |
| Tukey(HSD) | | 1.802441 |

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey a ($p \leq 0.05$).