

**ESTUDIO DEL CRECIMIENTO DE LA PLANTA Y DEL FRUTO DE TRES
HÍBRIDOS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN TIEMPO FISIOLÓGICO,
BAJO CUBIERTA PLÁSTICA**

GUSTAVO HERNÁN ARDILA ROA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA
BOGOTÁ D.C., 2011**

**ESTUDIO DEL CRECIMIENTO DE LA PLANTA Y DEL FRUTO DE TRES
HÍBRIDOS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN TIEMPO FISIOLÓGICO,
BAJO CUBIERTA PLÁSTICA**

**GUSTAVO HERNÁN ARDILA ROA
CÓDIGO 793035**

Trabajo final presentado para optar al título de Especialista en Horticultura

**GERHARD FISCHER
Profesor Asociado Ph.D.
Director del trabajo**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA
BOGOTA D.C., 2011**

“El presidente del trabajo final y el consejo examinador no serán responsables de las ideas emitidas por el autor”

(Artículo 218 de los Estatutos de la Universidad Nacional de Colombia)

Nota de Aceptación

Director

DEDICATORIA

A Dios por brindarme oportunidades y posibilidades que han hecho posible continuar con mi formación académica.

A mi madre Mery por sus enseñanzas, esfuerzos y sacrificios.

A mi esposa Rosa Inés por su voz de aliento y apoyo en los momentos difíciles.

A mis hijos Alejandro y Juan Esteban, a quienes amo, admiro y respeto profundamente.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a las personas que gracias a su decidida colaboración y apoyo hicieron posible la realización de este trabajo.

Al profesor GERHARD FISCHER Ph.D., por la dirección del trabajo.

Al Ingeniero Agrícola (c) Ph.D., Javier Álvarez Herrera y al Ingeniero Agrónomo (c) M.Sc., Helber Enrique Balaguera López, por la colaboración y apoyo en la parte estadística.

A Luz Mary Valcárcel M., por su invaluable colaboración y ayuda.

A la Universidad Nacional de Colombia.

Y a todas las personas que de una u otra forma hicieron posible el desarrollo de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
3. OBJETIVOS	16
3.1 OBJETIVO GENERAL	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4. JUSTIFICACIÓN	17
5. REVISIÓN DE LITERATURA	18
5.1 EL CULTIVO DEL TOMATE	18
5.1.1 Morfología	18
5.1.2 Híbridos	19
5.1.2.1 Híbrido Beverly RZ	21
5.1.2.2 Híbrido SVR 565	21
5.1.2.3 Híbrido Franco	22
5.1.3 Fenología del cultivo	22
5.2 CRECIMIENTO	23
5.3 ANALISIS DE CRECIMIENTO	23
5.4 RELACION FUENTE VERTEDERO	24
5.5 GRADOS DIA DE CRECIMIENTO	26
6. MATERIALES Y MÉTODOS	28
6.1 UBICACIÓN	28
6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	28
6.3 MÉTODOS	28
6.4 SISTEMA DE VARIABLES	29
6.5 METODOS ESTADÍSTICOS	31
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
7.1 CRECIMIENTO DE LA PLANTA	32
7.1.1 Altura de planta	32
7.1.2 Tasa absoluta de crecimiento con base en la altura	34
7.1.3 Tasa relativa de crecimiento con base en la altura	35
7.1.4 Masa seca de hojas	37
7.1.5 Tasa absoluta de crecimiento de la masa seca de hojas	38
7.1.6 Tasa relativa de crecimiento de la masa seca de hojas	39
7.1.7 Masa seca tallo	40
7.1.8 Tasa absoluta de crecimiento de la masa seca de tallo	41
7.1.9 Tasa relativa de crecimiento de la masa seca de tallo	42
7.1.10 Número de hojas/planta vs. número de racimos/planta	43

7.1.11 Número de frutos/racimo vs. número de racimos/planta	45
7.2 CRECIMIENTO FRUTO	47
7.2.1 Diámetro del fruto	47
7.2.3 Tasa absoluta de crecimiento del fruto	51
7.2.4 Tasa relativa de crecimiento del fruto	54
7.3 PRODUCCIÓN	55
8. CONCLUSIONES	58
9. RECOMENDACIONES	60
10. BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS	68

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Comportamiento de la altura de planta de tres híbridos de tomate	33
Figura 2. Comportamiento de la tasa absoluta de crecimiento de la altura	35
Figura 3. Comportamiento de la tasa relativa de crecimiento	36
Figura 4. Comportamiento de la masa seca de hojas	38
Figura 5. Comportamiento de la tasa absoluta de crecimiento de hojas	39
Figura 6. Comportamiento de la tasa relativa de crecimiento de hojas	40
Figura 7. Comportamiento de la masa seca de tallo	41
Figura 8. Comportamiento de la tasa absoluta de crecimiento de tallo	42
Figura 9. Comportamiento de la tasa relativa de crecimiento de tallo	43
Figura 10. Relación entre el número de racimos/planta y el número de hojas/planta	44
Figura 11. Relación entre el número de racimos/planta y el número de frutos/racimo	46
Figura 12. Comportamiento del diámetro de fruto de tres híbridos	48
Figura 13. Comportamiento del diámetro del fruto afectado por la ubicación del fruto	50
Figura 14. Comportamiento de la TAC del fruto de tres híbridos	52
Figura 15. Comportamiento de la TAC afectada por la ubicación del fruto	53
Figura 16. Comportamiento de la TRC del fruto de tres híbridos	54
Figura 17. Comportamiento de la TRC del fruto afectado por la ubicación del fruto	55
Figura 18. Producción por calidades comerciales de diferentes híbridos de tomate	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los parámetros de crecimiento que se midieron	30
Tabla 2. Clasificación de los frutos de tomate de acuerdo al calibre	30
Tabla 3. Ecuaciones del modelo logístico de los parámetros evaluados	34

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Comportamiento de la temperatura mínima, máxima y promedio durante todo el estudio	69
Anexo B. Ubicación del fruto dentro del primer racimo para evaluar el crecimiento del mismo	70
Anexo C. Equivalencia entre días después del trasplante (DDT) y acumulación de grados día calor (GDC)	71
Anexo D. Plantas de tomate de los tres híbridos evaluados a los 90 días después de trasplante	72
Anexo E. Distribución de las hojas en una planta de tomate de crecimiento indeterminado	73
Anexo F. Primer racimo de tomate de los tres híbridos evaluados a los 135 días después de trasplante	74

RESUMEN

El tomate es la hortaliza con mayor área cultivada y mayor consumo en el mundo. Mediante un análisis funcional de crecimiento es posible establecer el patrón de crecimiento de las plantas de tomate y de los frutos, así como determinar la velocidad y dinámica de este crecimiento. Se desconoce el crecimiento de plantas y de fruto y la producción de los híbridos de tomate Beverly, Franco y SVR. El objetivo fue realizar el estudio del crecimiento de la planta y del fruto de tres híbridos de tomate larga vida en tiempo fisiológico, bajo cubierta plástica en San Antonio del Tequendama, Cundinamarca. Para el estudio del crecimiento de la planta se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 3 tratamientos correspondientes a los 3 híbridos. Para el crecimiento del fruto se utilizó un diseño en bloques al azar con 3 bloques, los bloques correspondieron al híbrido de tomate, cada bloque tuvo 4 repeticiones, compuesta c/u por 1 planta, y dentro de cada bloque se distribuyeron al azar 6 tratamientos correspondientes a la ubicación del fruto en el primer racimo. En la planta se hicieron muestreos quincenales desde el momento del transplante hasta el despunte en el racimo número 12, en los frutos las mediciones se realizaron cada 15 días desde la formación del primer fruto.

El crecimiento de la planta y del fruto se ajustó a un modelo logístico. El híbrido Franco se caracterizó por presentar plantas con mayor altura, masa seca de hojas y de tallo, mientras que los híbridos Beverly y SVR fueron muy similares. El híbrido Franco presentó frutos con un diámetro mayor, seguido del híbrido Beverly. La posición del fruto en el primer racimo tuvo un comportamiento diferencial e inverso, siendo el fruto 1 el de mayor tamaño y el fruto 6 el más pequeño. SVR tuvo un buen comportamiento en la producción y aunque no tuvo alta cantidad de extra, se caracterizó por una gran producción de calidad primera y segunda, mientras que el Franco presentó los frutos de mayor tamaño pero una menor producción que SVR. Beverly tuvo la menor producción y menor calibre de frutos.

Palabras clave: híbridos Beverly, Franco y SVR, tasas de crecimiento, producción.

ABSTRACT

The tomato is the vegetable with the most production area and highest consumption in the world. Through a functional analysis of growth is possible to establish the pattern of growth of tomato plants and fruits, as well as to determine the speed and dynamics of this growth. The plant growth and fruit and production of tomato hybrids Beverly, Franco and SVR are not known. The objective was to realize a study of plant and fruit growth and the fruit quality of three long-life tomato hybrids in physiological time, under plastic cover in San Antonio del Tequendama, Cundinamarca. For the growth study a completely randomized design was used with three treatments corresponding to the three hybrids. For fruit growth a randomized block design was used with three blocks, the blocks corresponded to hybrid tomatoes, each block had four repetitions, and each repetition was composed by a plant, and within each block was randomly assigned 6 treatments corresponding to the location of the fruit in the first cluster. Samples were taken fortnightly from the moment of transplant until the pruning in the cluster number 12. From the fruits the measurements were taken every 15 days since the formation of the first fruit.

The growth of the plant and the fruit was adjusted to a logistic model. The Franco hybrid was characterized by greater plant height, dry mass of leaves and stem, while Beverly and SVR hybrids were very similar. The Franco hybrid presented the fruit with a larger diameter, followed by Beverly hybrid. The position of the fruit in the first cluster had a differential and opposite behaviour, being the fruit number 1 the largest and number 6 the smallest fruit. SVR hybrid had a high yield not in the extra class, but with a high production of the first and second quality, while Franco presented the fruits with greatest size, but with a lower production than SVR. Beverly had the lowest yields and smaller size of fruits.

Keywords: Beverly, Franco and SVR hybrid, growth rates, production.

INTRODUCCION

El tomate de mesa es la hortaliza con mayor área cultivada y mayor consumo en el país y en el mundo. Además es un cultivo de gran relevancia social (Radin, 2002). Los principales departamentos productores de tomate en el país son Cundinamarca, los Santanderes, Huila, Antioquia, Boyacá y Valle (Acuerdo de Competitividad de la Cadena de Hortaliza, 2006). En el municipio de San Antonio del Tequendama y su alrededores se están introduciendo nuevos híbridos de tomate larga vida como el Beverly, Franco y SVR, materiales de los cuales se desconoce su comportamiento fisiológico en dicha zona, que permitan tener mayor información con respecto al crecimiento y producción.

El análisis de crecimiento es una aproximación cuantitativa para entender el crecimiento de una planta o de una población de plantas bajo condiciones ambientales naturales o controladas (Clavijo, 1989). Mediante un análisis funcional de crecimiento es posible establecer el patrón de crecimiento de las plantas de tomate y de los frutos, así como determinar la velocidad y dinámica de este crecimiento. Según Rodríguez (2005), el crecimiento durante un intervalo de tiempo puede ser calculado por simple sustracción. Sin embargo, a partir de las medidas de materia seca en intervalos de tiempo definidos es posible determinar tasas que explican la dinámica del crecimiento en frutos (Hunt, 1990). La medición de eventos puede ser mejorada si se expresan las unidades de desarrollo en términos de tiempo fisiológico en lugar de tiempo cronológico, por ejemplo en términos de acumulación de temperatura. Es así como surge el término de días grado o Grados Día (GD) que puede ser definido como días en términos de grado sobre una temperatura umbral (Arnold, 1959).

Con este estudio se generó un criterio científico sobre el crecimiento de planta y de frutos y la producción en tiempo fisiológico de los híbridos de tomate larga vida Beverly, Franco y SVR cultivados bajo cubierta plástica en el municipio de San Antonio del Tenquendama, lo cual permitirá tener un criterio técnico sobre parte de la fisiología de estos híbridos, situación que facilitará la toma acertada de decisiones en este sistema de cultivo.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El tomate es una especie que posee gran diversidad de genotipos, esto indica variantes en los componentes fisiológicos, los cuales determinan en gran parte la eficiencia biológica y de productividad, así como las prácticas de manejo agronómico apropiadas para mejorar el desempeño del cultivo. En el municipio de San Antonio del Tequendama y su alrededores se están introduciendo nuevos híbridos de tomate larga vida como el Beverly, Franco y SVR, materiales de los cuales se desconoce su comportamiento fisiológico en dicha zona, que permitan tener mayor información con respecto al crecimiento y producción, que a su vez permiten ajustar los componentes del manejo agronómico del cultivo, de tal manera que puedan expresar todo su potencial genético.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio del crecimiento de la planta y del fruto de tres híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) larga vida en tiempo fisiológico, bajo cubierta plástica

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer el crecimiento de las plantas de los híbridos de tomate larga vida Beverly, Franco y SVR en tiempo fisiológico.
- Determinar el crecimiento de frutos de los híbridos tomate larga vida Beverly, Franco y SVR en tiempo fisiológico.
- Determinar el híbrido de tomate larga vida que genere mayor rendimiento y frutos de mayor calibre.

4. JUSTIFICACION

El tomate de mesa a nivel nacional e internacional es la hortaliza con mayor área cultivada y mayor consumo. En el año 2008, a nivel mundial se tenían sembradas 5.227.883 ha con una producción de 129.649.883 t (FAO, 2009), mientras que en nuestro país, para el 2008, el área cultivada fue de 14.855 ha con una producción de 455.693 t (Agronet, 2009). Este cultivo se está desarrollando cada día más bajo invernadero con el fin de independizarse de factores climáticos adversos y ejercer un mayor control sobre todos los procesos (Escobar y Lee, 2001). Además es un cultivo de gran relevancia social ya que se lleva a cabo con mano de obra familiar en pequeñas áreas (Radin, 2002).

En Colombia, el cultivo de tomate está ampliamente distribuido en todo el país, son 19 departamentos los productores de tomate, mas del 80% de la producción se concentra en los departamentos de Cundinamarca, los Santanderes, Huila, Antioquia, Boyacá, Tolima, Valle, Cesar y Nariño (Jaramillo, 2009).

Por tanto, el cultivo de tomate tiene una significativa importancia, que hace que las investigaciones en este cultivo tengan una gran relevancia entre todos los sectores que están involucrados en este sistema de producción. Del mismo, con esta investigación se generó un criterio científico sobre el crecimiento de planta y de frutos y la producción de los híbridos de tomate larga vida Beverly, Franco y SVR cultivados bajo cubierta plástica en el municipio de San Antonio del Tenquendama, lo cual permitirá a los técnicos y agricultores de la región tener un criterio sólido sobre parte de la fisiología de estos híbridos, situación que facilitará la toma acertada de decisiones en este sistema de cultivo.

5. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 EL CULTIVO DEL TOMATE

Tradicionalmente, el cultivo de tomate en Colombia se lleva a cabo en las zonas templadas y cálidas, especialmente entre los 0 y los 2000 msnm y a libre exposición. Las regiones donde mejor se ha adaptado el cultivo tradicional son las zonas de clima templado, también llamado “clima medio”, entre 1000 y 2000 msnm. En estas zonas la temperatura promedio varía entre 18 y 24 °C, lo cual es favorable para el desarrollo del cultivo. Sin embargo, el cultivo del tomate se está desarrollando cada día más bajo invernadero con el fin de independizarse de factores climáticos adversos y ejercer un mayor control sobre todo el proceso (Escobar y Lee, 2001).

5.1.1 Morfología

Según González y Montejo (2007), la planta cuenta con una raíz principal (corta y débil), con varias secundarias (numerosas y potentes); el tallo es un eje que tiene un grosor de 2 a 4 cm en su base, sobre él se van desarrollando las hojas, los tallos secundarios (ramificación simpodial) y las inflorescencias. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales; las hojas son compuestas, imparipinnadas y están conformadas por los folíolos peciolados, por cada rama de la planta se desarrollan entre 7 y 9 hojas, los cuales se disponen de forma alterna sobre el tallo; las flores regular e hipógina, posee aproximadamente cinco sépalos dependiendo de la variedad e igual número de pétalos de color amarillo; las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso generalmente, en cada eje se desarrollan de 3 a 10 flores según la variedad, la primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal, la flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, la cual se distingue por ser gruesa y por contar con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del córtex, las inflorescencias se desarrollan cada 2 ó 3 hojas en las axilas (Tanaka y Fujita, 1974).

El fruto es una baya que presenta diferente tamaño, forma, color, consistencia y composición, según el cultivo que se trate. Está constituido por la epidermis o piel, la pulpa, el tejido placentario y las semillas. Internamente los frutos están divididos en lóculos, que pueden ser bi, tri, tetra o pluriloculares. Frutos uniloculares son escasos y los frutos maduros pueden ser rojos, rosados o amarillos. En los lóculos se forman las semillas. La maduración del fruto puede ser uniforme, pero existen algunas variedades que presentan hombros verdes debido a un factor genético. La exposición directa de los rayos del sol sobre los frutos con hombros verdes acrecienta su color a un verde más intenso, y en algunos casos toman una coloración amarilla; el cubrimiento de los frutos con el follaje reduce este fenómeno. Es importante al momento de elegir una variedad determinar si el mercado acepta esta característica. El fruto del tomate está unido al pedúnculo por medio de una articulación en la que se encuentra un punto de abscisión. Algunas variedades no tienen este punto de abscisión por lo que son definidas como variedades tipo “*jointless*”, y se usan principalmente para procesamiento ya que se requiere que el fruto se separe fácilmente del cáliz (Jaramillo *et al.*, 2007).

5.1.2 Híbridos

La producción de tomate bajo invernadero se basa principalmente en la siembra de variedades híbridas; estas semillas son desarrolladas por mejoradores genéticos especialistas y vendidas por compañías comerciales. Las ventajas de las semillas híbridas son su muy alto vigor, buena uniformidad, alta producción y calidad y a algunas se les ha incorporado resistencia a enfermedades. El productor debe comprar semillas certificadas, producidas por compañías acreditadas y apropiadamente empacadas, y que en la etiqueta se incluya las características del material y las condiciones de almacenamiento de la semilla. Además, que hayan sido evaluadas con relación a su rendimiento y productividad en las condiciones agroecológicas donde se va a sembrar (Jaramillo *et al.*, 2007).

La elección de un híbrido o una variedad específica depende de las necesidades del productor, del comercializador y del consumidor. El material para sembrar será aquel que reúna todas las exigencias de cada agente de la cadena de producción. El productor selecciona un material de alto rendimiento, adaptado a sus condiciones agroecológicas, con

resistencia a enfermedades, considerando principalmente los antecedentes fitosanitarios, del suelo y del clima del área donde se cultivará, y con una vida poscosecha adecuada para resistir la manipulación y soportar el transporte a los centros de comercialización. Para los comercializadores y distribuidores de mercado, la apariencia, firmeza, comportamiento de maduración y la vida en estante son los factores más importantes. Por otra parte, los consumidores consideran de buena calidad un tomate firme, de color y maduración uniforme, de buen sabor y contenido nutricional, y posiblemente con una mayor larga vida en estante (Jaramillo *et al.*, 2007).

5.1.2.1 Híbrido Beverly RZ: es un tomate híbrido tipo milano, de crecimiento indeterminado, con excelentes características productivas para el mercado nacional e internacional. Presenta un ciclo de vida total de 200 días después de la siembra, el inicio de cosecha seda entre los 75 a 85 días después del trasplante, la duración de la cosecha puede variar entre 3 y 4 meses dependiendo del manejo. Los frutos pueden alcanzar un peso entre 170-190g, este híbrido se adapta a zonas entre los 600-1900 msnm (Compañía Agroindustrial de Semillas, 2010).

Presenta plantas de entrenudos cortos, muy compactas que facilitan las labores culturales de mantenimiento y cosecha. Por su amplia gama de resistencias, **Beverly RZ**, es un tomate que garantiza una producción continua a lo largo de todo su ciclo productivo. Gracias a su pureza genética, los frutos de **Beverly RZ**, son muy uniformes, de excelente coloración, maduración y firmeza, lo cual lo convierten en una alternativa muy atractiva para el mercado nacional y de exportación. Los frutos de **Beverly RZ**, poseen una duración post-cosecha de 25-30 días (a 14°C), por lo que son aptos para el transporte prolongado y exhibición en góndola (Compañía Agroindustrial de Semillas, 2010).

Tiene resistencia a *ToMV*, *TSWV*, *Verticillium alboatrum*, *Fusarium oxysporum f.sp. Lycopersici* (0,1), *Fusarium oxysporum f.sp. radialis lycopersici*, *Meloidogyne incognita* (Nemátodos), *Cladosporium fulvum* (1-5) y *Stemphylium botryosum f. sp. Lycopersici* (Compañía Agroindustrial de Semillas, 2010).

5.1.2.2 Híbrido SVR 565: es un híbrido de tomate larga vida tipo milano de crecimiento indeterminado que se adapta de los 1800 a 2650 msnm. Presenta tallos con entrenudos medianamente cortos, altura de planta de 2,3 m para obtener 8 racimos y poda del eje principal dejando 5 hojas por encima del 8 racimo. Sus hojas son Compuestas, imparipinadas, con folíolos peciolados. Se recomienda primera poda de hojas cuando se este iniciando el cuaje del segundo racimo. Una vez cosechado cada racimo se podan las hojas del mismo, dejando dos hojas por debajo del siguiente.

Florece a partir del día 45 en adelante. Sus flores son perfectas con cinco o más sépalos de igual número de pétalos de color amarillo, las inflorescencias se presentan cada tres hojas por su abundante floración y cuaje, se recomienda podar racimos dejando solo 6 frutos cuajados para asegurar calibre. El ciclo de vida oscila entre 125 a 210 días según subregión natural. El fruto es una baya redonda de color rojo oscuro brillante con buen calibre que oscila entre 160 a 210 g por fruto precoz de excelente sabor, buena firmeza y alta productividad. Sus frutos presentan un cierre pistilar bueno, con un 10% de su población con cierre un poco abierto, su formato es semi achatado y ligeramente acostillado. Bajo condiciones óptimas de manejo el rendimiento comercial es de 90 t·ha⁻¹ en adelante. Cosecha a 8 racimos. Para 12 racimos cosechados se encuentran rendimientos promedio de 8 kg/planta. Un gramo de semilla de este material tiene aproximadamente 330 semillas.

SVR presenta resistencia y/o tolerancia a *Verticilium wilt*, *Verticilium dahliae*. Marchitez por *Verticilium*, *Fusarium* 1. *Fusarium oxysporum* f.sp. lycopersici raza 1, *Fusarium* 2. *Fusarium oxysporum* f.sp. lycopersici raza 2, *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici. Podredumbre de las raíces por *Fusarium*, Virus del mosaico del tabaco, *Oidium* y Peste negra (Semillas Arroyave, 2010).

5.1.2.3 Híbrido Franco: Tomate larga vida de crecimiento indeterminado, que se adapta muy bien en zonas de los 800 a 2200 msnm. Considerando manejo a un solo eje, sus tallos son vigorosos gruesos, con entrenudos largos, altura de planta de 2,20 m para obtener 8 racimos y poda del eje principal dejando 5 hojas por encima del 8 racimo. Planta abierta, pero vigorosa. Compuestas, imparipinadas, con folíolos peciolados, Se recomienda primera

poda de hojas cuando este iniciando el cuaje del segundo racimo. Una vez cosechado cada racimo se podan las hojas del mismo, dejando dos hojas por debajo del siguiente.

Florece a partir del día 75 en adelante. Sus flores son perfectas con cinco o más sépalos de igual número de pétalos de color amarillo, las inflorescencias se presentan cada tres hojas por su abundante floración y cuaje, se recomienda podar racimos dejando no mas 6 frutos cuajados para asegurar calibre. Sigue cuajando hasta muy avanzado el cultivo. Entre 125 a 150 días según subregión natural. El fruto es una baya redonda de color rojo intenso, de muy buen sabor con calibre que oscila entre 200 a 220 g por fruto. Buena duración en la planta, cosecha flexible, gran precocidad y productividad en periodos fríos. Bajo condiciones óptimas de manejo: 120 t·ha⁻¹ en adelante. Un gramo de semilla de este material tiene aproximadamente 330 semillas

Este híbrido presenta resistencia y/o tolerancia a las siguientes enfermedades: *Verticilium wilt*, *Verticilium dahliae*, Marchitez por *Verticilium*, Fusarium 1. *Fusarium oxysporum* f.sp. lycopersici raza 1, Fusarium 2. *Fusarium oxysporum* f.sp. lycopersici raza 2, Nematodos (*Meloidogyne incognita*), Virus del Moteado del Tomate, Virus del Encrespamiento Amarillo del Tomate (Semillas Arroyave, 2010).

5.1.3 Fenología del cultivo

Según Jaramillo *et al.* (2007), la duración del ciclo del cultivo de tomate está determinada por las condiciones climáticas de la zona en la cual se establece el cultivo, el suelo, el manejo agronómico que se dé a la planta, el número de racimos que se van a dejar por planta y la variedad utilizada.

El desarrollo del cultivo comprende dos fases: una vegetativa y otra reproductiva. La fase vegetativa se inicia desde la siembra en semillero, seguida de la germinación, la emergencia y el trasplante a campo, el cual se realiza con un promedio de tres a cuatro hojas verdaderas, entre 30 a 35 días después de la siembra y a partir del trasplante hasta el inicio o aparición del primer racimo floral. La fase reproductiva se inicia desde la formación del botón floral, que ocurre entre los 30 y los 35 días después del trasplante, el llenado del

fruto, que dura aproximadamente 60 días para el primer racimo, iniciándose la cosecha a los 90 días, con una duración de tres meses para una cosecha de 8 a 10 racimos. En total la fase reproductiva tiene una duración de 180 días aproximadamente (Jaramillo *et al.*, 2007).

5.2 CRECIMIENTO

Se puede referir a un incremento irreversible de materia seca o volumen, cambios en tamaño, masa, forma y/o número, como una función del genotipo y el complejo ambiental (Krug, 1997), dando como resultado un aumento cuantitativo del tamaño y peso de la planta. Es un proceso complejo que incluye muchos procesos como división celular, elongación, fotosíntesis, síntesis de otros compuestos, respiración, translocación, absorción y transpiración (Gómez *et al.*, 1999). El crecimiento de un órgano se puede medir como el incremento en la materia seca a través del tiempo (Edwards *et al.*, 1986). El crecimiento es una aproximación holística, explicativa e integral, para comprender la forma y funciones de los vegetales (Hunt, 2003).

Durante el proceso normal de maduración del fruto de tomate, pueden observarse cuatro cambios generales: (a) Degradación de Clorofila y biosíntesis de Carotenoides (b) incremento en la tasa de respiración asociado al incremento en la producción de Etileno (respiración climatérica) (c) ablandamiento asociado al incremento de la actividad de enzimas pectolíticas (d) madurez de las semillas. También se observan otros cambios menos definidos en sabor, textura y aroma durante el proceso (Tigchelaar *et al.* 1978).

5.3 ANALISIS DE CRECIMIENTO

Es una aproximación cuantitativa para entender el crecimiento de una planta o de una población de plantas bajo condiciones ambientales naturales o controladas (Clavijo, 1989). El crecimiento puede ser cuantificado mediante el empleo de un conjunto de índices basados en modelos definidos mediante expresiones o funciones matemáticas (Hunt, 1990). Según Santos y Segura (2005), el análisis de crecimiento ha sido practicado de dos maneras distintas, la primera denominada análisis clásico, contempla medidas hechas a intervalos relativamente largos de tiempo usando un gran número de plantas; la segunda denominada análisis funcional comprende medidas a intervalos de tiempo más frecuentes y usando un

pequeño número de plantas. La diferencia entre los dos se basa en el uso del método de regresión hacia el análisis funcional (Hunt, 1990), en el presente estudio fue utilizado el análisis funcional de crecimiento.

Según Rodríguez (2005), el crecimiento durante un intervalo de tiempo puede ser calculado por simple sustracción. Sin embargo, a partir de las medidas de materia seca en intervalos de tiempo definidos es posible determinar tasas que explican la dinámica del crecimiento en frutos, las principales tasas son: tasa absoluta de crecimiento (TAC) y tasa relativa de crecimiento (TRC), la TAC indica el cambio de tamaño por unidad de tiempo, mientras que la TRC expresa la tasa de variación del tamaño por unidad de tamaño inicial (Hunt, 1990). Es un índice de eficiencia que expresa el crecimiento en términos de una tasa de incremento en tamaño por unidad de tamaño y tiempo (Pedroza *et al.*, 1997); representa la eficiencia de la planta como productor de nuevo material y depende de la fotosíntesis total y de la respiración (Sivakumar y Shaw, 1978); además se propone como una medida que integra el comportamiento fisiológico de las plantas (Radford, 1967). Expresa el incremento en masa seca de la planta en un intervalo de tiempo dado, tomando como referencia el valor inicial de la masa seca producida y acumulada (Carranza *et al.*, 2009).

Casierra y Cardozo (2009) comentan que las curvas de crecimiento del diámetro transversal en función del tiempo son las más empleadas por muchos autores. Tienen la ventaja de ser de fácil determinación, no destructivas y permiten el seguimiento a lo largo del periodo de crecimiento. Estas curvas de crecimiento sirven para identificar no solamente la evolución del crecimiento en el ciclo bajo las condiciones climáticas de la zona bajo estudio, sino también para estimar el peso que tendrá el fruto a cosecha (Coombe, 1976; Hunt, 1990).

5.4 RELACION FUENTE VERTEDERO

Grifford y Evans (1981) indican que el establecimiento de los patrones de distribución y de los factores que controlan la repartición de fotoasimilados, el tamaño relativo y la competencia entre los vertederos son útiles en el mejoramiento de la producción y la calidad de los órganos cosechados. El factor más importante que determina el porcentaje de

cuajado es la disponibilidad de asimilados en la planta, que se puede representar a través de la relación fuente/vertedero (Dogliotti, 2007).

La partición de fotoasimilados o carbohidratos entre las diferentes partes de la planta, se define por la relación “Fuente” y “vertedero”. En una planta los órganos habilitados para producir fotoasimilados son considerados fuente. En ésta función se destacan las hojas; también puede darse el caso de frutos inmaduros, tallos, cladodios, brácteas, glumas, aristas y otros órganos no menos importantes pero de menor magnitud en ésta labor. Los órganos de consumo ya sea temporal o definitivo, como meristemas, raíces, tallos modificados, hojas senescentes, botones florales, flores, frutos y semillas son consideradas vertederos (Daie, 1985). En tomate el crecimiento de las plantas depende de la fotosíntesis y translocación de fotoasimilados de los sitios de fijación de carbono fotosintético en diferentes tejidos hasta el lugar de uso o almacenamiento (Silvius *et al.*, 1978). Las hojas son fuentes de fotoasimilados, y los frutos, los principales vertederos (Tanaka 1974).

Los tejidos vertedero son importadores netos de asimilados y consiste de órganos que crecen rápidamente tales como los meristemas y hojas inmaduras, y tejidos de almacenamiento como los tubérculos, semillas o raíces (Foyer y Paul, 2001). Un vertedero es un usuario neto de carbono, el cual incluye respiración, crecimiento y almacenamiento de compuestos de carbono; en una planta de tomate el vertedero de mayor interés es el fruto. La potencia del vertedero o la demanda del vertedero se refieren a la habilidad de los órganos vertedero para atraer o acumular compuestos de carbono (Dwelle, 1990). El metabolismo de la fuente y del vertedero están estrechamente acoplados porque la información de disponibilidad de asimilados en cada órgano es percibida y usada para orquestar la expresión de genes. Esta coordinación es necesaria para evitar amplias fluctuaciones y desbalances entre el abastecimiento y la demanda (Foyer y Paul, 2001).

Entre los órganos vertedero, el fruto esta definido como el vertedero prioritario en el contexto de competencia por fotoasimilados entre todos los vertederos (Link, 2000). Dicha habilidad puede estar determinada por varios factores, así, la actividad de vertedero está determinada por múltiples procesos tales como el transporte en el floema, metabolismo y

compartimentación (Ho,1992; Ho,1996), y el tamaño del vertedero que está determinado por el número de células más que por el tamaño de las mismas (Jackson y Coombe, 1966; Cowan *et al.*, 1997; Higashi *et al.*, 1999). En variedades de tomate con crecimiento indeterminado, un racimo se desarrolla cada 3 - 5 entrenudos y 5 flores son emitidas y desarrolladas secuencialmente en la inflorescencia, con un lapso de 5-7 días aproximadamente entre la primer flor proximal y la última flor distal (Bohner y Bangerth 1988a, 1988b).

El tamaño final del fruto está estrechamente relacionado con numerosos parámetros, como el número de carpelos del ovario, el número de semillas, la posición del fruto en el racimo, la posición del racimo en la planta y de las condiciones ambientales imperantes durante la fase de crecimiento del racimo (Kinet y Peet, 1997).

5.5 GRADOS DIA DE CRECIMIENTO

La temperatura controla la tasa de desarrollo de muchos organismos, que requieren de la acumulación de cierta cantidad de calor para pasar de un estado en su ciclo de vida a otro. La medida de este calor acumulado se conoce como Tiempo Fisiológico, y teóricamente este concepto que involucra la combinación adecuada de grados de temperatura y el tiempo cronológico, es siempre el mismo (WMO, 1993)

En términos generales, debajo de una temperatura umbral mínima, determinada genéticamente para cada organismo, el desarrollo no ocurre o es insignificante. Sobre dicha temperatura, el desarrollo se incrementa hasta llegar a un pico o intervalo, donde la velocidad del desarrollo es máxima. A partir de ahí, el desarrollo decrece nuevamente hasta llegar a ser nulo en una temperatura umbral máxima, estos valores se conocen como Temperaturas Cardinales (Ruiz, 1991) En algunos casos pueden ser utilizado segmentos de la curva de desarrollo para fines específicos, como la estimación de temperatura base

El crecimiento y desarrollo de las plantas e insectos puede ser caracterizado por el número de días entre eventos observables, tales como floración y madurez de frutos, etc. El número de días entre eventos, sin embargo, puede constituir una mala herramienta porque las tasas

de crecimiento varían con las temperaturas. La medición de eventos puede ser mejorada si se expresan las unidades de desarrollo en términos de tiempo fisiológico en lugar de tiempo cronológico, por ejemplo en términos de acumulación de temperatura. Es así como surge el término de días grado o Grados Día (GD) que puede ser definido como días en términos de grado sobre una temperatura umbral (Arnold, 1959). De manera que para completarse una etapa fenológica es necesario la acumulación del Requerimiento Térmico, RT; este se mide en grados-días sobre la temperatura base.

El concepto de GD al aplicarse a observaciones fenológicas ha sido de gran utilidad en la agricultura. Entre las múltiples aplicaciones de este parámetro se encuentran las indicadas por Neild y Seeley (1977) como son:

- Programación de fechas de siembra o ciclos de cultivo
- Pronóstico de fechas de cosecha
- Determinar el desarrollo esperado en diferentes localidades
- Determinar el desarrollo esperado en diferentes fechas de siembra o inicio del ciclo de cultivo.
- Determinar el desarrollo esperado de diferentes genotipos
- Pronosticar coeficientes de evapotranspiración de cultivos
- Pronóstico de plagas y enfermedades

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 UBICACIÓN

El experimento se realizó en el municipio de San Antonio del Tequendama (Cundinamarca), en la vereda “Laguna Grande” finca “La Despensa”, situada a 4° 38' 02,55” de latitud norte, y a 74° 20' 07,57” al Oeste de Greenwich, a 1900 msnm. Se realizó en un lote bajo cubierta plástica (Invernadero) de 2520 m² donde se sembró un cultivo comercial de tomate larga vida. Dentro del invernadero se presentó una temperatura promedio de 20,2 °C, máxima promedio de 25,64 °C y mínima promedio de 15 °C (Anexo A).

6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el estudio del crecimiento de la planta se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 3 tratamientos correspondientes a 3 híbridos (Beverly, Franco y SVR), cada tratamiento tuvo 3 repeticiones, cada una de las 9 unidades experimentales (UE) estuvo compuesta por 13 plantas, para un total de 117 plantas.

Para el crecimiento del fruto se utilizó un diseño en bloques al azar con 3 bloques, los bloques correspondieron al híbrido de tomate larga vida (Beverly, Franco y SVR 565), cada bloque tuvo 4 repeticiones, compuesta c/u por 1 planta de tomate, y dentro de cada bloque se distribuyeron al azar 6 tratamientos correspondientes a la ubicación del fruto en el primer racimo (Fruto 1, 2, 3, 4, 5 ó 6; Anexo B).

6.3 MÉTODOS

Para la fase de crecimiento de las plantas el procedimiento fue el siguiente: las semillas de cada híbrido fueron sembradas en bandejas de 128 alvéolos o cavidades, utilizando turba rubia como sustrato. A los 30 días después de la siembra se seleccionaron plántulas de cada híbrido y se trasplantaron en el invernadero. Se hicieron muestreos destructivos cada 15 días desde el momento del transplante hasta cuando se realizó el despunte en el racimo número 12 (180 días después del transplante: DDT), se tomaron 3 plantas por UE en cada

muestreo. Durante todo el estudio, se llevaron a cabo todas las recomendaciones técnicas y prácticas culturales propias de la zona para este sistema de producción.

En lo concerniente al estudio de crecimiento del fruto, se dejaron 6 frutos en el primer racimo, el criterio de selección de los tratamientos fue tomar como fruto 1 el fruto que cuajó primero y así sucesivamente hasta el fruto 6, tal como se observa en el anexo B. los demás racimos también se dejaron con 6 frutos/racimo, las mediciones de crecimiento se realizaron cada 15 días desde la formación del primer fruto.

Cuando se inició la cosecha se hicieron recolecciones 2 veces por semana, posteriormente se clasificaron y pesaron en las diferentes categorías comerciales (extra, primera, segunda, tercera, cuarta) para cada planta.

6.4 SISTEMA DE VARIABLES

6.4.1 Variables independientes

Híbridos de tomate larga vida: híbrido Beverly, Franco y SVR

Ubicación del fruto en el primer racimo

Tiempo fisiológico: acumulación de grados calor día (GDC), mediante la fórmula utilizada por Rodríguez y Flórez (2006):

$$GDC = \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) - T_{base}$$

Donde Tmax, temperatura máxima diaria del aire; Tmin, temperatura mínima diaria del aire; la Tbase, es la temperatura en que el proceso metabólico del tomate es mínimo, esta temperatura fue de 10°C, tal como lo recomienda Rangel y Silvas (1987) y Zotarelli *et al.* (2009). La comparación entre GDC y DDT se observa en el anexo C.

6.4.2 Variables dependientes

Masa seca (g): de tallo y hojas, mediante medición directa en balanza eléctrica de precisión 0,01g después de someter las plantas a 75°C durante 48 horas.

Altura (cm): medición directa con flexómetro desde el cuello de la raíz hasta la base de la hoja más joven.

Numero de hojas: conteo directo de todas las hojas presentes en la planta y se correlacionó con la aparición de cada uno de los racimos/planta.

Diámetro del fruto (mm): Medida obtenida en la zona ecuatorial del fruto a través de un calibrador Vernier.

Tasa absoluta de crecimiento (TAC) y Tasa relativa de crecimiento (TRC): mediante las ecuaciones de la tabla 1 (Hunt, 1990). Se calcularon estas tasas de crecimiento para la altura de planta, masa seca de tallo y hojas y diámetro de frutos.

Tabla 1. Descripción de los parámetros de crecimiento que se midieron (Hunt, 1990)

Índice	Descripción	fórmula	Unidades
TAC	Tasa absoluta de crecimiento	dW/dt ó dcm/dt	$g^{-1} GDC^{-1}$
TRC	Tasa relativa de crecimiento	$(1/W)(dW/dt)$ ó dcm/dt	$g g^{-1} GDC^{-1}$

W = masa seca (g); dW/dt = variación de la masa seca en función del tiempo.; dcm/dt = variación de la altura o el diámetro en función del tiempo.

El rendimiento del cultivo ($kg \cdot ha^{-1}$): se determinó la producción de frutos por planta de acuerdo al diámetro del fruto (Tabla 2), para esto se midieron y pesaron los frutos recolectados semanalmente y se extrapolo a hectárea teniendo en cuenta que la densidad de plantación fue de 40.000 plantas ha^{-1} .

Tabla 2. Clasificación de los frutos de tomate de acuerdo al calibre

Clasificación	Diámetro del fruto (mm)
Calibre 1 (Extra)	>82
Calibre 2 (Primera)	67 a 82
Calibre 3 (Segunda)	57 a 67
Calibre 4 (Tercera)	47 a 57
Calibre 5 (Cuarta)	40 a 47

Fuente: Adaptado de Escobar y Lee (2001).

Modelos de crecimiento: se determinó el modelo de crecimiento no lineal tipo logístico siguiendo la metodología descrita por Carranza *et al.* (2009) empleando el enfoque funcional del modelo logístico:

La forma del modelo logístico es:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{k}{\alpha} y(\alpha - y)$$

donde $k > 0$ y $0 < y < \alpha$. Se usa k/α como constante de proporcionalidad debido a que los parámetros se pueden interpretar separadamente. La curva de crecimiento es:

$$y = \frac{\alpha}{1 + e^{-k(t-\gamma)}}$$

donde α , la asíntota superior, es el máximo tamaño, es decir, $y = \alpha$ cuando $t \rightarrow \infty$ y $y = 0$ cuando $x \rightarrow -\infty$ es la asíntota inferior; γ es el tiempo en que se logra la máxima tasa de crecimiento ($W_m = k\alpha/4$) o punto de inflexión, en este punto, $y = \alpha/2$, y la función es una curva simétrica sigmoideal (Flórez *et al.*, 2006).

6.5 METODOS ESTADISTICOS

Para el análisis de los datos se realizó un análisis de varianza con el fin de determinar la presencia de diferencias significativas. Se utilizó la prueba de Tukey con una confiabilidad del 95% para establecer los mejores tratamientos. Se graficó el comportamiento de cada una de las variables respecto al tiempo fisiológico, todo se realizó mediante la utilización del programa SAS v. 8.1e (Cary, N.C).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 CRECIMIENTO DE LA PLANTA

7.1.1 Altura: el comportamiento de este parámetro se ajustó a un modelo logístico de crecimiento en los tres híbridos (Figura 1 y Tabla 3) que explica el crecimiento sigmoideo simple típico para el crecimiento de plantas y órganos (Salisbury y Ross, 2000). Hasta los 301,5GDC (30DDT) se observó un leve aumento de la altura de las plantas, lo cual coincide con lo encontrado por Barraza *et al.* (2004), luego hubo un rápido incremento hasta los 1542GDC (150DDT) y de ahí en adelante este incremento fue mucho más lento (Figura 1). El leve incremento de la altura en las primeras etapas se debe al predominio de procesos de división celular activa, luego el aumento de tamaño fue drástico y se realizó a una velocidad constante, lo cual se debe a que la elongación celular aumenta, por último, la planta entra en la fase de maduración y el incremento en el crecimiento vuelve a ser lento (Salisbury y Ross, 2000).

Se presentaron diferencias estadísticas en todas las épocas de muestreo, excepto a los 141,5GDC. Desde los 632,5GDC (60DDT) y hasta el despunte apical (1824GDC; 180DDT), el híbrido Franco fue el que presentó la mayor altura, por su parte, el híbrido Beverly fue el que generalmente mostró menor altura (Figura 1, Anexo D), al final la altura para cada híbrido fue: Beverly 450,17 cm, SVR 451,9 cm y Franco 485,50 cm.

El híbrido Beverly tuvo la menor altura debido a que genéticamente presenta plantas de entrenudos cortos, muy compactas que además facilitan las labores culturales de mantenimiento y cosecha (Compañía agroindustrial de semillas, 2010), situación muy similar presentó el híbrido SVR que fue estadística semejante al Beverly. Por su parte, el híbrido Franco fue más alto porque sus tallos presentan entrenudos largos, debido posiblemente a que contiene mayor concentración de giberelinas endógenas o es más sensible a la acción de estas hormonas. Según Talón (1993) una de las funciones más importantes de las GAs es la promoción del crecimiento del tallo. Esto se debe a la inducción de la división celular en el meristemo subapical.

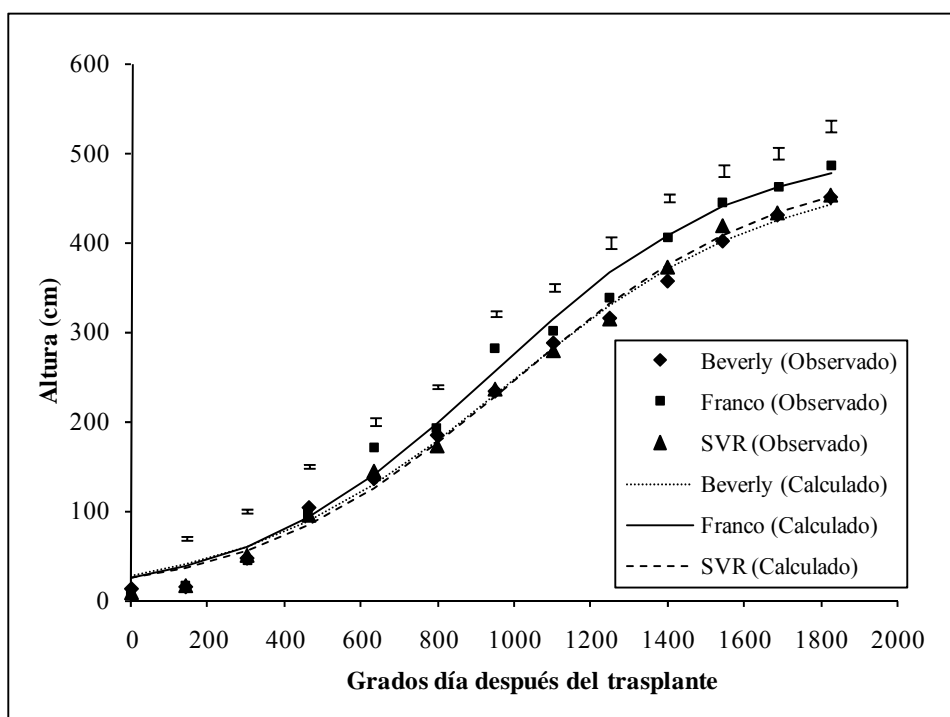


Figura 1. Comportamiento de la altura de planta de tres híbridos de tomate cultivados bajo cubierta plástica en tiempo fisiológico. La barra representa el valor estadístico (LDS) para comparar los promedios, de acuerdo a la prueba de Tukey. Si las diferencias entre dos promedios son mayores al LDS, entonces habrá diferencia a un α de 0,05.

Se piensa que las GAs acortan la interfase del ciclo celular induciendo a las células de la fase G_1 a sintetizar DNA. Por tanto, la aplicación de GAs incrementa el tamaño de la zona meristemática al aumentar el número de células que entran en división celular (Sachs y Cols, 1959). Estas células contribuyen posteriormente a la elongación del tallo. Por consiguiente hay una correlación espacial entre la acumulación de GAs y el incremento en la actividad mitótica que tiene lugar en el meristemo subapical.

El tallo principal tiene 2 a 4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis; éste tiene la propiedad de emitir raíces cuando se pone en contacto con el suelo, característica importante que se aprovecha en las operaciones culturales de aporque dándole mayor anclaje a la planta. Sobre el tallo se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias (Jaramillo *et al.*, 2007). En este sistema de producción solo se deja un tallo principal, el cual determina la altura de la

planta, del mismo modo, una mayor altura de planta indica también un mayor número de racimos, no obstante, en este estudio hubo diferencias en altura pero el despunte se hizo en el mismo número de racimos, lo que indica una discrepancia en la longitud de entrenudos en los tres híbridos evaluados.

Tabla 3. Ecuaciones del modelo logístico de los parámetros evaluados en el estudio del crecimiento de la planta y del fruto de 3 híbridos de tomate en tiempo fisiológico.

Variable	Tratamiento	Modelo	RSME
Altura	Híbrido Beverly	$Y = 480,4/1 + e^{(-0,00291*(GDC - 981,6)}$	177,7
	Híbrido Franco	$Y = 507,5/1 + e^{(-0,00309*(GDC - 944)}$	383,8
	Híbrido SVR	$Y = 490,6/1 + e^{(-0,00293*(GDC - 998,5)}$	169,1
Diámetro del fruto	Híbrido Beverly	$Y = 7,027/1 + e^{(-0,00615*(GDC - 826,4)}$	0,0173
	Híbrido Franco	$Y = 6,8901/1 + e^{(-0,0101*(GDC - 792,8)}$	0,0480
	Híbrido SVR	$Y = 6,411/1 + e^{(-0,0122*(GDC - 802,6)}$	0,00135
Diámetro del fruto	Fruto 1	$Y = 7,5855/1 + e^{(-0,0077*(GDC - 765,9)}$	0,0464
	Fruto 2	$Y = 7,1743/1 + e^{(-0,00749*(GDC - 776,5)}$	0,0107
	Fruto 3	$Y = 6,9096/1 + e^{(-0,00861*(GDC - 800,8)}$	0,0209
	Fruto 4	$Y = 6,5199/1 + e^{(-0,0101*(GDC - 811,1)}$	0,0405
	Fruto 5	$Y = 6,2031/1 + e^{(-0,0112*(GDC - 818,9)}$	0,0455
	Fruto 6	$Y = 5,8724/1 + e^{(-0,0107*(GDC - 839,3)}$	0,0530
Masa seca hojas	Híbrido Beverly	$Y = 125,9/1 + e^{(-0,00431*(GDC - 1084,1)}$	21,5734
	Híbrido Franco	$Y = 135,6/1 + e^{(-0,0042*(GDC - 1048,4)}$	25,1902
	Híbrido SVR	$Y = 124,6/1 + e^{(-0,00413*(GDC - 1028,1)}$	27,9156
Masa seca tallo	Híbrido Beverly	$Y = 63,9681/1 + e^{(-0,00321*(GDC - 1042,7)}$	7,1011
	Híbrido Franco	$Y = 92,7028/1 + e^{(-0,00364*(GDC - 1076,5)}$	6,3175
	Híbrido SVR	$Y = 71,6397/1 + e^{(-0,00333*(GDC - 1041,7)}$	6,0522

7.1.2 Tasa absoluta de crecimiento con base en la altura: Esta tasa de crecimiento tuvo un comportamiento típico en todos los híbridos, el cual se caracterizó por presentar un leve

aumento de los 0 a los 301,5GDC (30DDT), que corresponde con la fase lenta de crecimiento, posteriormente mostró un rápido incremento hasta alcanzar su máximo valor, en Franco el valor mas alto fue de $0,392 \text{ cm}\cdot\text{GDC}^{-1}$ a los 940GDC, en SVR fue de $0,3593 \text{ cm}\cdot\text{GDC}^{-1}$ a los 1000GDC y en Beverly de $0,3494 \text{ cm}\cdot\text{GDC}^{-1}$ a los 980GDC, estos valores máximos de la TAC indican que en esta fase es donde el incremento de la altura de los tres híbridos es mayor, tal como se observa en la figura 1. Después de este momento la TAC de todos los híbridos disminuyó drásticamente hasta valores cercanos a cero, esto indica que las plantas están en la fase de maduración. Se pudo observar que la mayor TAC en casi todo el crecimiento fue obtenida con el híbrido Franco, mientras que la respuesta contraria se debió al híbrido Beverly, lo cual muestra una correlación positiva con el comportamiento de la altura (Figura 2).

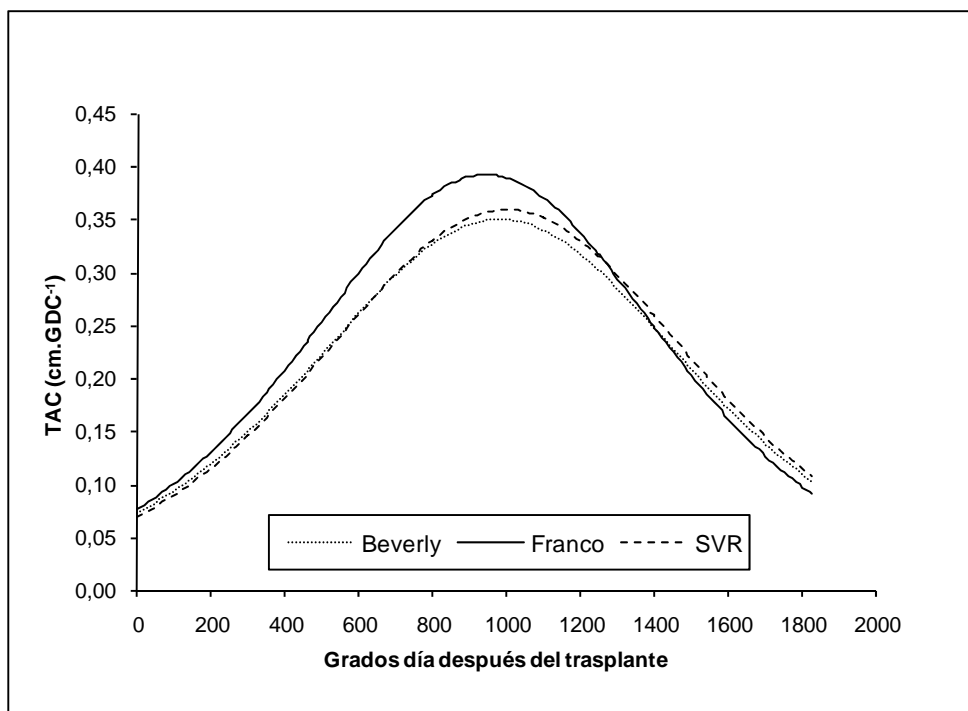


Figura 2. Comportamiento de la tasa absoluta de crecimiento (TAC) de plantas de tres híbridos de tomate cultivados bajo cubierta plástica en tiempo fisiológico.

7.1.3 Tasa relativa de crecimiento con base en la altura: el valor más alto fue observado en el momento del trasplante de los tres híbridos, no obstante, el híbrido Franco presentó

mayor TRC en este punto y hasta los 810GDC con $0,001860 \text{ cm}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{GDC}^{-1}$, luego de este punto y hasta el final, este híbrido mostró la menor TRC. Todos los híbridos mostraron una disminución muy lenta de la TRC hasta los 301,5GDC (30 DDT), después esta disminución fue muy rápida hasta los 1600GDC aproximadamente, y posteriormente este descenso fue más lento (Figura 3).

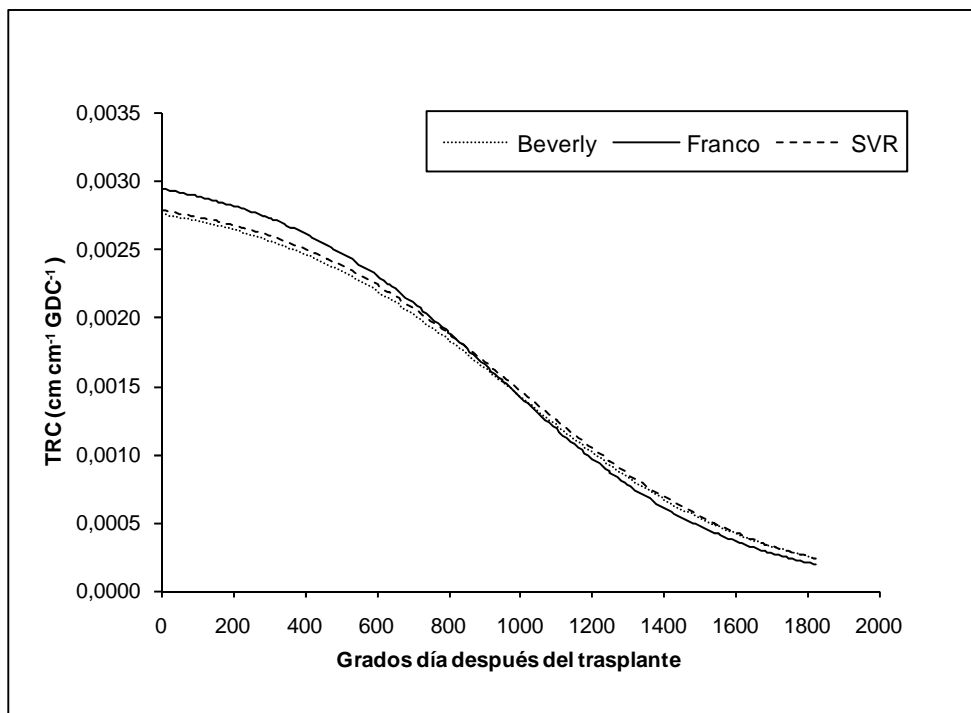


Figura 3. Comportamiento de la tasa relativa de crecimiento (TRC) de plantas de tres híbridos de tomate cultivados bajo cubierta plástica en tiempo fisiológico.

La mayor eficiencia en el aumento de la altura con respecto al material que la produce fue lograda con el híbrido Franco. Además, al principio la TRC es mayor porque el material existente para generar nuevo material es menor, pero a medida que la planta crece tiene mayor cantidad de material acumulado y la proporción de nuevo material generado es menor, así el material neto generado sea mayor. Hasta aproximadamente los 301,5GDC (30 DDT) la TRC disminuye lentamente porque la planta está en la fase de división celular activa y el aumento de la altura es bajo, luego inicia la fase de rápido crecimiento y es cuando la TRC sufre la disminución mas drástica en los 3 híbridos. Desde los 1542GDC

(150DDT) la planta entro en la fase de maduración, en la cual la ganancia en altura no fue representativa, por tanto, la TRC volvió disminuir lentamente.

7.1.4 Masa seca de hojas: el modelo logístico describió el comportamiento de la masa seca de hojas, pues este órgano creció de manera sigmoïdal en los híbridos (Figura 4). Sin embargo, en tomate de crecimiento indeterminado cv. Gabriela podado a tres racimos, Villegas *et al.* (2004) evaluaron modelos empíricos del crecimiento y rendimiento de tomate como el cúbico, cuadrático, Richards y Gauss en diferentes densidades de siembra, estos autores encontraron que el modelo con mayor ajuste fue el de Gauss, el cual presentó mayor R^2 al describir el comportamiento de la biomasa total, peso seco de hojas y de fruto.

Hubo baja acumulación de masa hasta los 463GDC (45DDT), posteriormente se observó una fase donde la planta ganó masa seca de hojas de manera representativa, esta fase finalizó a los 1542GDC (150DDT), luego la acumulación fue mas baja. Se presentaron diferencias estadísticas solamente desde los 632,5GDC (60DDT), el híbrido que acumuló mayor cantidad de masa fue Franco y al final el de menor acumulación fue SVR (Figura 4). Al respecto, Mejía *et al.* (2007) indican que al inicio de la fase de rápido crecimiento de plantas de tomate chonto cv. Unapal Maravilla es cuando la planta se encuentra en la época crítica de crecimiento, por lo que requiere de condiciones óptimas de nutrición (Estrada, 2004), para el presente estudio, como ya se mencionó, esta época está alrededor de los 463GDC (45DDT).

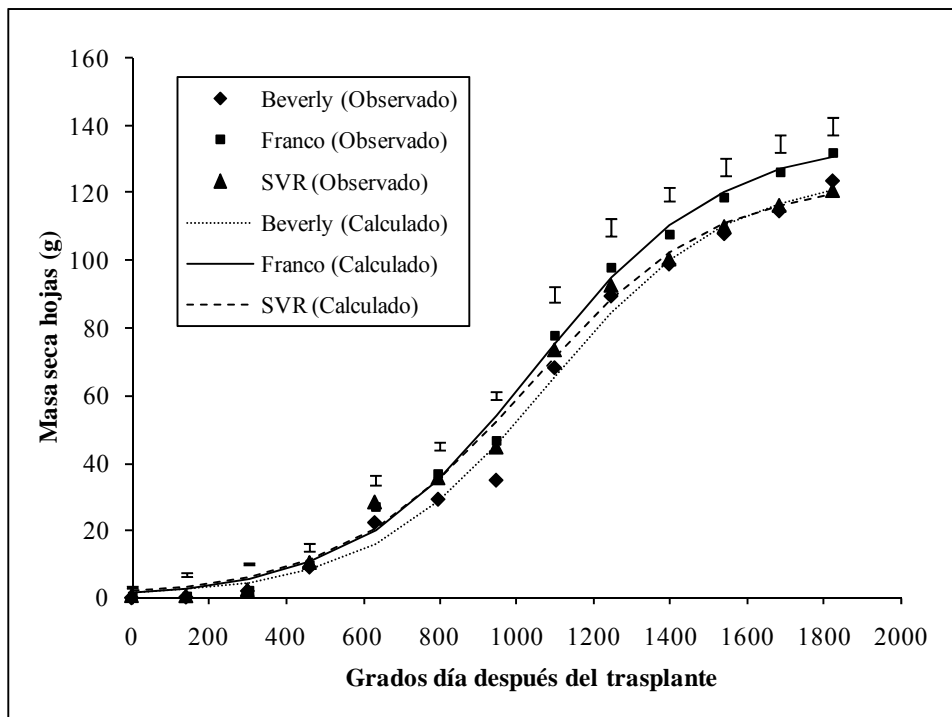


Figura 4. Comportamiento de la masa seca de hojas de plantas de tres híbridos de tomate cultivados bajo cubierta plástica en tiempo fisiológico. La barra representa el valor estadístico (LDS) para comparar los promedios, de acuerdo a la prueba de Tukey. Si las diferencias entre dos promedios son mayores al LDS, entonces habrá diferencia a un α de 0,05.

7.1.5 Tasa absoluta de crecimiento de la masa seca de hojas: la TAC presentó el comportamiento típico en campana en los tres híbridos de tomate, ascendió lentamente hasta los 463GDC (45DDT), de ahí en adelante la TAC tuvo un incremento repentino y muy alto hasta alcanzar su valor máximo a los 1060 GDC en franco ($0,14 \text{ g}\cdot\text{GDC}^{-1}$) y Beverly ($0,14 \text{ g}\cdot\text{GDC}^{-1}$) y a los 1070GDC en SVR ($0,128 \text{ g}\cdot\text{GDC}^{-1}$), posterior a es momento, la TAC disminuyó drásticamente hasta el final del estudio. Se observó de manera general que las mayores TAC las presentó el Híbrido Franco, después de los 1070GDC el híbrido SVR mostró la menor TAC, lo cual refleja la menor acumulación de masa seca en hojas (Figura 5).

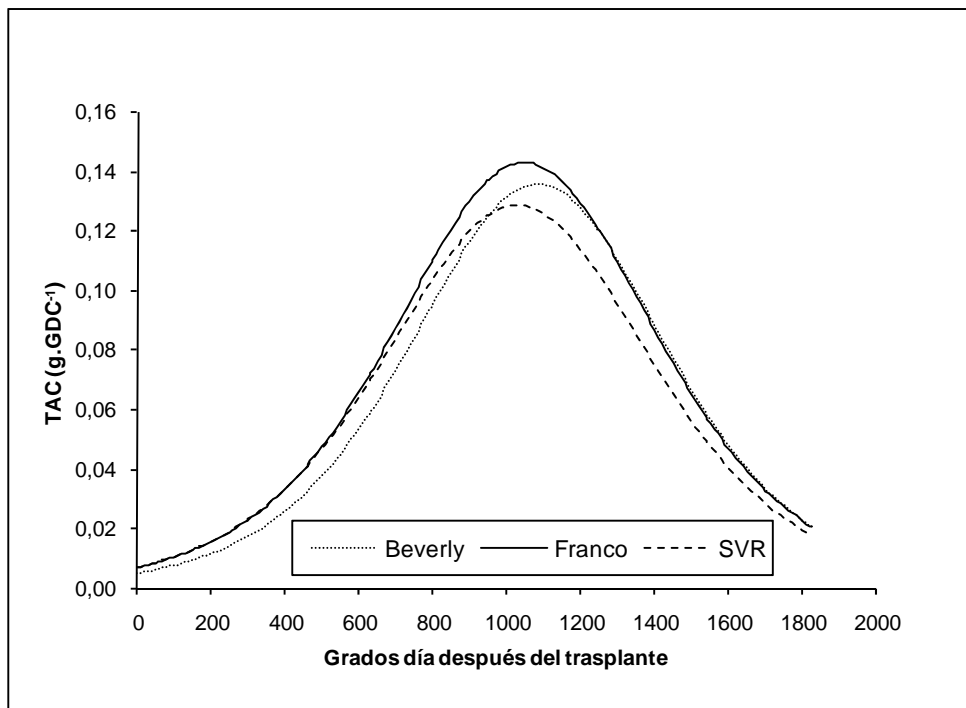


Figura 5. Comportamiento de la tasa absoluta de crecimiento (TAC) de la masa seca de hojas de plantas de tres híbridos de tomate cultivados bajo cubierta plástica en tiempo fisiológico.

7.1.6 Tasa relativa de crecimiento de la masa seca de hojas: Carranza *et al.* (2009) mencionan que la TRC es un índice de eficiencia que expresa el crecimiento en términos de una tasa de incremento en tamaño por unidad de tamaño y tiempo (Pedroza *et al.*, 1997); representa la eficiencia de la planta como productor de nuevo material y depende de la fotosíntesis total y de la respiración (Sivakumar y Shaw, 1978); además se propone como una medida que integra el comportamiento fisiológico de las plantas (Radford, 1967).

La TRC disminuyó durante el crecimiento de los tres híbridos, no obstante, la disminución fue muy lenta hasta los 463GDC (45DDT) lo cual coincidió con la primera fase de crecimiento, momento en el que inició una caída drástica que se extendió hasta los 1542GDC (150DDT) fase correspondiente a la mayor acumulación de masa de hojas, y después dicho decrecimiento fue mucho más lento pues se dio la etapa de maduración de la planta. La mayor TRC se observó en el híbrido Beverly y la menor en SVR (Figura 6).

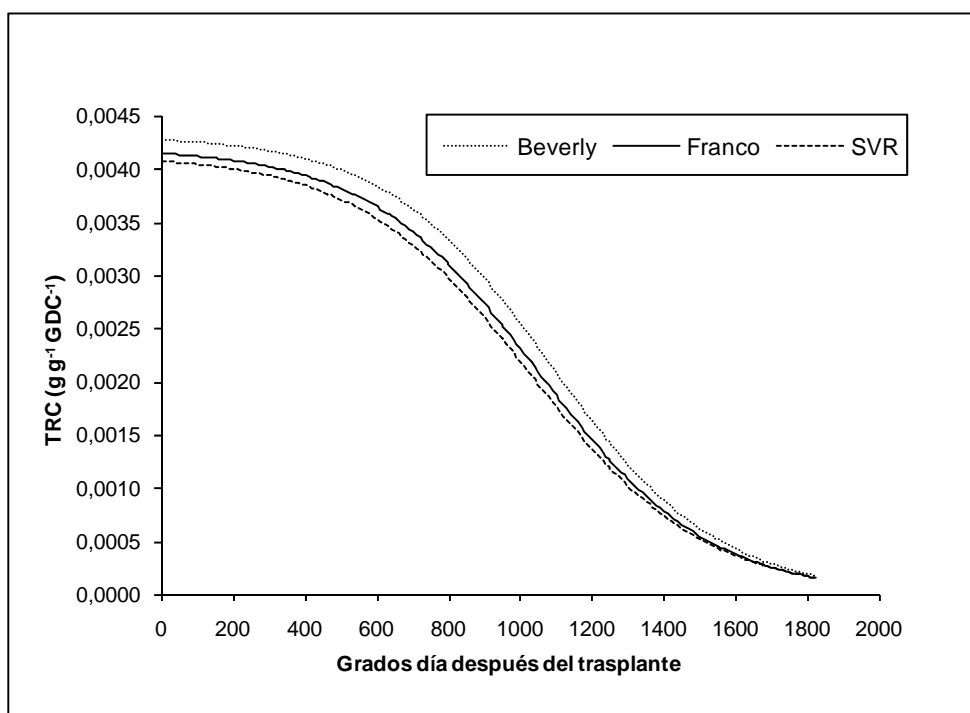


Figura 6. Comportamiento de la tasa relativa de crecimiento (TRC) de la masa seca de hojas de plantas de tres híbridos de tomate cultivados bajo cubierta plástica en tiempo fisiológico.

7.1.7 Masa seca tallo: la acumulación de esta masa tuvo un comportamiento sigmoideal ajustada a un modelo logístico. Se caracterizó por presentar baja acumulación hasta los 463GDC, después, la planta ganó masa de tallo de forma acelerada hasta cuando acumuló 1395,8GDC (135DDT), de ahí en adelante hubo acumulación de masa pero de manera mas lenta. Durante todo el crecimiento del tallo se presentaron diferencias significativas. El híbrido Franco se caracterizó por presentar tallos con mayor masa seca, por el contrario, el híbrido Beverly mostró plantas con la menor masa seca de tallos (Figura 7).

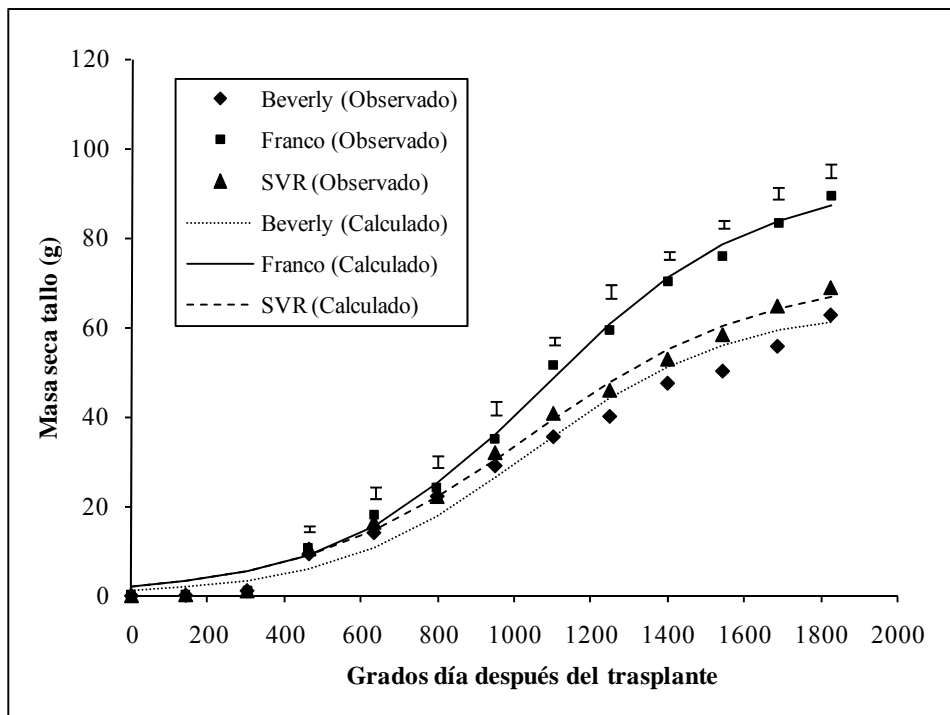


Figura 7. Comportamiento de la masa seca de tallo de plantas de tres híbridos de tomate cultivados bajo cubierta plástica en tiempo fisiológico. La barra representa el valor estadístico (LDS) para comparar los promedios, de acuerdo a la prueba de Tukey. Si las diferencias entre dos promedios son mayores al LDS, entonces habrá diferencia a un α de 0,05.

7.1.8 Tasa absoluta de crecimiento de la masa seca de tallo: una gráfica en forma de campana describió el comportamiento de la TAC de masa seca de tallo. El híbrido Franco presentó la mayor TAC en todo el crecimiento seguida de SVR y por último de Beverly. La TAC tuvo su punto máximo a los 1080GDC en Franco ($0,08435 \text{ g}\cdot\text{GDC}^{-1}$) y 1040GDC en Beverly ($0,0513 \text{ g}\cdot\text{GDC}^{-1}$) y SVR ($0,0596 \text{ g}\cdot\text{GDC}^{-1}$) y de ahí en adelante descendió (Figura 8).

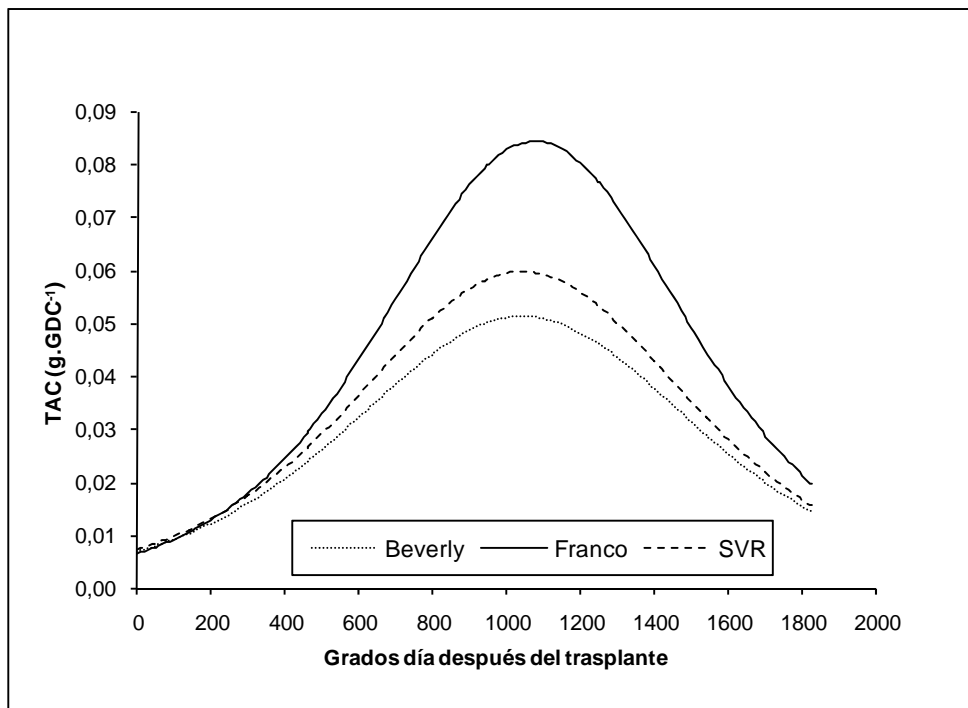


Figura 8. Comportamiento de la tasa absoluta de crecimiento (TAC) de la masa seca de tallo de plantas de tres híbridos de tomate cultivados bajo cubierta plástica en tiempo fisiológico.

7.1.9 Tasa relativa de crecimiento de la masa seca de tallo: el valor más alto de la TRC para los tres cultivares se observó inmediatamente después del trasplante y descendió durante todo el crecimiento, a pesar de esto, hasta los 463GDC esta disminución fue mínima, mientras que después de este punto y hasta los 1395,8GDC el decrecimiento fue muy rápido y de ahí en adelante fue un poco mas lento. Fue observada una mayor TRC en tomate Franco y menor en Beverly (Figura 9).

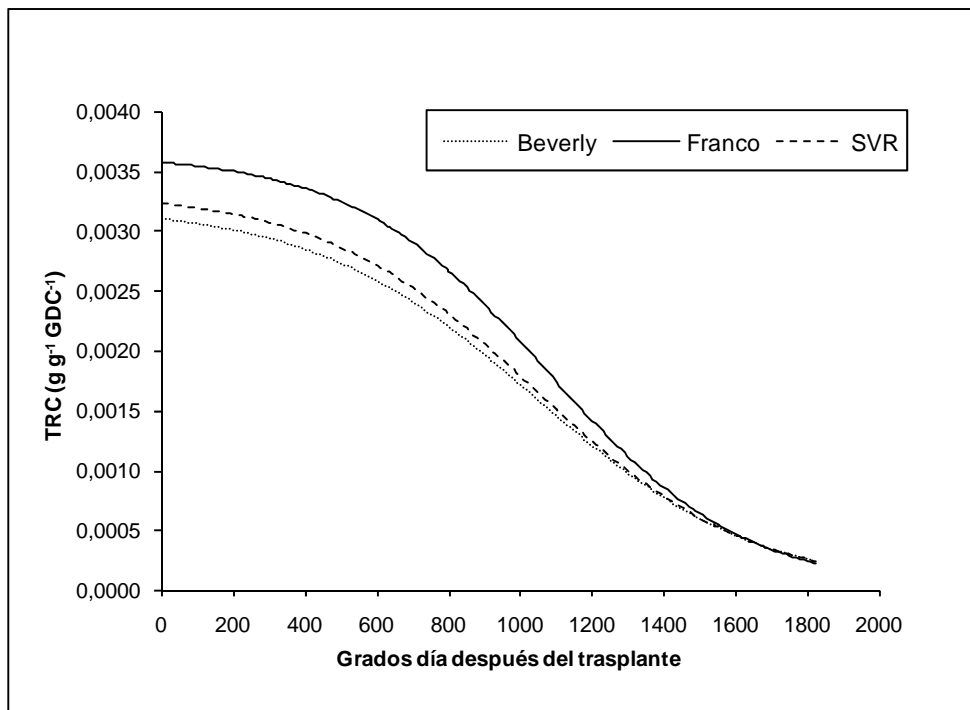


Figura 9. Comportamiento de la tasa relativa de crecimiento (TRC) de la masa seca de tallo de plantas de tres híbridos de tomate cultivados bajo cubierta plástica en tiempo fisiológico.

7.1.10 Número de hojas/planta vs. número de racimos/planta: no se presentaron diferencias estadísticas entre híbridos, por lo tanto, solo se graficó el promedio de los tres híbridos. De acuerdo con esto, se pudo observar un aumento lineal del número de hojas/planta en función del número de racimos/planta, además, la velocidad de aparición de hojas fue de 3,0944 hojas/racimo, por lo cual, al final el número de hojas fue de 53 (Figura 10).

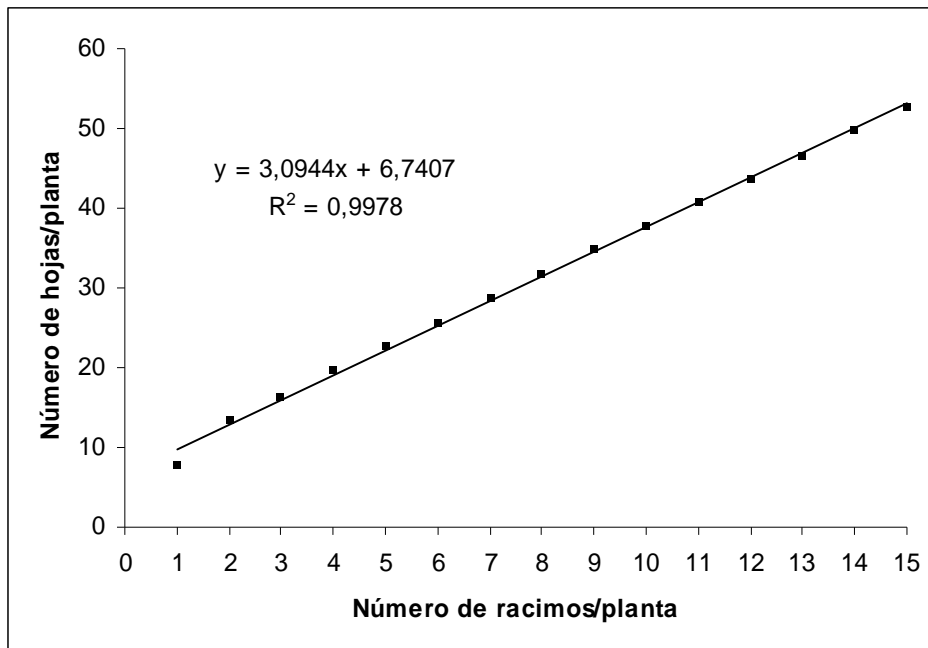


Figura 10. Relación entre el número de racimos/planta y el número de hojas/planta de tres híbridos de tomate cultivados bajo cubierta plástica.

En concordancia con los resultados encontrados, se puede afirmar que las plantas de tomate genéticamente presentan 3 hojas entre cada racimo de frutos formado, lo cual coincide con lo reportado por Chamorro (1995). Al respecto, Jaramillo *et al.* (2007) comenta que en plantas con crecimiento indeterminado, las hojas se ubican en grupos de tres (hojas A, B, C; Anexo E) seguidas de un racimo floral: la hoja A se localiza inmediatamente por debajo o al frente del racimo floral y es la responsable del 75% del llenado del fruto; la hoja B se ubica en posición intermedia a las hojas A y C y colabora con cerca del 8% del llenado del fruto, y la hoja C aporta el 15%, repartiendo sus fotosintatos en forma bilateral para los racimos anterior y posterior. Los anteriores porcentajes muestran la importancia de las hojas en el llenado del fruto y su influencia cuando se poda en forma drástica la planta; por lo tanto, las hojas A, B y C no deben ser removidas sin un llenado óptimo del racimo.

En plantas de tomate Tanaka y Fujita (1974) indican la existencia de una unidad fuente-vertedero formada por tres hojas y un racimo de tomate dentro de la cual el flujo de

asimilados es preferencial, haciendo que el sistema sea más eficiente en términos de la distancia y el tiempo en que tiene lugar la translocación de asimilados (Horrocks, 1978).

Experiencias con ^{14}C demostraron que los asimilados son transportados de acuerdo a un patrón de distribución en el que interviene la filotaxis de la planta (Hocking y Steer, 1994). Sin embargo, cuando el balance fuente/destino se modifica, como en el caso de una defoliación (Marcelis, 1996) o de una poda de frutos, la filotaxis deja de ser un factor importante en la regulación de la partición de materia seca (Marcelis, 1996), por lo tanto, los frutos reciben asimilados de todas las hojas independientemente de su localización o distancia (Khan y Sagar, 1966; Heuvelink, 1995; Marcelis, 1996), pero se desconoce en que proporción se reciben estos fotoasimilados, pues se evidencia que no es igual dicha proporción, hecho que sustenta la poca homogeneidad de tamaño de los frutos en la planta con las diferentes podas realizadas. En concordancia, las hojas tienen un efecto indirecto en la partición de masa seca a través de la formación de órganos de destino (Marcelis, 1996).

7.1.11 Número de frutos/racimo vs. número de racimos/planta: debido a que no se presentaron diferencias significativas entre híbridos se procedió a realizar el análisis con el promedio de los tres cultivares. El comportamiento observado se ajustó a un polinomio de tercer grado, el cual indicó que del 1 al 4 racimo el número de frutos/racimo permaneció casi constante con un promedio de 7 frutos/racimo, entre el racimo 5 y 11 hubo una disminución de este parámetro, de tal manera que en el racimo 11 se encontraron 5 frutos/racimo, valor que permaneció constante hasta el racimo 15 (Figura 11).

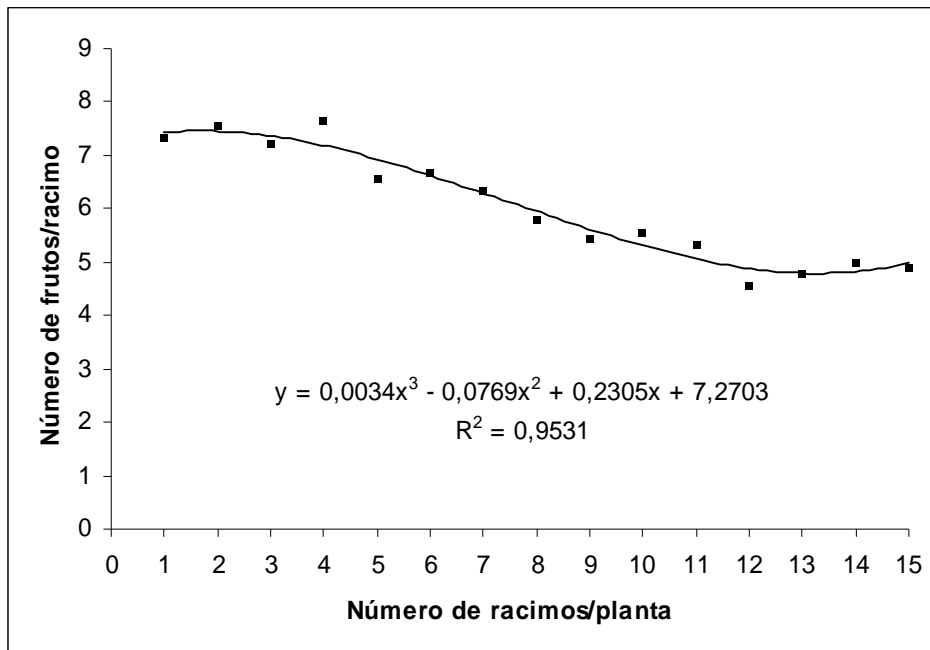


Figura 11. Relación entre el número de racimos/planta y el número de frutos/racimo de tres híbridos de tomate cultivados bajo cubierta plástica.

En plantas anuales como el pepino cohombro, el tomate y otras especies, los primordios florales que se forman poco antes de la floración completa compiten por los fotoasimilados con los frutos existentes y los órganos vegetativos en crecimiento. En éstos casos los efectos de la posición relativa de los frutos, el orden de polinización y la competencia entre estos son realmente importantes (Ho, 1992).

El aumento de fotoasimilados en la planta puede causar una mayor cantidad de frutos por racimo, debido a una disminución del aborto floral (Bertin, 1995), en caso contrario, como el observado en este estudio, donde a medida que aumenta el número de frutos y racimos/planta la competencia por asimilados es mayor, el aborto floral puede aumentar, por lo cual, el número de frutos/racimo es menor, sin embargo, parece ser que desde el racimo 12, gran parte de los frutos de los primeros racimos ya se han cosechado, por lo que posiblemente la competencia por asimilados se equilibra al igual que el número de frutos/racimo.

7.2 CRECIMIENTO FRUTO

7.2.1 Diámetro del fruto: en la figura 12 se puede observar el efecto del híbrido sobre el diámetro de los frutos. Se encontró que el aumento del diámetro se ajustó a una curva tipo logística. Según Monselise *et al.* (1978), el crecimiento de frutos de tomate tiende a seguir una curva sigmoideal simétrica. Casierra *et al.* (2007) describieron el crecimiento de frutos de tomate de los híbridos Sofía, Bravona y Granitio, en todos los híbridos encontró que el que el incremento del diámetro transversal de los frutos de los tres cultivares describe curvas sigmoideales simples. En frutos de tomate, se han utilizado también otras funciones para modelar el crecimiento, entre estas se destacan la función de Gompertz (Grange y Andrews, 1993; Bertin, 1995; Aikman, 1996), la de Richards (Heuvelink y Marcelis, 1989) y la cúbica (Casierra y Cardozo, 2009; Casierra *et al.*, 2007).

Se presentaron diferencias estadísticas en los 6 muestreos, el híbrido Franco se caracterizó por presentar frutos con un diámetro mayor en el primer racimo que los demás híbridos (Anexo F). Al utilizar el diámetro como índice de madurez se podría pensar en cosechar el híbrido franco y SVR desde los 1100,5GDC (105DDT) y el Beverly a los 1247,5GDC (120DDT), ya que después de este punto el aumento del diámetro es muy poco, esto también indica que el híbrido Beverly es más tardío (Figura 12).

Casierra y Cardozo (2009) discuten que aunque en la mayoría de los frutos, el desarrollo temprano se divide en tres fases: desarrollo del ovario, división celular y expansión celular (Gillaspy *et al.*, 1993), estas etapas no se hicieron evidentes en el comportamiento del diámetro de frutos del cv Quindío, dado que las mediciones se realizaron semanalmente, y para detectar los cambios en la pendiente de la curva, especialmente en los primeros días de desarrollo del fruto, estos mismos autores recomiendan hacer las mediciones con mayor frecuencia.

La situación anterior también se observa parcialmente en el crecimiento de los frutos en el presente estudio, para este caso, no se puede evidenciar la fase 1 del crecimiento sigmoideal debido a que los muestreos se realizaron quincenalmente y se inició cuando el fruto tenía un tamaño suficiente para medirle el diámetro sin causarle lesiones. Por lo cual, de los

632,5 (60DDT) a los 1100,5GDC (105DDT) después del trasplante se presentó la fase de rápido crecimiento generada por un aumento en el proceso de elongación celular, desde los 1100,5GDC a los 1398,5GDC (135DDT) se llevó a cabo la fase de maduración, pues el incremento del diámetro no fue alto (Figuras 12 y 13), pero si se evidenciaron otros cambios a nivel fisicoquímico como en el color, sabor y consistencia, entre otros.

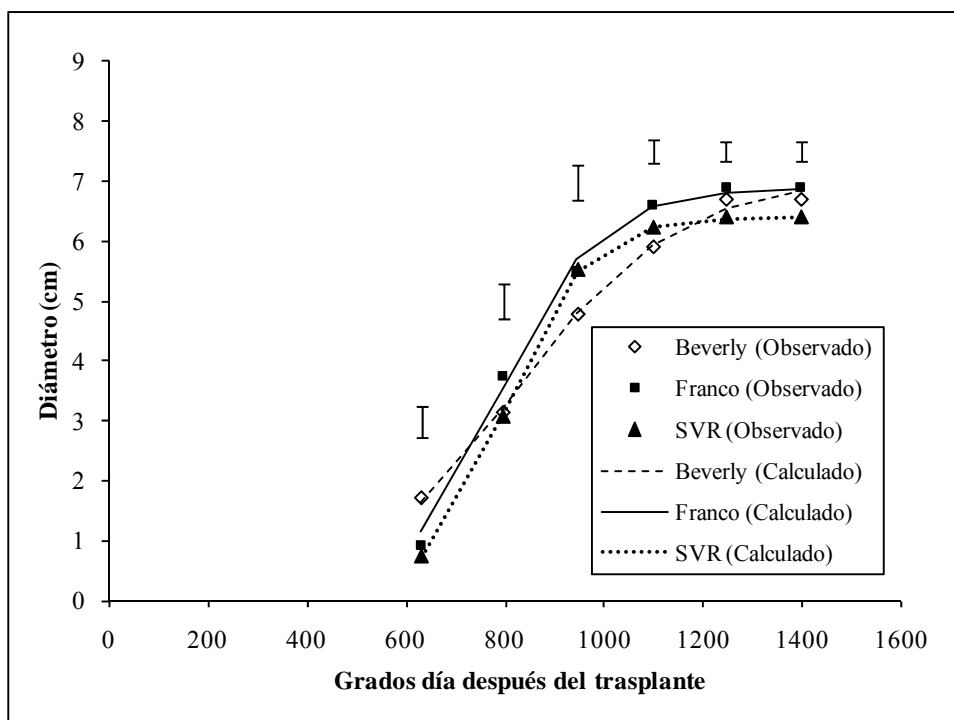


Figura 12. Comportamiento del diámetro de fruto de tres híbridos de tomate cultivados bajo cubierta plástica en tiempo fisiológico. La barra representa el valor estadístico (LDS) para comparar los promedios, de acuerdo a la prueba de Tukey. Si las diferencias entre dos promedios son mayores al LDS, entonces habrá diferencia a un α de 0,05.

El incremento en los diámetros y en el volumen del fruto de tomate depende de la extensibilidad epidermal (Thompson, 2001) y del desarrollo de los tejidos del pericarpio, los cuales, generalmente comprenden mas de las 2/3 partes del total del peso del fruto (Ho y Hewitt, 1986). La división y elongación de los tejidos del pericarpio son determinantes para el crecimiento del fruto de tomate. Mientras que las células epidérmicas se dividen durante todo el desarrollo del fruto, la división en el pericarpio está limitada a un corto

periodo del desarrollo del fruto y está localizada en los tejidos externos alrededor en los haces vasculares y en la hipodermis. Una vez la división celular finaliza, la expansión celular comienza para incrementar el tamaño del fruto (Bertin, 2005). En tomate, las células grandes endorreduplicadas están localizadas en el mesocarpo (Bunger-Kibler y Bangerth, 1983). La endorreduplicación es un ciclo celular incompleto que permiten incrementar el contenido de ADN nuclear (Galbraith *et al.*, 1991) y posiblemente el crecimiento del fruto de tomate (Bunger-Kibler y Bangerth, 1983; Bertin *et al.*, 2003).

Se ha determinado que durante los primeros estados del crecimiento de los frutos el contenido de clorofila total aumenta, con lo cual el fruto presenta una coloración verde, ocurre un crecimiento acelerado y un predominio de la síntesis de clorofilas sobre la de antocianinas (Hernández-Gil y Bautista, 1977), así mismo, la síntesis de hormonas de crecimiento se encuentra estimulada, lo que provoca una rápida división celular; acorde con el incremento en el contenido de auxinas (Coombe, 1960). Kender *et al.* (1970) encontraron un incremento en el contenido de auxinas y de giberelinas en la primera fase y un aumento de auxinas en la segunda fase del crecimiento de *Vaccinium angustifolium* AIT.

En concordancia, Casierra *et al.* (2007) afirman que la forma que adquiere el fruto durante los primeros estados de su crecimiento es un efecto de los reguladores de crecimiento producidos por las semillas inmaduras, de los cuales, el ácido giberélico cumple un papel relevante. Además, se ha encontrado que el ácido abscísico (ABA) está presente en altas cantidades en el pericarpo, en las axilas y en el tejido locular, en los estados tempranos de crecimiento de los frutos; sin embargo, posteriormente se encuentran grandes cantidades de ácido indolacético (AIA) que determinan tanto el ritmo del crecimiento como la forma del fruto (Kojima, 2005).

Según Medeiros y Raseira (1998), la maduración está acompañada de la producción de etileno y otras sustancias volátiles, los cambios en el color, la tasa de respiración, la permeabilidad de los tejidos, y transformaciones químicas que afectan a los azúcares, ácidos orgánicos, proteínas, compuestos fenólicos, pigmentos, pectinas, y otros. En esta fase, también se obtienen los sabores y olores específicos, los aumentos en la dulzura y la

disminución de la acidez se vuelven más pronunciados. También es durante este periodo que se da el ablandamiento de la fruta.

Respecto al comportamiento del diámetro del fruto dependiendo de la ubicación dentro del racimo, se encontró que todas las curvas de ajuste fueron tipo logística. En todos los momentos de muestreo se presentaron diferencias estadísticas, del mismo modo, se determinó que hubo un crecimiento diferencial y descendente a medida que el fruto se encuentra mas distante de la base del racimo, a los 1398,5GDC (135DDT) el diámetro de cada uno de los frutos numerados del 1 al 6 fue 7,38, 7, 6,82, 6,56, 6,27 y 5,92 cm respectivamente (Figura 13). El efecto de la posición del fruto sobre el tamaño del mismo también fue evaluado por Adams *et al.* (2001) y por Cockshull *et al.* (1992), quienes también encontraron que los frutos proximales son más grandes y maduran más rápido que los distales en los primeros racimos.

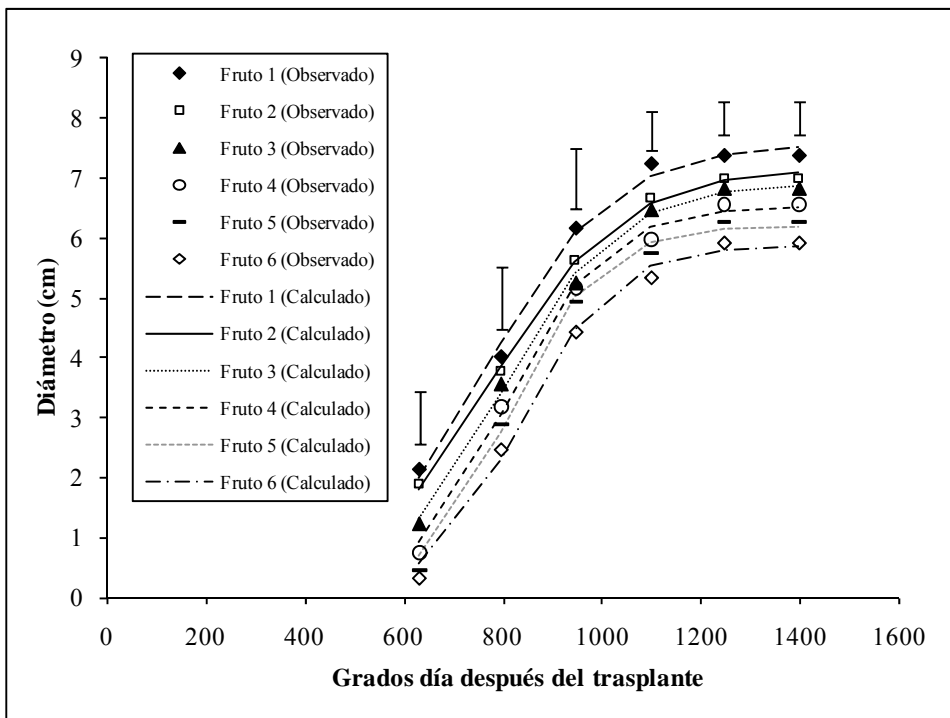


Figura 13. Comportamiento del diámetro del fruto de tomate en tiempo fisiológico afectado por la ubicación del fruto en el racimo. La barra representa el valor estadístico (LDS) para comparar los promedios, de acuerdo a la prueba de Tukey. Si las diferencias entre dos promedios son mayores al LDS, entonces habrá diferencia a un α de 0,05.

Según Adams *et al.* (2001), el número de células en frutos de tomate depende del desarrollo de la planta, de la relación fuente-vertedero, y la posición del fruto, pero el gradiente en el número de células, y por lo tanto, en el peso potencial de frutos proximales a distales dentro de la mismo racimo depende en gran medida el nivel de competencia durante desarrollo floral. En un nivel de competencia bajo, el número de células apenas difirió entre frutos dentro del mismo racimo, y por lo tanto, la fuerza de vertedero inicial del fruto después de la división celular no debería ser diferente. Cuando la competencia aumenta, el número de células se redujo en mayor proporción en frutos distales que proximales, lo que explicaría su mas baja fuerza de vertedero durante estados mas avanzados de desarrollo, y luego las diferencias de tamaño del fruto se espera que aumenten hasta la maduración desde frutos proximales que crecen más rápido y luego ejercen una creciente competencia contra frutos distales.

Factores tales como el tamaño del vertedero, la época de iniciación relativa de otros vertederos, la localización y distancia de la fuente son determinantes en la fuerza del vertedero en toda la planta (Bangerth y Ho 1984), lo cual se evidencia claramente en el presente estudio al observar el crecimiento diferencial y significativo de cada uno de los frutos que comprenden el primer racimo.

Entre los destinos existe cierta jerarquía, dentro de la cual algunos órganos sufren menos la reducción en la disponibilidad de asimilados, siendo los frutos menos sensibles que las flores (Wardlaw, 1990). Los frutos son los responsables de dirigir el flujo de asimilados (Gifford y Evans, 1981) y la fuerza de los mismos como destinos está dada por su tamaño, potencialmente determinado por la cantidad de células fijadas en la anthesis y por su actividad (Ho, 1996; Marcelis, 1996).

7.2.3 Tasa absoluta de crecimiento del fruto: se presentó un incremento muy alto en los híbridos SVR y Franco de los 632,5 a los 820 GDC, mientras que en Beverly este aumento fue menor, sin embargo, en este híbrido la posterior disminución fue mucho mas lenta que en los dos híbridos anteriores, al correlacionarlo con el aumento del diámetro se confirma que en este híbrido el desarrollo del fruto es más tardío (Figura 14).

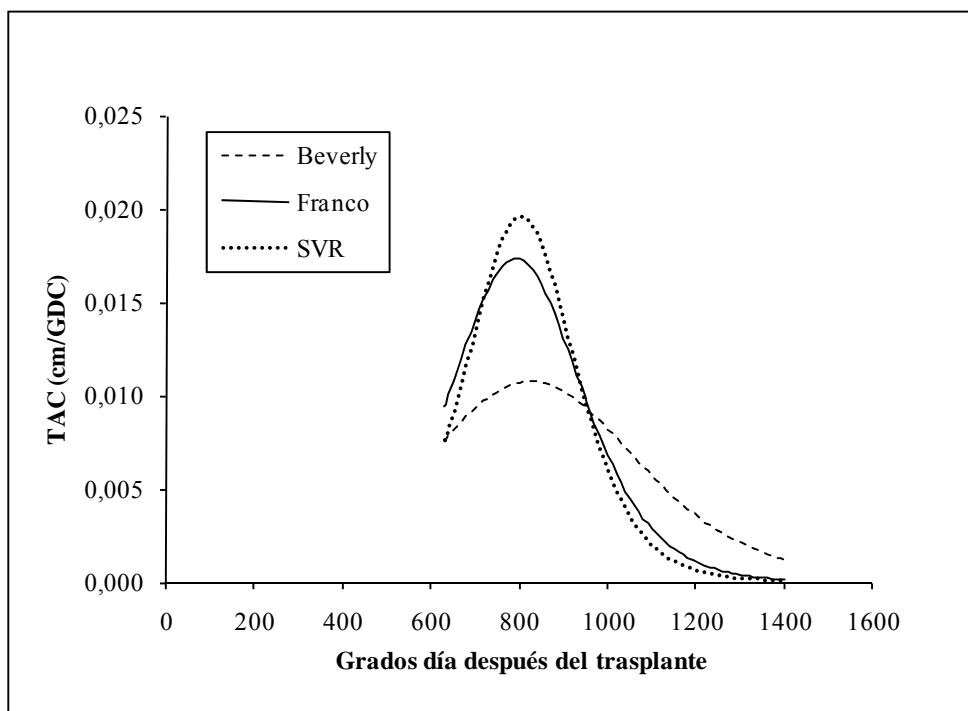


Figura 14. Comportamiento de la tasa absoluta de crecimiento (TAC) del fruto de tres híbridos de tomate cultivados bajo cubierta plástica en tiempo fisiológico

La ubicación del fruto en el racimo también generó un efecto diferencial en la TAC, no obstante presentaron un comportamiento similar, que se caracterizó por mostrar un aumento representativo de los 632,5 a los 820 GDC aproximadamente en los frutos 2, 3, 4 y 5 donde alcanzaron su máximo valor, por su parte, el fruto 1 presentó este aumento mucho más rápido (740GDC) y el fruto número 6 lo alcanzó más tarde (840GDC). Después de alcanzar el punto más alto, la TAC de todos los frutos sufrió una disminución muy rápida hasta la cosecha, no obstante, en el fruto 1 la disminución fue menor, indicando que es el fruto que alcanza mayor tamaño dentro del racimo (1398,5GDC; Figura 15).

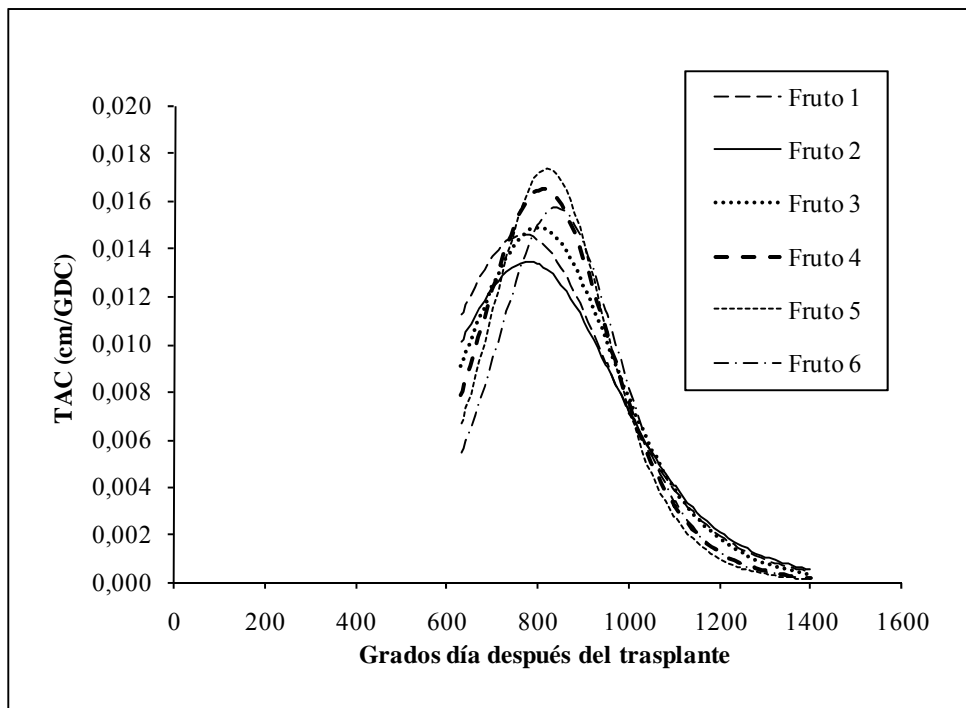


Figura 15. Comportamiento de la tasa absoluta de crecimiento (TAC) del fruto de tomate en tiempo fisiológico afectado por la ubicación del fruto en el racimo

El conocimiento de la tasa de crecimiento absoluto ofrece una visión acertada del poder vertedero de los frutos, en términos de acumulación de materia seca, medido de manera instantánea (Hunt, 1990; 2003); de acuerdo con esto, Casierra y Cardozo (2009) comentan que es importante reconocer que las labores agrícolas tendientes a mejorar la acumulación de materia seca en los frutos se deben llevar a cabo hasta la mayor TAC, dado que es el periodo en que el fruto es sensible de influenciarse por actividades como la fertilización foliar, el suministro de agua e incluso por un mayor suministro de luz. Para los tres híbridos evaluados dichas labores agrícolas se deberían realizar hasta aproximadamente los 810GDC que coinciden con alrededor de los 80DDT. Estos mismos autores mencionan que en teoría este planteamiento sería válido, sin embargo en la planta se presentan frutos en diferentes estados de desarrollo a lo largo del tallo e incluso en un mismo racimo, por lo que las labores tendientes a incrementar el peso seco de los frutos deben realizarse de manera permanente, una vez el primer racimo inicie su crecimiento y desarrollo.

7.2.4 Tasa relativa de crecimiento del fruto: esta tasa de crecimiento presentó su valor más alto en el momento del cuajado del fruto 632,5 GDC en los tres híbridos, siendo mucho menor en el híbrido Beverly, posteriormente se observó un descenso que fue mucho mas drástico hasta los 1120 para Franco y SVR, pero en Beverly esta disminución fue mas lenta (Figura 16).

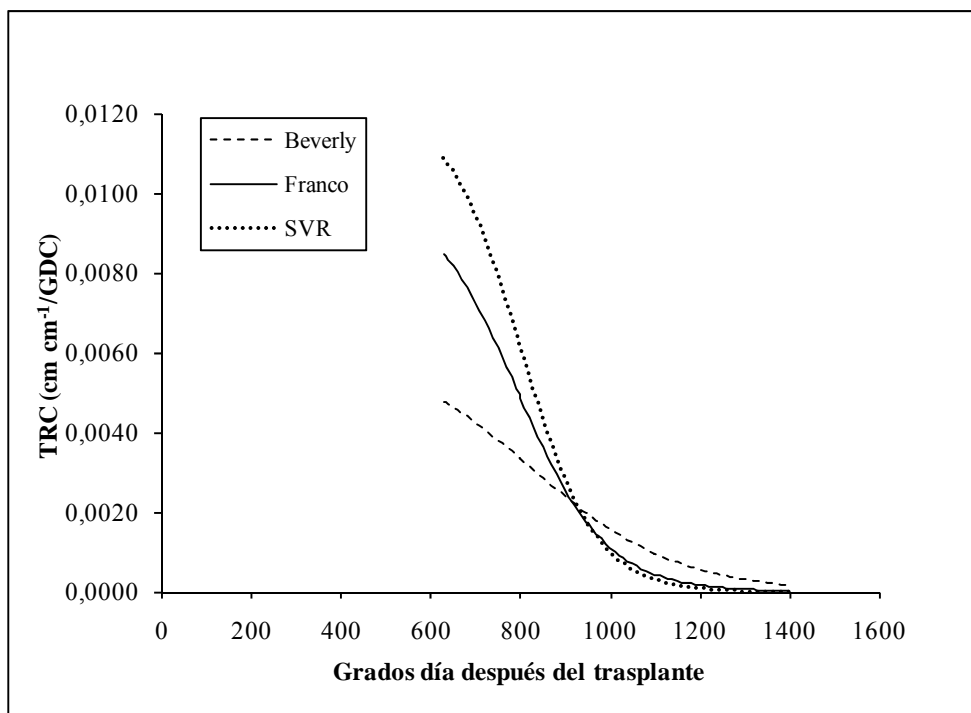


Figura 16. Comportamiento de la tasa relativa de crecimiento (TRC) del fruto de tres híbridos de tomate cultivados bajo cubierta plástica en tiempo fisiológico

La TRC afectada por la ubicación de los frutos tuvo un comportamiento similar al generado por el híbrido, a los 632,5 GDC se presentó el mayor valor y fue mucho mas alto en el fruto 3 y menor en el fruto 1, sin embargo, la disminución de la TRC en este último fruto fue mas lenta en comparación con los demás frutos, los cuales tuvieron una pérdida del valor de

TRC muy alta, sin embargo, esta disminución fue mucho mas lenta a partir de los 1120GDC (Figura 17)

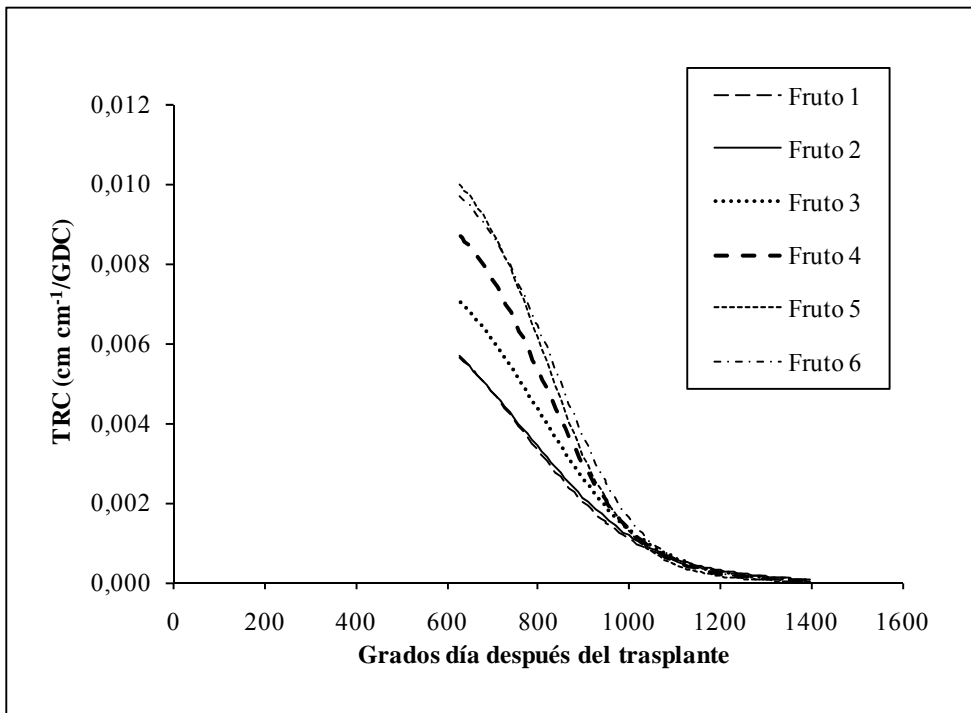


Figura 17. Comportamiento de la tasa relativa de crecimiento (TRC) del fruto de tomate en tiempo fisiológico afectado por la ubicación del fruto en el racimo

7.3 PRODUCCIÓN

Se presentaron diferencias estadísticas únicamente en la producción total, a pesar de esto, el híbrido SVR generó mayor producción en las calidades primera ($52667 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) segunda ($118933 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), cuarta ($32933 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y total ($305533 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), mientras que el híbrido franco tuvo mayor producción de calidad extra ($8533 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y tercera ($114733 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), el híbrido Beverly se caracterizó por presentar la menor producción en la mayoría de las calidades (Figura 18).

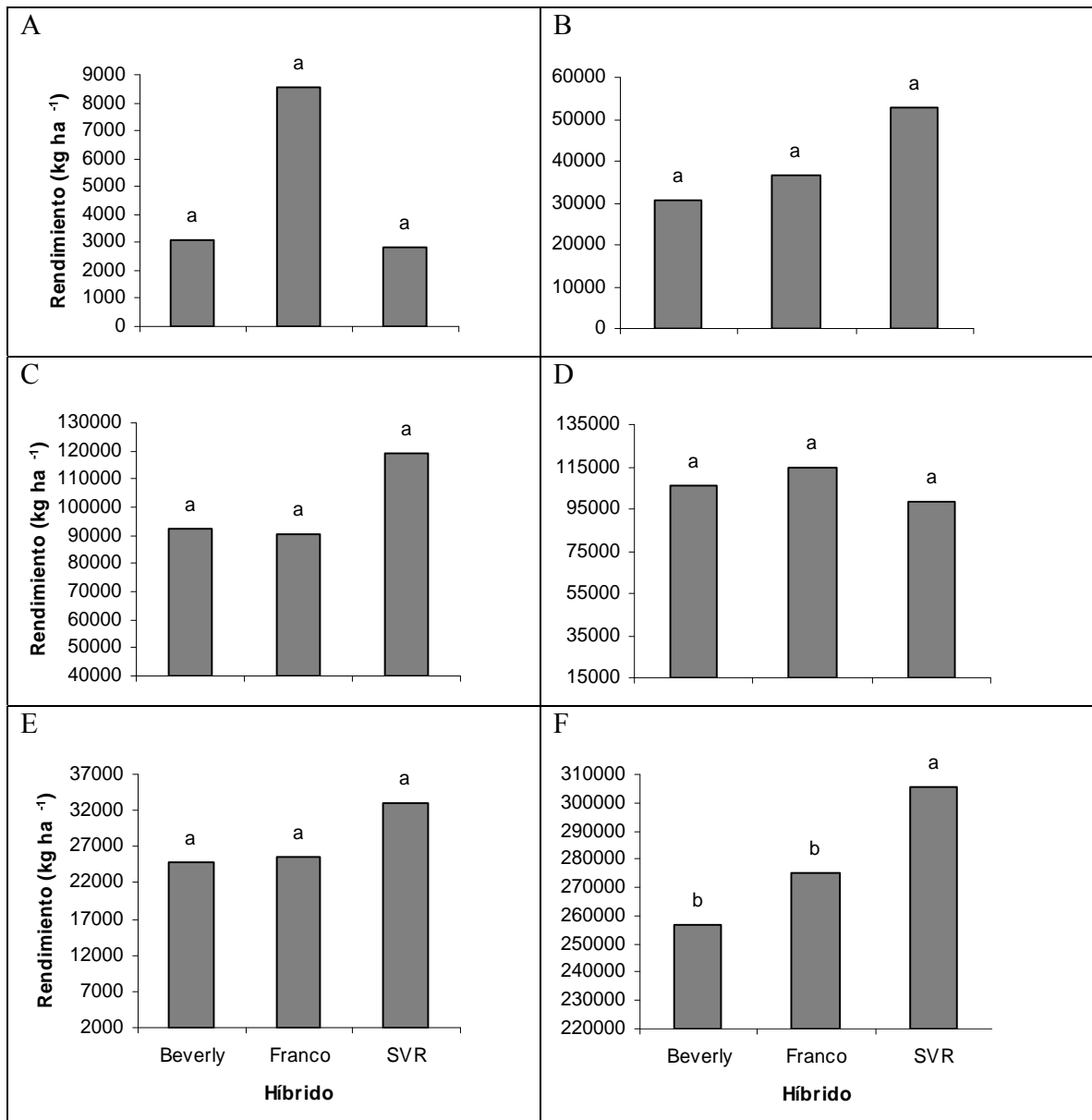


Figura 18. Producción por calidades comerciales de diferentes híbridos de tomate. A. Calidad Extra; B. Calidad Primera; C. Calidad Segunda; D. Calidad Tercera; E. Calidad Cuarta; F. Producción Total. Promedios seguidas de la misma letra no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Según Escobar y Lee (2000), del total de la producción de tomate larga vida cultivado bajo invernadero, el 60% corresponde a calidad extra, el 20% a primera, el 10% a segunda y el 10% a pérdidas. Si se observa con detenimiento el porcentaje de cada una de las calidades

comerciales obtenidas en esta investigación para los tres híbridos, este difiere bastante, pues la calidad con mayor porcentaje fue la tercera, seguida de la calidad segunda, luego primera, cuarta y por último extra con promedios aproximados de 38,09, 35,97, 14,27, 9,95% y 1,72% respectivamente. Esta discrepancia puede ser debida a muchos factores como el híbrido utilizado, la fertilización, el clima, el manejo cultural y la presencia de problemas fitosanitarios, entre otros.

El rendimiento económico del cultivo del tomate esta dado en términos número de frutos cosechados por unidad de área y sus tamaños individuales (Streck *et al.*, 1998). El tamaño del fruto es un factor de calidad sumamente importante y debe ser lo más uniforme posible durante todo el ciclo de producción, en este orden de ideas, el mejor híbrido en términos de producción estaría siendo el SVR, seguido luego del Franco y por último del Beverly.

Según la ficha técnica de cada uno de los híbridos se puede observar que el rango de peso fresco de los frutos es de 170 a 190g para Beverly, de 200 a 220g para Franco y de 160 a 210 g para SVR, esto indica junto con los resultados obtenidos que el Beverly tiene una producción mas baja y con frutos de menor tamaño, por su parte el SVR tuvo un buen comportamiento en la producción y aunque no tuvo alta cantidad de extra, si se caracterizó por una gran producción de calidad primera y segunda, mientras que el Franco presentó los frutos de mayor tamaño pero una menor producción que SVR.

En concordancia, Casierra *et al.* (2007) afirman que las diferencias encontradas entre los híbridos Sofia, Bravona y Granitio en cuanto a cada una de las variables de crecimiento y calidad de fruto son la consecuencia de la expresión genética de los mismos. Si bien el fenotipo está influenciado por el sistema de producción, el componente genético es determinante en el comportamiento de los cultivares, resultados que concuerdan con los encontrados en este estudio para los híbridos Franco, Beverly y SVR, pues en términos generales, el crecimiento del fruto y la producción fue diferente en los tres materiales.

8. CONCLUSIONES

El crecimiento de la planta de los tres híbridos de tomate basado en la altura, masa seca de hojas y de tallo siguió una curva sigmoide simple que se ajustó a un modelo logístico de crecimiento.

El híbrido Franco se caracterizó por presentar plantas con mayor altura, masa seca de hojas y de tallo, mientras que los híbridos Beverly y SVR fueron muy similares en el comportamiento de los parámetros mencionados.

La tasa de aparición de hojas fue estadísticamente igual en los tres híbridos, se encontró que el primer racimo de frutos aparece inmediatamente después de haberse formado la hoja número 7, además, cada 3 hojas aparece un nuevo racimo.

El comportamiento observado del número de frutos/racimo Vs número de racimos/planta en los tres híbridos fue semejante y se ajustó a un polinomio de tercer grado, el cual indicó que del 1 al 4 racimo el número de frutos/racimo permaneció casi constante con un promedio de 7 frutos/racimo, entre el racimo 5 y 11 hubo una disminución de este parámetro, de tal manera que en el racimo 11 se encontraron 5 frutos/racimo, valor que permaneció constante hasta el racimo 15.

El diámetro de frutos del primer racimo hasta la maduración en los tres cultivares se ajustó a una función logística. El híbrido Franco se caracterizó por presentar frutos con un diámetro mayor seguido del híbrido Beverly, no obstante, este último presentó un periodo de desarrollo mas largo.

La posición del fruto en el primer racimo tuvo un comportamiento diferencial e inverso, es decir, que a medida que el fruto está más alejado del tallo su crecimiento es menor, siendo el fruto 1 el de mayor tamaño y el fruto 6 el más pequeño.

Respecto a la producción, el Beverly tiene una producción mas baja y con frutos de menor tamaño, por su parte el SVR tuvo un buen comportamiento en la producción y aunque no tuvo alta cantidad de extra, si se caracterizó por una gran producción de calidad primera y segunda, mientras que el Franco presentó los frutos de mayor tamaño pero una menor producción que SVR.

9. RECOMENDACIONES

Es importante que en futuras investigaciones relacionadas se tenga en cuenta el área foliar y el peso seco de frutos para poder realizar análisis mucho mas objetivos que los que se hicieron en la presente investigación.

Se recomienda realizar un análisis económico y un estudio de calidad poscosecha para poder decidir con certeza cual de los tres híbridos evaluados es sin duda el que mejor se adapta a las condiciones agroecológicas y al sistema de producción de la zona de estudio.

Es recomendable replicar esta investigación, pero con la diferencia de que se evalúen diferentes tratamientos de poda apical, con el fin de dejar diferentes números de racimos/planta y de frutos/racimo, de esta manera es posible que el comportamiento entre híbridos sea diferente y que puedan expresar su verdadero potencial genético.

También se recomienda que el estudio se realice en diferentes zonas agroecológicas productoras de tomate, esto con el propósito de observar la adaptabilidad de los tres cultivares evaluados.

Se recomienda evaluar otros híbridos de tomate larga vida que presenten adaptabilidad y potencial de producción para la zona de San Antonio del Tequendama, Cundinamarca, del mismo, que estos estudios no solo se realicen bajo cubierta plástica sino también en condiciones de libre exposición.

10 BIBLIOGRAFÍA

- Agronet. 2009. Área Cosechada, Producción y Rendimiento de Tomate. Disponible en línea en: <http://www.agronet.gov.co/>; consulta noviembre de 2009.
- Aikman, D.P. 1996. A procedure for optimizing carbon dioxide enrichment of a glasshouse tomato crop. *Journal of Agricultural Engineering Research* 63: 171-184.
- Adams, S. R., K. E. Cockshull y C. R. J. Cave. Effect of Temperature on the Growth and Development of Tomato Fruits.
- Bangerth, F. y L.C. Ho. 1984. Fruit position and fruit set sequence in a truss as factors determining final size of tomato fruits. *Annals of Botany* 53,315–319.
- Barraza, F., G. Fischer y C. E. Cardona. 2004. Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle del Sinú medio, Colombia, *Agronomía Colombiana*, 22 (1), 81-90.
- Bertin, N. 2005. Analysis of the Tomato Fruit Growth Response to Temperature and Plant Fruit Load in Relation to Cell Division, Cell Expansion and DNA Endoreduplication. *Annals of Botany* 95,439–447.
- Bertin, N., C. Borel. B. Brunel, C. Cheniclet y M. Causse. 2003. Do genetic makeup and growth manipulation affect tomato fruit size by cell number, or cell size and DNA endoreduplication? *Annals of Botany* 92,415–424.
- Bertin, N. 1995. Competition for assimilates and fruit position affect fruit set in indeterminate greenhouse tomato. *Annals of Botany* 75, 55-65.
- Bohner, J. y F. Bangerth. 1988a. Effects of fruit set sequence and defoliation on cell number, cell size and hormone levels of tomato fruits (*Lycopersicon esculentum* Mill. within a truss. *Plant Growth Regulation* 7: 141–155.
- Bohner, J. y F. Bangerth. 1988b. Cell number, cell size and hormone levels in semi-isogenic mutants of *Lycopersicon pimpinellifolium* differing in fruit size. *Physiology Plantarum* 72: 316–320.
- Bunger-Kibler, S. y F. Bangerth 1983. Relationship between cell number, cell size and fruit size of seeded fruits of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), and those induced

- parthenocarpically by the application of plant growth regulators. *Plant Growth Regulation* 1,143–154.
- Carranza, C., O. Lancho, D. Miranda y B. Chaves. 2009. Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) “Batavia” cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana* 27(1), 41-48.
- Casierra-Posada, F. y M.C. Cardozo. 2009. Análisis básico del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Quindío) cultivado a campo abierto. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín* 62(1), 4815-4822.
- Casierra-Posada, F., M.C. Cardozo y J.F. Cárdenas-Hernández. 2007. Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. *Agronomía Colombiana* 25(2), 299-305.
- Chamorro, J. 1995. Anatomía y fisiología de la planta de tomate. En: Nuez, F. (ed.). *El cultivo del tomate*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. pp. 43-91.
- Clavijo, J. 1989. Análisis de crecimiento en malezas. *Revista Comalfi*. Vol. XVI. Bogotá, pp. 12 - 16.
- Compañía Agroindustrial de Semillas, 2010. Ficha técnica tomate milano Beverly R Z. disponible en: <http://www.agroindustrialdesemillas.com/FrontPageLex/11BrowserPhoto.php?IdArticulo=182>. Consulta: Julio de 2010.
- Coombe, B.G. 1976. The development of fleshy fruits. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 27, 207-228.
- Cowan, A.K., C.S. Moore-Gordon, I. Bertling y B.N. Wolstenholme. 1997. Metabolic control of avocado fruit growth. *Plant Physiology* 114, 511–518.
- Daie, J. 1985. Carbohydrate partitioning and metabolism in crops. *Horticultural Reviews* 1 (7), 69-108.
- Dogliotti, S. 2007. Universidad de la República – Facultad de Agronomía Ciclo de Formación Central Agronómica Curso de Fisiología de los Cultivos Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Material de apoyo al Módulo Horticultura. Disponible en: www.fagro.edu.uy/~cultivos/hortalizas/Repartido_Fisiologia_tomate.pdf. (Consulta, 22/01/09).

- Dwelle, Robert. 1990. Source/Sink Relationships during tuber growth. *American Potato Journal*. 67 (12), 829 – 833.
- Edwards, D., D. Doley y G.M. Rimmington. 1986 exponential growth: Modeling plant growth and development. Academic Press, London, p.10.
- Escobar. H. y R. Lee. 2001. Producción de tomate bajo invernadero. Cuadernos del centro de investigaciones y asesorías agroindustriales CIIA. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 134 p.
- Estrada, E.I, M.A, García, D. Baena, A. Gutiérrez, C.I. Cardozo, M.S. Sánchez y F.A. Vallejo. 2004. Cultivo del tomate variedad UNAPAL Maravilla. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- FAO. 2009. FAOSTAT. Área Cosechada, Producción y Rendimiento de Tomate. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Consulta noviembre de 2009.
- Flórez, V., D. Miranda, B. Chaves, L. Chaparro, C. Cárdenas y A. Farías. 2006. Parámetros considerados en el análisis de crecimiento en rosa y clavel en los sistemas de cultivo en suelo y en sustrato. En: Flórez, V., A. De la C. Fernández, D. Miranda, B. Chaves y J.M. Guzmán (eds.). Avances sobre fertirriego en la floricultura colombiana. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Foyer, Christine y PAUL, Matthew. 2001. Source – Sink Relationships. En: *Encyclopedia of Life Sciences*. Nature Publishing Group. United Kingdom. 11 p.
- Galbraith, D.W., Harkins KR, Knapp S. 1991. Systemic endopolyploidy in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology* 96, 985–989.
- Gillaspy, G., H. Ben-David y W. Gruissem. 1993. Fruits: a developmental perspective. *Plant Cell* 5, 1439– 1451.
- Gómez, C., C. Buitrago, M. Cante, B. Huertas. 1999. Ecofisiología de papa (*Solanum tuberosum*) utilizada para cultivo fresco y para la industria. *Revista Comalfi*. 26 (1 – 3), 42 – 55.
- González, M. y L. Montejo. 2007. Evaluación de la influencia del aclareo sistemático de frutos sobre el peso fresco y diámetro en dos variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* L) larga vida, Sofia y Miramar, en la Capilla Boyacá. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

- Grange, R.I., J. Andrews. 1993. Growth rates of glasshouse tomato in relation to final size. *Journal of Horticultural Science* 68, 747-754.
- Gifford, R.E. y L.T. Evans. 1981. Photosynthesis, carbon partitioning and yield. *Annual Review of Plant Physiology* 32, 485-509.
- Hernández-Gil, R. y D. Bautista. 1977. Crecimiento y cambios bioquímicos durante el proceso de maduración de la mora (*Rubus glaucus* BENTH.) (a) *Agronomía Tropical* 27(2), 225-233.
- Heuvelink, E., L.F.M. Marcelis. 1989. Dry matter distribution in tomato and cucumber. *Acta Horticulturae* 260, 149-157.
- Ho, L.C. 1996. The mechanism of assimilate partitioning and carbohydrate compartmentation in fruit in relation to the quality and yield of tomato. *J. Exp. Bot.* 47,1239-1243.
- Ho, L. C. 1992. The distribution and identity of assimilates in tomato with special reference to stem reserves. *Annual of Botany* 73, 315-323.
- Ho, L.C. y J.D. Hewitt. 1986. Fruit development. En: Atherton JG, Rudich J, eds. *The tomato crop. A scientist basis for improvement*. London, UK: Chapman and Hall, 201-239.
- Hocking, P.J. y B.T. Steer. 1994. The distribution and identity of assimilates in tomato with special reference to stem reserves. *Ann. Bot.* 73,315-325.
- Hunt, R. 2003. Growth analysis, individual plants. pp. 579-588. En: Thomas, B., D.J. Murphy y D. Murray (eds). *Encyclopaedia of applied plant sciences*. Academic Press, Londres.
- Hunt, R. 1990. *Basic growth analysis. Plant growth analysis for beginners*. Unwin Hyman, Boston. 112 p.
- Jackson, D.I. y B.G. Coombe 1966. The growth of apricot fruit. I. Morphological changes during development and the effects of various tree factors. *Australian Journal of Agricultural Research* 17, 465-77.
- Jaramillo, J. 2009. The state of research in tomato in Colombia. *Acta Hort.* 821, 47-52.
- Jaramillo, J., V.P. Rodríguez, M.A. Guzmán, M.A. Zapata y T. Rengifo. 2007. Buenas Prácticas Agrícolas-BPA Producción de tomate bajo condiciones protegidas.

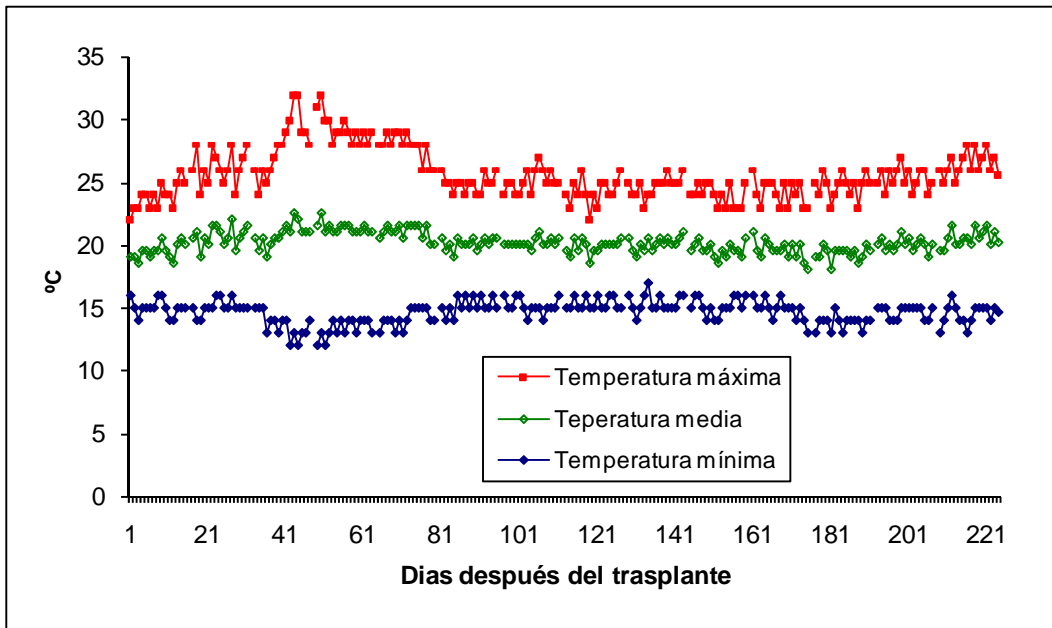
- CORPOICA – MANA – Gobernación De Antioquia - FAO. Manual Técnico No 21. 331p.
- Kender, W.J. y J.C. Desrochers. 1970. Changes in endogenous auxin, gibberellin-like substances, End inhibitors in developing lowbush blueberry fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95, (6) 699-702.
- Kinet, J. y M. Peet, Tomato. 1997. En: H.C. Wien (ed). *The physiology of vegetable crops*. Wallingford, Cabi Publishing. pp. 207 - 258.
- Kender, W. J. y J. C. Desrochers. 1970. Changes in endogenous auxin, gibberellin-like substances, End inhibitors in developing lowbush blueberry fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95, (6) 699-702.
- Krug, H. 1997. Enviromental influences on development growth and yield. pp. 101-180. En: H.C. Wien (Ed.). *The Physiology of Vegetable Crops*. CABI Publishing, London. 662 p.
- Link, H. 2000. Significance of flower and fruit thinning on fruit quality. *Plant Growth Regulation* 31: 17–26, 2000. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- Marcelis, L.F.M. 1996. Sink strength as a determinant of dry matter partitioning in the whole plant. *J. Exp. Bot.* 47,1281-1291.
- Medeiros, C.A.B.; Raseira, M.C.B. 1998. *A cultura do pessegueiro*. Brasilia: Embrapa–SPI, 350p.
- Mejia, S., E. Estrada y M. Franco. 2007. Respuesta del tomate chonto cultivar Unapal Maravilla, a diferentes concentraciones de nutrientes. *Acta Agronómica* 56(2), 75-83.
- Monselise SP, Varga A, Bruinsma J. 1978. Growth analysis of the tomato fruit, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Annals of Botany* 42,1245-1247.
- Neild, R. y M.W. Seeley. 1977. Applications of growing degree days in field corn production. In: *Agrometeorology of the maize crop*. WMO N° 481. p. 426-436. Geneva, Swtzerland
- Pedroza M., J.A., G. Corchuelo y A. Angarita. 1997. Análisis de crecimiento de *Limonium sinuatum* Mill cv. Midnight Blue propagada sexual y asexualmente a partir de yemas vegetativas y florales. *Agron. Colomb.* 14(1), 1-12.
- Radin, B. 2002. Eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes. En: *Reunião Argentina De Agro meteorología, Vaquerias*. Anales. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.

- Radford, P.J. 1967. Growth analysis formulae. Their use and abuse. *Crop Sci.* 7, 171-175.
- Rangel, R.J. y J.R. Silvas. 1987. Fenología del tomate en tres fechas de siembra. En: Avances de investigación en hortalizas en el estado de Sinaloa. SARH-INIFAP-CAEVACU. Publicación N° 12, 45-47.
- Rodríguez, M. 2005. Estudio del crecimiento y desarrollo y de la maduración del fruto de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) en los clones 41 (Quimba) y 8-4, en condiciones del municipio de La Vega (Cundinamarca). Tesis de grado. Programa de maestría, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Rodríguez, W. y V. Flórez. 2006. Comportamiento fenológico de tres variedades de rosas rojas en función de la acumulación de la temperatura. *Agron. Colomb.* 24(2), 247-257.
- Ruiz, A. 1991. Caracterización Fenológica del Guayabo (*Psidium guayava* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 2000. Fisiología de las plantas. Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Thompson Ediciones, Madrid. pp. 557-564.
- Santos, M. y M. Segura. 2005. evaluación de variables fisiológicas y componentes de rendimiento en cuatro variedades y dos clones avanzados de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca). Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Agronomía Bogotá.
- Semillas Arroyave, 2010. Ficha técnica tomate híbrido Franco
- Semillas Arroyave, 2010. Ficha técnica tomate híbrido SVR 565
- Silvius, J.E. D.F. Kremer, D.R. Liu. 1978. Carbon assimilation and translocation in soybean leaves at different stages of development. *Plant Physiology* 62, 54-58.
- Sivakumar, M.V.R. y R.H. Shaw. 1978. Methods of growth analysis in field growth soybeans *G. max* (Merril). *Ann. Bot.* 42, 213-322.
- Streck, N.A.; Buriol, G.A.; Andriolo, J.L.; Sandri, M.A. 1998. Influência da densidade de plantas e da poda apical drástica na produtividade do tomateiro em estufa de plástico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 33(7), 1105-1112.
- Talón, M. 1993. Giberelinas (pp. 301 – 318). En: Azcón-Bieto, J y Talon, M. (eds). Fisiología y Bioquímica Vegetal. McGraw Hill/Interamericana, Barcelona.

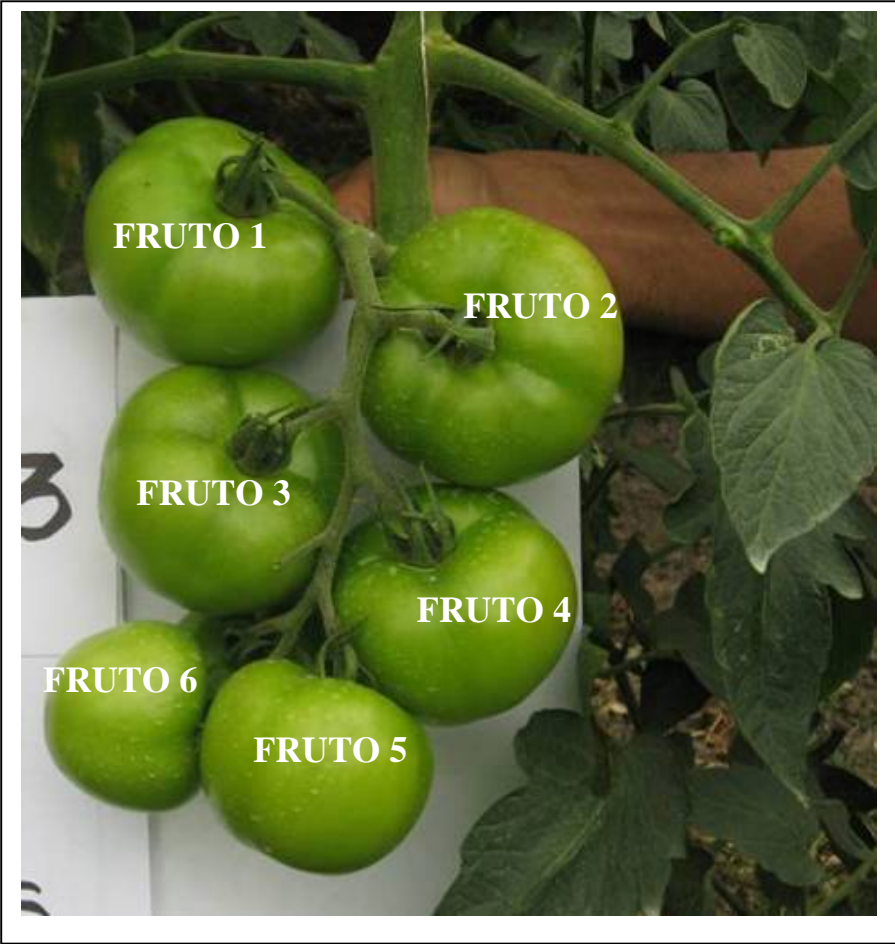
- Tanaka, A. y Fujita, K. 1974. Nutrio-physiological studies on the tomato plant. IV Source-sink relationship and structure of the source-sink unit. *Soil Science and Plant Nutrition* 20,305-315.
- Thompson, D.S. 2001. Extensiometric determination of the rheological properties of the epidermis of growing tomato fruit. *Journal of Experimental Botany* 52, 1291–1301.
- Tigchelaar, E.C., 1978. Tomato ripening mutants. *HortScience* 13, 502.
- Villegas, J.R., V. González. J. Carrillo. M. Livera, F. Sánchez y T. Osuna. 2004. Modelos empíricos del crecimiento y rendimiento de tomate podado a tres racimos. *Revista fitotecnia mexicana* 27(1), 63-67.
- Wardlaw, I. F. 1990 The control of carbón partitioning in plants. *New Phytology* 116, 341-348.
- WMO. 1993. Practical use of agrometeorological data and information for planning and operational activities in agriculture. WMO. Publication N° 60. Geneva.
- Zotarelli, L, J. M. Scholberg, M. D. Dukes. R. Muñoz-Carpena, J. Icerman. 2009. Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. *Agricultural Water Management* 96, 23-34.

ANEXOS

Anexo A. Comportamiento de la temperatura mínima, máxima y promedio durante todo el estudio.






Anexo B. Ubicación del fruto dentro del primer racimo para evaluar el crecimiento del mismo.



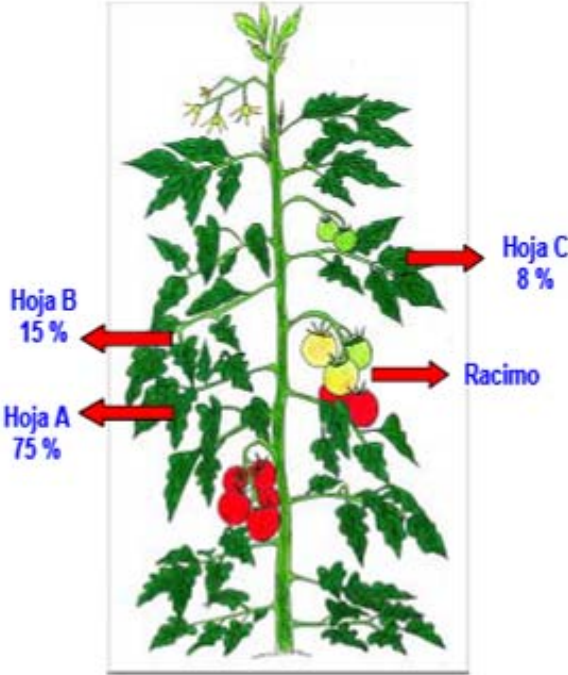
Anexo C. Equivalencia entre días después del trasplante (DDT) y acumulación de grados día calor (GDC).

DDT	GDC
0	0
15	141,5
30	301,5
45	463
60	632,5
75	797,5
90	948,5
105	1100,5
120	1247,5
135	1398,5
150	1542
165	1685
180	1824




Anexo D. Plantas de tomate de los tres híbridos evaluados a los 90 días después de trasplante (948,5GDC).

Híbrido	Foto
Beverly RZ	 A photograph of a tomato plant in a greenhouse. The plant is tall and green, with a white label attached to its stem that reads "T1R3". The plant is supported by a wooden stake and is growing in a red plastic tray.
Franco	 A photograph of a tomato plant in a greenhouse. The plant is tall and green, with a white label attached to its stem that reads "T2R2". The plant is supported by a wooden stake and is growing in a red plastic tray.
SVR 565	 A photograph of a tomato plant in a greenhouse. The plant is tall and green, with a white label attached to its stem that reads "T3R1". The plant is supported by a wooden stake and is growing in a red plastic tray.

Anexo E. Distribución de las hojas en una planta de tomate de crecimiento indeterminado (Jaramillo *et al.*, 2007).



Anexo F. Primer racimo de tomate de los tres híbridos evaluados a los 135 días después de trasplante (1398,5GDC).

Híbrido	Foto
Beverly RZ	 A cluster of red tomatoes on a vine. A white paper tag is attached to the stem with the handwritten text 'T1R1' and '135 D.D.S'.
Franco	 A cluster of red tomatoes on a vine. Two white paper tags are attached to the stem with the handwritten text 'T2R2' and '135 D.D.S'.
SVR 565	 A cluster of red tomatoes on a vine. Two white paper tags are attached to the stem with the handwritten text '135 D.D.S' and 'T3R3'.