

Efecto del número de racimos por planta sobre el rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

The effect of number of clusters per plant on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) yield



RAFAEL ALBERTO QUINTANA-BAQUERO¹
HELBER ENRIQUE BALAGUERA-LÓPEZ^{2,3}
JAVIER GIOVANNI ÁLVAREZ-HERRERA¹
JULIÁN F. CÁRDENAS-HERNÁNDEZ²
ELBERTH HERNANDO PINZÓN¹

Racimo de tomate híbrido Sofía.
Foto: R. Quintana

RESUMEN

En Colombia, la productividad del cultivo del tomate, que es una de las hortalizas más cultivadas y consumidas en el mundo, es muy inferior a la óptima; por ello, en este trabajo se evaluó el efecto del número de racimos por planta en la producción de tomate cultivado en suelo en condiciones de invernadero en el municipio de Turmequé (Boyacá). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos correspondientes al número de racimos por planta de tomate (8, 10 y 12) con 16 repeticiones. Se determinó la producción por calidades comerciales y se realizó un análisis económico. Los resultados indicaron que hubo diferencias estadísticas en la calidad primera, segunda, tercera y total; extra y cuarta no presentaron diferencias significativas. En general, se observó un aumento lineal de la producción en función del número de racimos/planta, excepto en la calidad extra. El tratamiento de 12 racimos/planta generó el mayor rendimiento total y buena respuesta en las demás categorías, además presentó los mayores costos de producción, rentabilidad e ingreso neto.

Palabras clave adicionales: fotoasimilados, relación fuente/vertedero, rentabilidad, costos.

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigaciones Agrícolas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja (Colombia).

² Facultad de Agronomía, Programa de Maestría en Ciencias Agrarias con énfasis en Fisiología de Cultivos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá; Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigaciones Agrícolas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja (Colombia).

³ Autor para correspondencia. enrique_balaguera@yahoo.com

ABSTRACT

The tomato is one of the most cultivated and consumed vegetables in the world. However, in Colombia, the yield of the tomato crop is suboptimal. Therefore, in this study, the effect of the number of clusters on tomato production was evaluated under greenhouse conditions in the municipality of Turmequé (Boyacá). A completely randomized design was used with three treatments corresponding to the number of clusters per tomato plant (8, 10 or 12) with 16 replicates. Production was determined by commercial grades and an economic analysis was made. The results indicated that there was a statistical difference among the qualities first, second, third and total, whereas extra and fourth did not differ significantly. In general, there was a linear increase of production in function of number of clusters/plant, except for the extra quality. The treatment of 12 clusters per plant generated the highest total yield and good response in other categories; also it had the highest costs of production, profitability, and net income.

Additional key words: photoassimilates, source/sink ratio, profitability, cost.

Fecha de recepción: 28-04-2010

Aprobado para publicación: 26-10-2010

INTRODUCCIÓN

A nivel nacional e internacional, el tomate es la hortaliza más cultivada y consumida. En el año 2008, se cultivaron en el mundo 5.227.883 ha, que produjeron 129.649.883 t de tomate (FAO, 2010); para ese mismo año, el área cultivada en Colombia fue de 14.855 ha, con una producción de 455.693 t; de esa área, el departamento de Boyacá tenía el 12,99% y reportó el mayor rendimiento nacional (65,6 t ha⁻¹) (Agronet, 2010). Cada día es mayor el área cultivada en tomate que se encuentra bajo invernadero (Balaguera-López *et al.*, 2009), con el fin de controlar factores climáticos adversos y de tener mayor monitoreo de las labores (Escobar y Lee, 2001). Cabe destacar que es un cultivo de gran relevancia social, ya que se lleva a cabo con mano de obra familiar en pequeñas áreas (Radin, 2002).

La poda de flores y frutos es una práctica que permite balancear el crecimiento vegetativo con el generativo, para optimizar el número y el tamaño de los frutos en el racimo a lo largo de la planta. El manejo de la poda de frutos no tiene una fórmula general y depende de variables como variedad, condiciones climáticas, el estado de desarrollo de las plantas, su vigor y las exigencias del mercado (Escobar y Lee, 2001; Bojacá *et al.*, 2009).

Para las zonas productoras de tomate del departamento de Boyacá no se ha determinado el número de racimos por planta que garantiza la obtención de tomates de mayor calibre comercial (calidad extra y primera) y que genere mayor rentabilidad en el cultivo; por lo que se acostumbra a dejar el mayor número posible de racimos, alargando al máximo el ciclo de producción del cultivo y permitiendo el mayor número de frutos, debido a que se trabaja con híbridos de crecimiento indeterminado, como en el caso del presente estudio. Sin embargo, esto trae como consecuencia frutos de menor calibre comercial, mayor mano de obra, mayores costos de producción, aumento en la incidencia de problemas fitosanitarios y menor número de ciclos de producción por vida útil del invernadero.

El número de frutos está determinado por la cantidad de hojas que actúan como fuente de asimilados de acuerdo con su filotaxia; al hacer raleo de frutos, el número de hojas y su distancia a los frutos puede variar. Al reducir unos frutos, los asimilados que iban a estos son atraídos por los frutos adyacentes, que aumentan así su peso y tamaño (Russell y Morris, 1983).

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 distancia y tiempo de translocación de asimilados. Cambios en la arquitectura de la planta, tales como la poda apical y de frutos, son acciones que pueden adoptarse para lograr producción de frutos, principalmente, de mayor tamaño, que son preferidos por los consumidores (Caliman, 2003; Guimarães *et al.*, 2007). Adicional a esto, el posible aumento de fotoasimilados disponibles en la planta puede causar mayor cantidad de frutos por racimo, debido a la disminución del aborto floral (Bertin, 1995).

La calidad del tomate determina en gran medida el precio, y junto con su peso fresco determina su valor económico. El peso fresco del producto está relacionado estrechamente con su peso seco, sin embargo se han reportado variaciones en peso seco del fruto dependiendo de la época del año (Bertin, 1995).

La competencia por los asimilados entre los órganos vegetativos y reproductivos cambia con el desarrollo de la inflorescencia. El ápice parece ser un vertedero más fuerte que la inflorescencia en iniciación y cuando el suministro de asimilados es inadecuado; por ejemplo, por baja iluminación, la inflorescencia sólo tiene asimilados después de que las necesidades del ápice han sido satisfechas. También existe competencia entre racimos; cuando el suministro de asimilados es deficiente, el crecimiento de un racimo en fructificación puede suprimir la floración de los racimos siguientes. En una planta con racimos múltiples, el suministro de asimilados de las hojas a los racimos procede fundamentalmente de las tres hojas inferiores (Chamarro, 1995).

La práctica de despunte o capado consiste en la eliminación del ápice de la planta y de los brotes laterales. Esta práctica se hace aproximadamente dos meses antes del fin del ciclo del cultivo para no desperdiciar fotoasimilados en frutos que no van a llegar a ser cosechados, puesto que la época de cosecha termina antes de que estos alcancen la madurez. Para realizar esta práctica de manejo se debe estimar el tiempo que demora un fruto desde el cuajado hasta la maduración, con el fin de saber cuál es el último racimo en la planta

que podrá ser cosechado; entonces se dejan dos o tres hojas por encima de este racimo y se elimina el resto de la parte apical de la planta. Al aplicar esta práctica de manejo se está modificando positivamente la relación fuente/vertedero en la planta al disminuir el número de vertederos en crecimiento. De esta forma se favorece el cuajado del último racimo y se mejora el tamaño final del fruto en todos los racimos que restan por cosechar (Dogliotti, 2007).

Esta poda permite determinar el número de racimos que se van a dejar por planta; se puede llevar la producción a 8, 10, 12, 14 o 16 racimos, dependiendo del estado sanitario de la planta, la productividad del material y la calidad comercial exigida por los mercados. Generalmente, el tamaño de los frutos de los últimos racimos es mucho menor, por lo cual la poda terminal permite que los últimos frutos adquieran mayor tamaño. Usualmente, la poda de yema terminal incrementa el diámetro de los frutos en las tres últimas inflorescencias (Jaramillo *et al.*, 2007). En concordancia, según Gusmão (1988), para el cultivar de tomate Santa Cruz Kada, una poda apical por encima del cuarto racimo reduce el número de vertederos reproductivos y vegetativos; por el contrario, Machado *et al.* (2007) encontró que un aumento en el número de racimos/planta favoreció la producción total y comercial en los híbridos de tomate Heinz 9780 y Kátia. Mueller y Wamser (2009) reportaron un incremento en la producción total en función del número de racimos/planta, sin embargo, hubo una disminución cuadrática de la masa media de frutos comerciales a medida que el número de racimos/planta fue mayor.

El objetivo de esta investigación fue determinar el número de racimos/planta de tomate, híbrido Sofía, que garantice el mayor rendimiento total y la producción de frutos de mayor calibre, y que además sea factible económicamente para las condiciones de cultivo bajo invernadero en el municipio de Turmequé (Boyacá).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el municipio de Turmequé, situado a 5°18'50"N y 73°30'W, a 2.389 msnm, en un lote bajo condiciones de invernadero de cubierta plástica de 980 m², donde

se sembró un cultivo comercial de tomate larga vida híbrido Sofía de crecimiento indeterminado; en el interior del invernadero se presentó una temperatura promedio de 22,2°C y humedad relativa del 79,6%.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar; se evaluaron tres tratamientos correspondientes a diferentes números de racimos/planta de tomate (8, 10 y 12), tratamientos con 16 repeticiones, que generaron 48 unidades experimentales, cada una compuesta por tres plantas de tomate. Estos tratamientos fueron seleccionados con base en la poda apical que realizan en su mayoría los productores de tomate larga vida en la zona tomatera del Alto Ricaurte, Boyacá, (Sutamarchán, Santa Sofía, Sáchica, Tinjacá y Villa de Leyva).

El suelo del invernadero fue preparado con arado de tracción animal y luego se homogeneizó el suelo con azadón. Posteriormente se aplicó e incorporó a la siembra materia orgánica, cal agrícola, fosfato diamónico y cloruro de potasio, de acuerdo con el análisis de suelos. Veinte días después se realizó la siembra de las plántulas de aproximadamente 25 d de germinadas; las distancias de siembra utilizadas fueron 1,1 m x 0,25 m entre surcos y plantas respectivamente. La fertilización y el suministro de agua se realizaron mediante sistema de fertirriego con goteros de 4 L/h. El control fitosanitario, el tutorado, las podas y demás prácticas culturales se hicieron de acuerdo con las recomendaciones dadas para la zona.

Se seleccionaron 144 plantas con un vigor similar al momento de formar el primer racimo; posteriormente se numeraron al azar de acuerdo con los tratamientos establecidos, y a medida que se fueron formando los siguientes racimos se hicieron las podas apicales respectivas. Cuando se inició la cosecha, las visitas al cultivo se realizaron cada 8 d, con el fin de hacer recolección de frutos, que posteriormente se clasificaron y pesaron en las diferentes categorías comerciales (extra, primera, segunda, tercera y cuarta) para cada planta.

Se evaluó el rendimiento del cultivo (kg ha^{-1}), para lo cual se determinó la producción de frutos por

planta de acuerdo con el diámetro del fruto (tabla 1); para esto se midieron y pesaron los frutos recolectados semanalmente y se extrapoló a hectárea, teniendo en cuenta que la densidad de plantación es de 36.363 plantas/ha. Además, se realizó un análisis económico, donde se determinaron indicadores económicos temporales (tabla 2) por tratarse de un cultivo transitorio; para esto se llevó un registro de todos los costos directos, indirectos e ingresos totales durante el ciclo de cultivo de cada uno de los tratamientos para determinar el más factible económicamente. El ciclo de cultivo tuvo una duración promedio de 180, 202 y 224 d para los tratamientos de 8, 10 y 12 racimos/planta, respectivamente. Con los datos obtenidos se hizo un análisis de varianza y se realizó la prueba de Tukey con una confiabilidad del 95%, mediante la utilización del programa SAS v. 9.2 (Cary, NC).

Tabla 1. Clasificación de los frutos de tomate según 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)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento de la calidad extra se ajustó a un polinomio de segundo grado, donde el mayor rendimiento se obtuvo con 10 racimos/planta, y el menor, con 12 racimos/planta, aunque sin

Tabla 2. Indicadores económicos.

Indicador	Correspondencia
Total costos directos (CD)	Sumatoria de costos directos
Total costos indirectos (CI)	Sumatoria de costos indirectos
Costos totales (CT)	$CT = CD + CI$
Ingreso total (IT)	Suma de los ingresos
Ingreso neto (IN)	$IT - CT$
Rentabilidad (%)	$IN/CT * 100$
Punto de equilibrio monetario	$CD / (Pu - Cvu)$

CF= costos fijos; Pu= precio unitario; Cvu= costo variable unitario

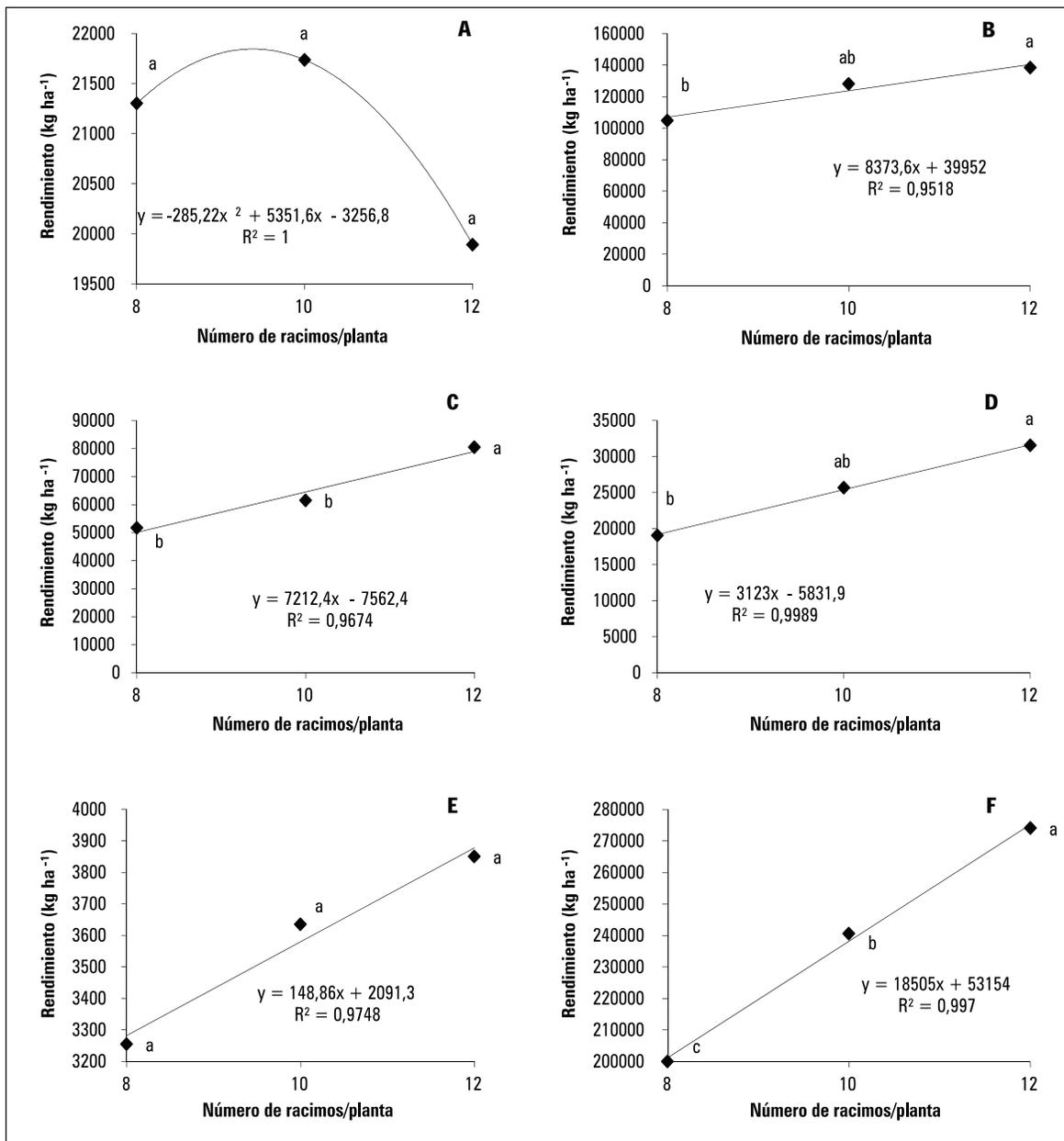


Figura 1. Efecto del número de racimos/planta sobre el rendimiento de tomate por calidades comerciales. A. Extra; B. Primera; C. Segunda; D. Tercera; E. Cuarta; F. Total. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

diferencias estadísticas (figura 1A). En la producción total y en las calidades primera, segunda, tercera y cuarta se presentó un aumento lineal y significativo en función del número de racimos/planta; por esta razón se obtuvo una mayor producción, con 12 racimos/planta, y la respuesta contraria con el menor número, en este caso, 8 racimos/planta (figuras 1 B, C, D, E y F).

Escobar y Lee (2001) encontraron que del total de la producción de tomate larga vida cultivado bajo invernadero, 60% corresponde a calidad extra; 20%, a primera; 10%, a segunda, y 10%, a pérdidas; al comparar estos resultados con los obtenidos en la presente investigación para todos los tratamientos, difieren bastante, pues en esta la calidad con mayor porcentaje fue la primera,

seguida de la segunda, luego la tercera, la extra y, por último, la cuarta, con promedios aproximados de 52%, 27%, 11%, 9% y 2%, 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.

En varias investigaciones se ha demostrado la contribución de la poda apical en el aumento del peso de los frutos. Al respecto, Gusmão (1988) encontró que para el cultivar de tomate Santa Cruz Kada, de crecimiento indeterminado, una reducción del número de racimos de 8 a 4 favoreció el aumento del peso de los frutos. Según este autor, una poda apical por encima del cuarto racimo reduce el número de vertederos reproductivos y vegetativos.

El rendimiento económico del cultivo del tomate está dado en función del 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. Para el caso del presente ensayo, el aumento de la productividad en función del incremento del número de racimos/planta se debió principalmente a la presencia de un mayor número de frutos/planta y a que estos presentaron un tamaño representativo. Varios estudios concuerdan con estos resultados. Machado *et al.* (2007) evaluaron diferentes números de racimos/planta (2, 4 y 8) en dos híbridos comerciales de tomate (Heinz 9780 y Kátia); los resultados indicaron que a medida que se aumentó el número de racimos/planta, la producción total y comercial fue mayor.

Así mismo, Mueller y Wamser (2009) evaluaron 5, 7, 9 y 11 racimos/planta, y encontraron aumento en la producción total en función del número de racimos/planta; sin embargo, hubo una disminución cuadrática de la masa media de frutos comerciales a medida que el número de racimos/planta fue mayor, lo cual coincide con lo que se encontró en la presente investigación.

A pesar de que la producción disminuyó a medida que el número de racimos/planta fue menor, al

analizar el porcentaje de producción de las calidades de mayor calibre (extra y primera), este disminuyó cuando aumentó el número de racimos/planta; esto sucede porque cuando se reduce el número de vertederos vegetativos y reproductivos se aumenta el área foliar, por incremento en el tamaño de las hojas, de tal manera que se eleva el contenido de asimilados disponibles para los frutos (Gusmão, 1988), y estos aumentan su tamaño y peso, debido a que son vertederos muy fuertes y los fotoasimilados son preferencialmente distribuidos a estos órganos (Peluzio *et al.*, 1995). Resultados similares fueron obtenidos en tomate por Machado *et al.* (2007). Por el contrario, con un mayor número de racimos/planta el tamaño de los frutos tiende a ser menor, por el aumento de la competencia entre los frutos por los recursos de la planta; además, con más racimos/planta el tallo presenta mayor longitud y aumenta la demanda de asimilados para su crecimiento, lo cual genera competencia con los frutos (Mueller y Wamser, 2009).

Así mismo, un aumento en el número de frutos/planta puede aumentar la fracción de fotoasimilados asignados a los frutos a expensas del crecimiento de las partes vegetativas (Andriolo y Falcão, 2000). En el caso contrario, y ratificando la anterior sugerencia, Benincasa *et al.* (2006) encontraron que una disminución de frutos por planta contribuyó a aumentar la acumulación de biomasa en las partes vegetativas y a disminuir la eficiencia en el uso de la luz; esto puede ser causado porque la mayor cantidad de asimilados en las hojas incrementa el costo de la respiración, ya que las hojas tienen mayores tasas respiratorias que los frutos. Lo anterior contribuye a explicar el resultado favorable que se obtuvo con 12 racimos/planta, y, por lo tanto, en este caso se esperaría que la gran fuerza de los vertederos por los fotoasimilados disminuya tanto la acumulación de biomasa en los órganos vegetativos (Benincasa *et al.*, 2006) como la expansión foliar, y de esta forma se acelere la senescencia de las hojas (Valantin *et al.*, 1998).

Al analizar la figura 1 se puede observar que con 12 racimos/planta se disminuye la producción de frutos de categoría extra y se aumenta considerablemente la cantidad de frutos en las categorías de menor calibre, es decir, que los

frutos tienden a ser de menor tamaño; esto se explica de acuerdo con lo mencionado por Bangerth (1988), quien encontró que plantas de tomate con baja relación fuente/vertedero ocasionan baja producción de asimilados y reducción en el número de células en las regiones distal y proximal de frutos 10 d después de la polinización, seguido por la reducción del tamaño del fruto, ya que el número de células tiene gran influencia en el tamaño y fuerza de vertedero de los frutos de tomate (Bertin *et al.*, 2002).

En melón, de acuerdo con Valantin *et al.* (2006), una alta carga de frutos/planta afecta la tasa de crecimiento y el tamaño final de estos, ya que la expansión total de las células ocurre después de la antesis, mientras que la tasa de división celular sigue siendo baja, por lo tanto, el número de células al final de la antesis es el factor clave que contribuye con el tamaño de los frutos, principalmente debido a la influencia del fruto para atraer asimilados. Esto serviría de base para explicar que en tomate, un alto número de frutos/planta posiblemente generaría frutos con bajo número de células, lo cual traería como consecuencia una menor fuerza de vertedero y un crecimiento potencial menor. En concordancia, Valantin *et al.* (2006) afirma que las variaciones en el tamaño final del fruto pueden ser interpretadas como consecuencia de dos procesos: una fuerza de vertedero durante el periodo de división celular y una tasa de crecimiento del fruto durante la expansión celular.

Experiencias con ^{14}C demostraron que los asimilados son transportados de acuerdo con 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; por lo tanto, los frutos reciben asimilados de todas las hojas, independientemente de su localización o distancia (Marcelis, 1996), pero se desconoce en qué proporción se reciben estos fotoasimilados, pues se evidencia que no es igual dicha proporción; para el caso del presente ensayo, este cambio en el patrón de distribución de asimilados puede ser el causante de la heterogeneidad en el

tamaño de los frutos entre los diferentes tratamientos.

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). Entre los vertederos 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 su fuerza de vertedero está dada por su tamaño, potencialmente determinado por la cantidad de células fijadas en la antesis y por su actividad (Ho, 1996). Ya que la poda favorece un mayor tamaño del fruto, se esperaría que las plantas de tomate con menor número de frutos presenten mejor contenido nutricional de interés para el ser humano.

Durante el periodo que duró la cosecha, los precios de venta del tomate en Turmequé variaron considerablemente y mantuvieron una tendencia a la baja; oscilaron (dados en pesos colombianos por kg) entre 1.600 y 700 para extra, 1.500 y 600 para primera, 1.300 y 400 para segunda, 1.000 y 250 para tercera y 800 y 150 para cuarta. Por esta razón, para el análisis económico se obtuvo el promedio de todos los precios de venta de todo el ciclo de cosecha y se hicieron los cálculos con los siguientes precios: 1.100 para extra, 1.000 para primera, 750 para segunda, 500 para tercera y 300 para cuarta.

En la tabla 3 se puede observar la respuesta generada por número de racimos/planta sobre los ingresos en \$/ha. En todas las calidades comerciales hubo diferencias estadísticas, excepto en extra y cuarta. Con 12 racimos/planta se obtuvieron los mayores ingresos en las calidades primera, segunda, tercera, cuarta y en la producción total; con 10 racimos/planta se generaron los ingresos más altos de la calidad extra; las plantas con 8 racimos/planta generaron los menores ingresos en todas las categorías, excepto en extra.

Se presentaron diferencias significativas en todos los indicadores económicos. Aunque todos los niveles de este factor generaron alta rentabilidad e ingreso neto, el nivel de 12 racimos/planta se

Tabla 3. Efecto del número de racimos/planta sobre el ingreso total de tomate por calidades comerciales. Datos en pesos por ha.

Racimos/planta	Extra	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Total
Diferencias	ns	*	**	**	ns	**
8	23.432.089 a	104.764.075 b	38.749.605 b	9.515.174 b	976.346 a	177.437.292 c
10	23.910.831 a	128.042.077 ab	46.126.749 b	12.820.230 ab	1.090.549 a	211.990.437 b
12	21.879.617 a	138.258.565 a	60.386.727 a	15.761.087 a	1.154.979 a	237.440.977 a

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P < 0,05$). **Significancia al 1%; *significancia al 5%; ns: no hay significancia.

destaca como la práctica con mayor rentabilidad e ingreso neto, mientras que con 8 racimos/planta se obtuvo la respuesta menos favorable económicamente (tabla 4).

Al analizar la respuesta económica del número de racimos/planta se observó que el tratamiento que generó mayor rentabilidad e ingreso neto también fue responsable de los mayores costos de producción; no obstante, como ya se mencionó, originó el mayor rendimiento en las calidades primera, segunda y total, y, por ende, los ingresos más altos. Esta situación hace que este tratamiento tenga el mayor punto de equilibrio monetario (270.151.090 \$/ha), es decir, que se deben tener mayores ingresos para que el sistema de producción no genere pérdida (tabla 4).

El tratamiento con mejor rendimiento implica también mayores costos de producción; el agricultor debe contar con un mayor presupuesto si quiere implementar un cultivo de tomate con 12 racimos/planta; por el contrario, si el presupuesto es bajo, la práctica más recomendada sería sembrar menos área o implementar la práctica de 8 racimos/planta, que tiene los menores costos de producción y, bajo las condiciones del experimento, también genera alta rentabilidad (tabla 4). Adicionalmente, con 8 racimos/planta se obtienen algunas ventajas

en el manejo, pues, según Silva-Júnior *et al.* (1992), la poda del brote terminal es una de las alternativas para simplificar el tutorado en tomate a través de la reducción de la altura de la planta; mientras que con mayor número de racimos/planta se dificulta la recolección de los frutos, pues se hace necesario descolgar las plantas, porque sobrepasan la altura del tutorado, lo cual puede causar lesiones mecánicas y estrés en ellas. Con pocos racimos/planta también se reduce la mano de obra, se aumenta la eficiencia en el control de plagas y enfermedades, se mejora la distribución de la luz en el cultivo y se incrementa la calidad del fruto (Silva-Júnior *et al.*, 1992).

Por lo tanto, a medida que se aumenta el número de racimos/planta los costos de producción aumentan, debido a que el ciclo de producción tiene mayor duración, lo cual implica mayores costos en fertilización, plaguicidas, arriendo o costo del invernadero, y aumento en la mano de obra para podas, recogida, riego, aplicación de plaguicidas, cosecha, clasificación y empaque.

Según Escobar y Lee (2001), el ingreso económico que se pueda alcanzar en cada ciclo depende en primera instancia de la producción total que se logre, y también de la distribución porcentual de los diferentes grados de clasificación del

Tabla 4. Indicadores económicos en el efecto del número de racimos/planta sobre la producción de tomate. Datos en pesos por ha (menos la rentabilidad, que se expresa en porcentaje).

Racimos/planta	Total costodirecto	Total costo indirecto	Costo total	Ingreso neto	Rentabilidad (%)	Punto equilibrio monetario
Diferencias	**	**	**	*	*	**
8	63.449.765 c	23.651.736 c	87.101.501 c	90.335.792 b	103,7 b	233.678.368c
10	69.693.946 b	26.600.804 b	96.294.749 b	115.695.688 a	120,1 a	252.301.742 b
12	75.814.506 a	29.578.521 a	105.393.027 a	132.047.950 a	125,2 a	270.151.090 a

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

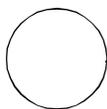
**Significancia al 1%; *significancia al 5%; ns: no hay significancia.

producto. Es decir, que es necesario lograr mayores porcentajes para aquellos grados de clasificación que son mejor pagados en el mercado. Los tratamientos y factores evaluados que generaron mayor ingreso total tuvieron un aspecto en común, que consistió en tener uno de los más altos rendimientos en las calidades primera y segunda, el mayor rendimiento total y una producción moderada de extra y tercera; por tanto, el mayor ingreso total en esta investigación depende principalmente de la producción obtenida en las calidades primera y segunda. Esta situación difiere de lo afirmado por Escobar y Lee (2001), quienes al realizar el análisis económico para la producción de tomate bajo invernadero encontraron que el ingreso total depende en mayor porcentaje de la calidad extra, la cual alcanza a generar ingresos superiores en

más de 3 veces a los de la calidad primera, lo cual se explica porque la calidad extra fue la de mayor producción.

CONCLUSIONES

Se observó un aumento lineal de la producción y los costos de producción en función del número de racimos/planta, excepto en la calidad extra. El tratamiento de 12 racimos/planta generó el mayor rendimiento total y buena respuesta en las demás categorías; además, presentó los mayores costos de producción, pero también la mayor rentabilidad e ingreso neto. Por lo cual, este tratamiento es el más recomendable para el productor.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agronet, 2010. Área cosechada, producción y rendimiento de tomate. En: <http://www.agronet.gov.co/>; consulta enero de 2010.
- Andriolo, J.L. y L.L. Falcão. 2000. Efeito da poda de folhas sobre a acumulação de matéria seca e sua repartição para os frutos do tomateiro cultivado em ambiente protegido. *Rev. Bras. Agrometeorol.* 8, 75-83.
- Balaguera-López, H.E.; J G. Álvarez-Herrera; G.E. Martínez-Arévalo y W.A. Balaguera. 2009. El contenido de arcilla del suelo influye en el rendimiento de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Rev. Colomb. Cienc. Hortic.* 3(2), 199-209.
- Bangerth, F. y L.C. Ho. 1984. Fruit position and fruit set sequence in a truss as factors determining final fruit size of tomato fruits. *Ann. Bot.* 53(3), 315-320.
- Benincasa, P.; C. Beccafichi; M. Guiducci y F. Tei. 2006. Source-sink relationship in processing tomato as affected by fruit load and nitrogen availability. *Acta Hort.* 700, 63-66.
- Bertin, N. 1995. Competition for assimilates and fruit position affect fruit set in indeterminate greenhouse tomato. *Ann. Bot.* 75, 55-65.
- Bojacá, C. R.; N.Y. Luque y O.I. Monsalve. 2009. Análisis de la productividad del tomate en invernadero bajo diferentes manejos mediante modelos mixtos. *Rev. Colomb. Cienc. Hortic.* 3(2), 188-198.
- Caliman, F.R.B. 2003. Produção e qualidade de frutos de genótipos de tomateiro em ambiente protegido e no campo. Tesis de maestría. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil.
- Chamarro, J. 1995. Anatomía y fisiología de la planta. pp. 43-91. En: Nuez, F. (ed.). *El cultivo del tomate*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Dogliotti, S. 2007. Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Material de apoyo al Módulo Horticultura. Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Ciclo de Formación Central Agronómica, Curso de Fisiología de los Cultivos. En: www.fagro.edu.uy/~cultivos/hortalizas/Repartido_Fisiologia_tomate.pdf; consulta: enero de 2010.
- 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, Bogotá. pp. 113-117.

- FAO. 2010. Faostat. Área cosechada, producción y rendimiento de tomate. En: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#anchor>; consulta: enero de 2010.
- Gifford, R.M. y L.T. Evans. 1981. Photosynthesis, carbon partitioning and yield. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 32, 485-509.
- Guimarães, M.; D.J.H. Da Silva; P.C.R. Fontes; F.R.B. Caliman; R.A. Loos y P.C. Stringheta. 2007. Produção e sabor dos frutos de tomateiro submetidos a poda apical e de cachos florais. *Hortic. Bras.* 25(2), 265-269.
- Gusmão, S. 1988. Efeito da poda e da densidade de plantio sobre a produção do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis de maestría. Universidad Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.
- 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.
- 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.
- Jaramillo, J.; V.P. Rodríguez; M.A. Guzmán; M.A. Zapata y T. Rengifo. 2007. El cultivo de tomate bajo invernadero. Boletín Técnico No. 21. Corpoica C.I. La Selva, Rionegro, Colombia.
- Machado, A.Q.; M.A.R. Alvarenga y C.E.T. Florentino. 2007. Produção de tomate italiano (saladete) sob diferentes densidades de plantio e sistemas de poda visando ao consumo *in natura*. *Hortic. Bras.* 25, 149-153.
- Marcelis, L.F.M. 1996. Sink strength as a determinant of dry matter partitioning in the whole plant. *J. Exp. Bot.* 47, 1281-1291.
- Mueller, S. y A.F. Wamser. 2009. Combinação da altura de desponete e do espaçamento entre plantas de tomate. *Hortic. Bras.* 27, 64-69.
- Peluzio, J.M.; V.W. D. Casali y N.F. LOPES. 1995. Partição de assimilados em tomateiro após a poda apical. *Hortic. Bras.* 13, 41-43.
- Radin, B. 2002. Eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes. Anales Reunión Argentina de Agrometeorología. Universidad Nacional de Córdoba, Vaquerías, Argentina.
- Russell, C.R. y D.A. Morris. 1983. Patters of assimilates distribution and source-sink relationships in the young reproductive tomato plants. *Ann. Bot.* 52, 357-363.
- Silva-Júnior, A.; J.J.V. Müller y H.F. Prando. 1992. Poda de alta densidade de plantio de tomate. *Agropecuária Catarinense* 5, 57-61.
- Streck, N.A.; G.A. Buriol; J.L. Andriolo y M.A. 1998. Sandri, Influência da densidade de plantas e da poda apical drástica na produtividade do tomateiro em estufa de plástico. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 33(7), 1105-1112.
- Tanaka, A. y K. Fujita. 1974. Nutrión-physiological studies on the tomato plant. IV. Source-sink relationship and structure of the source-sink unit. *Soil Sci. Plant Nutr.* 20, 305-315.
- Valantin, M.; C. Gary; B.E. Vaissiere; M. Tchamitchian y B. Bruneli. 1998. Changing sink demand affects the area but not the specific activity of assimilates sources in cantaloupe. *Ann. Bot.* 82, 711-719.
- Valantin, M.; B.E. Vaissiere; C. Gary y P. Robin. 2006. Source-sink balance affects reproductive development and fruit quality in cantaloupe melon. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 81, 105-117.
- Wardlaw, I.F. 1990. The control of carbón partitioning in plants. *New Phytol.* 116 341-348.