

## Evaluación del desarrollo del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L) bajo dos tipos de cubiertas plásticas en Piedecuesta, Santander

### Assessment of tomato crop growth (*Solanum lycopersicum* L) under two types of plastic covers in Piedecuesta Santander

Milthon Albeiro Rodríguez Caro<sup>1</sup>, Pablo Antonio Serrano Cely<sup>2</sup> y Fabio Forero Ulloa<sup>3</sup>

#### Resumen

Actualmente existe una problemática para la homogenización en la producción de tomate, pues la falta de investigación en aspectos como la distancia de siembra o selección del plástico adecuado para las condiciones climáticas, hace que el rendimiento de la hortaliza no sea óptimo. Así el objetivo de la presente investigación fue evaluar el plástico de cubierta más apropiado para mejorar la producción del cultivo de tomate. Teniendo en cuenta que en la zona predominaba el Agrolene Verde rosa (AVR), se decidió evaluar Agrolene Perlino (AP), considerando recomendaciones de calidad en recepción de luz y regulación de la temperatura hechas por la empresa productora del plástico; adicionalmente, se evaluaron tres distancias de siembra (ds), las cuales fueron los

#### Abstract

Nowadays there are not enough researching elements such as about sowing distances or proper plastic selection for specific climatic conditions. These facts let exist troubling about tomato productions. The aim of this work is to evaluate the most proper plastic covering for the specific tomato production. Taking in account that the predominant cover was Agrolene Verde Rosa (AVR), in present work Agrolene Perlino (AP) was evaluated, observing its characteristics, such as light reception quality and temperature regulation, described by the manufacturer. Three sowing distances were evaluated too (treatments = T), were T1 = 30, T2 = 35, and T3 = 40 cm between plants. The transplanting date was remarked. For AVR, the first harvestign was

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja.  
Correo: milthon275@hotmail.com  
<sup>2</sup> Docente, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja.  
Correo: pserranocely@gmail.com  
<sup>3</sup> Docente, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja.  
Correo: fabio.forero@uptc.edu.co

tratamientos (T): 30 (T1), 35 (T2) y 40cm (T3) entre plantas; se anotó la fecha de trasplante y se estableció que en AVR, la primera cosecha se hizo a los 84 días después del trasplante (DDT) y en AP aplicó a los 80 DDT. Los tratamientos se recolectaron, se pesaron y clasificaron independientemente; la clasificación se determinó como: extra (G); Primera (M); Segunda (MM) y Tercera (MMM); la mejor producción en los tratamientos se observó con T2 en los dos bloques, el cual tuvo una diferencia significativa con T1 y T3, aunque en la clasificación fue T3 el que más produjo G. Se realizó la comparación entre AP y AVR, se determinó que AP fue significativamente superior que AVR en todas las ds y su respectiva clasificación, concluyendo la acción benéfica que posee AP al mantener temperaturas reguladas.

**Palabras clave:** distancias de siembra, trasplante, clasificación, precosidad.

done 84 days after transplanting (DAT), while for AP DAT was 80. Samples were collected, weighed and independently classified. Classification was done as follows: extra (G), first (M), second (MM), Third (MMM). The best production was observed in T2, which had a significant difference when compared with T1 and T3, nevertheless T3 was the one who produced more G. When AP and AVR were compared it was obvious that AP was upper than AVR, concluding that this could be because of its benefic action through temperature regulation.

**Keywords:** sowing distances, transplant, classification, earliness.

## Introducción

Actualmente, la producción de tomate es realizada en invernadero, ya que según Castilla (2001), dichas estructuras permiten mejorar las condiciones ambientales para incrementar la bioproductividad, presentándose producciones de tomate de 300 a 500 t·ha<sup>-1</sup> en un año, en función del nivel de tecnificación del invernadero, el cual garantiza que el producto cumpla con los estándares de calidad e inocuidad alimentaria que exigen los mercados internacionales (Muñoz, 2003).

Los invernaderos se utilizan para asegurar la producción y calidad de los cultivos, ya que en campo abierto es muy difícil mantenerlos de una manera correcta a lo largo de todo el año. El concepto de cultivos bajo invernadero representa el paso de producción extensiva de tomate a producción intensiva (Calderón, 2001).

Para ello, las plantas deben reunir condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo. Los controles de temperatura, humedad relativa (HR), corrientes de aire y composición atmosférica son esenciales, como lo son, además, el control del agua y de los fertilizantes, el mantenimiento del nivel de oxígeno cerca de las raíces y la sanidad del cultivo para asegurar una calidad y una productividad óptimas (Fernández et al. 2001), con el fin de mejorar los métodos convencionales de producción, con énfasis en la inocuidad del producto y en que el proceso productivo impacte lo menos posible el ambiente, la fauna, la flora y la salud de los trabajadores.

Las investigaciones enfocadas a reducir las altas temperaturas de los invernaderos con controles pasivos, es decir aquellos que no cuentan con sistemas de refrigeración y extracción, son escasas, pero existe la necesidad de desarrollar plásticos para cubiertas que modifiquen la radiación fotosintéticamente activa (RFA) y disminuyan la temperatura, sin afectar el crecimiento y calidad de las plantas.

En invernadero son factores clave la intensidad y la calidad de la radiación (balance espectral), ya que estos aspectos modifican la temperatura interna y las respuestas morfológicas y fisiológicas de las plantas (Benavides, 1998).

Las plantas son organismos que carecen de movilidad, por lo que desarrollan una serie de adaptaciones en el tamaño, composición y eficiencia de los sistemas de captura de RFA que compensan las variaciones en la disponibilidad de energía solar (Geiger y Servaites, 1994).

Para reducir la radiación solar y atenuar la temperatura en un invernadero, se utilizan pantallas térmicas, malla sombra y aplicación de carbonato de calcio sobre las cubiertas. Esta última práctica reduce la vida útil del polietileno, ya que el encalado extrae los aditivos de las películas y afecta sus propiedades mecánicas. Además, el uso de estos materiales, equipos y tecnologías eleva en forma considerable los costos de producción, por su precio, instalación, funcionamiento y mantenimiento.

Está claro que existen tecnologías desarrolladas en este proceso, pero se debe tener en cuenta que la mayoría de estas han sido probadas en los países más avanzados y que estos no poseen las condiciones tropicales que se encuentran en Colombia. Esto, necesariamente, hace que dichas técnicas sean evaluadas bajo condiciones climáticas propias, dada la variedad de pisos térmicos y su ubicación en el globo terráqueo; a su vez, es importante que esta información sea puesta a disposición del sector hortícola nacional.

Como antecedentes, es importante tener en cuenta investigaciones, donde se evalúan los criterios fisiológicos y fenológicos del cultivo de tomate bajo invernadero; allí, se resalta la importancia de la fotosíntesis en el rendimiento del cultivo para las variedades evaluadas y se demuestra que en los sistemas de cultivo bajo cubierta plástica se hace un uso más eficiente del agua, con mayores rendimientos.

Una investigación de Caldari (2007), para el Simposio Internacional de Invernaderos, sugiere que la agricultura intensiva bajo invernadero está encaminándose hacia un mayor control del clima, que implica mejoras en estructuras y en materiales de cubierta, principalmente el PE, con mejoras en las propiedades mecánicas y en las propiedades ópticas. Sin embargo, no basta con sólo invertir en un invernadero que cumpla con los requisitos para el manejo de los factores de producción, lo importante es realizar el control de estos factores, en forma oportuna y aplicando las técnicas adecuadas requeridas para cada cultivo, zona o tipo de instalación, con un uso eficiente de los recursos involucrados, tales como mano de obra y otros insumos.

Dentro de los estudios que se han realizado para obtener mejores resultados en la utilización de plásticos toma relevancia la evaluación que se llevó a cabo en México, donde se buscó disminuir la temperatura de los invernaderos por medio de la implementación de películas reflejantes y que dicho efecto llevará consigo la mejor producción de plántulas de pimiento y tomate. Allí se pudo observar en las películas termorreguladores, que una (CIQ A-01.) contenía aditivos que absorben mayor longitud de onda y la transmiten en otra; la segunda (CIQ A-02) cobertura utilizó aditivos reflejantes de radiación que modificaron en mayor grado la cantidad de radiación incidente en el interior de los invernaderos CO, respecto de la película comercial, y tuvieron radiación fotosintéticamente activa porcentualmente menor que la que les ofreció el testigo.

Las condiciones climáticas imperantes en estas regiones, principalmente en las épocas de sequía o lluvia, afectan la productividad de los cultivos por los cambios extremos de temperatura y humedad relativa, que favorecen el ataque de plagas y enfermedades, ante lo cual el productor utiliza más cantidad de plaguicidas y fertilizantes para lograr mayor productividad. Así, se incrementan los costos de producción, se disminuye la rentabilidad y se causan graves

daños de contaminación al medio ambiente; esto ha hecho que, entre los años 2000 y 2005, el área sembrada haya disminuido cerca de 17,5% por lo anterior, el productor ha buscado nuevas alternativas tecnológicas para el cultivo, como es la siembra bajo condiciones controladas.

Si bien esta información es suficiente para conocer la estructura nacional de la dinámica del cultivo de tomate, se debe anotar que existen tecnologías que muchos agricultores desconocen en ciertas zonas del país como son algunos materiales de cubierta que pueden llegar a proporcionar unas características convenientes para el sector agrario; también se busca estandarizar la distancia de siembra más apropiada teniendo en cuenta la cantidad y calidad del producto.

Según Agronet (2007), se plantaron 15.605 ha y por cada una de ellas se generaron aproximadamente veintidós (22) empleos directos; además, no es una labor que sea exigente en géneros. Es de resaltar la importancia de las investigaciones que se enfocan a mejorar las tecnologías aplicadas en dichos cultivos, ya que ayudan a garantizar la permanencia de estas prácticas y, por consiguiente, contribuyen al desarrollo del país.

Por lo anterior, este trabajo se enfoca a evaluar el cultivo de tomate bajo dos tipos de cubiertas plásticas y tres distancias de siembra, teniendo en cuenta los criterios de producción y clasificación comercial.

## **Materiales y métodos**

El ensayo se llevó a cabo en la finca El Mirador, situada en el municipio de Piedecuesta en el departamento de Santander, ubicada a 1600 m.s.n.m, con una temperatura promedio de 20°C y una humedad relativa entre 70 y 90%. El ensayo se desarrolló en un periodo de 4 meses.

Para evaluar la distancia de siembra que generó los mejores resultados, se cosecharon independientemente los tratamientos, se

clasificaron y pesaron de la misma forma; los datos obtenidos se corrieron en el programa SPSS 11.5 y se aplicó la prueba de Tukey, para observar si existían o no diferencias significativas en la producción y la clasificación, según el tamaño, con respecto a los tratamientos. Secuencialmente se reunió la información de cada cubierta para la comparación entre ellas; es decir, AP y AVR, obteniendo así el plástico más conveniente para la producción de tomate en la Mesa de Los Santos.

Para identificar la cubierta plástica en la cual la producción fue más precoz, se registró la fecha del trasplante y se hicieron los cálculos respectivos teniendo en cuenta la primera cosecha. Buscando confirmar las características de luminosidad, se realizaron mediciones simultáneas con fotómetros dentro y fuera del área protegida con el plástico y se hallaron los porcentajes de radiación incidente respectivos. Para el caso de la temperatura, se instalaron tres dispositivos COX en donde se tomaron registros durante todo el cultivo, cada diez minutos, se descargaron los datos con el programa Tracer versión 2.4 E y se analizaron los resultados para las horas más críticas en el cultivo.

El trabajo se realizó en dos invernaderos; uno con cubierta de AP y otro con cubierta de AVR, dotados por la empresa Plastilene S.A, En el municipio de Piedecuesta, Santander, en la finca el Mirador. Allí se procedió a sembrar el material seleccionado por el agricultor, para este caso tomate larga vida variedad Cibellia que aportó el Centro de Investigación y Asesorías Agroindustriales CIAA de acuerdo con las densidades de siembra por evaluar. El manejo agronómico se hizo de acuerdo con las recomendaciones hechas por esta misma entidad

El diseño que se empleó en esta investigación fue bloques al azar, con dos bloques y tres tratamientos con tres repeticiones. Los bloques correspondieron a las dos cubiertas plásticas y los tratamientos fueron las distancias de siembra, cada una con tres repeticiones (R1, R2 y R3), para un total de 18 unidades experimentales. En cada unidad experimental existieron dos surcos con

una distancia de 50 cm entre sí y la cantidad de plantas que su distancia le permitía; los surcos estuvieron separados cada 90 cm. La longitud de cada surco fue de 40 m.

Dentro de cada bloque o invernadero se distribuyeron doce camas, de la siguiente manera: dos de un lado y una del otro, se sembraron pero no se les tomaron datos para evitar el efecto de borde (anexo 2); la otras nueve se tomaron al azar entre tres tratamientos, referentes a distancias entre plantas a 30, 35 y 40 cm., con tres repeticiones cada uno y se clasificó independientemente cada tratamiento por producción y tamaño. Estos datos se analizaron para demostrar qué densidad de siembra y bajo qué cubierta se obtuvieron los mejores resultados. Se midieron las plantas cada ocho días hasta la aparición del octavo racimo, para determinar cuál obtuvo mayor crecimiento con respecto al otro invernadero, ya que cada uno fue dotado de un plástico diferente y se llevó un registro de la fecha del trasplante para determinar bajo qué cubierta plástica fue más precoz la cosecha.

Los frutos de cada tratamiento se cosecharon y se pesaron para obtener diferencias entre bloques, y luego se clasificaron de acuerdo con la forma en que lo hace el productor: G (más de 81mm), M (entre 72 y 81mm), MM (entre 62 y 71mm) y MMM (entre 53 y 61mm); además se clasificaron los frutos de manera independiente entre bloques y se obtuvo la información de producción y calidad.

En cuanto a las características de los plásticos utilizados en los invernaderos, se emplearon dos fotómetros: uno en la parte interna y otro en la parte externa. Se midió, durante quince días, la cantidad de luz que entró a cada invernadero y se halló el porcentaje de luz que permitió pasar cada cubierta y para reducir errores se realizó la operación dos veces. Además, teniendo en cuenta que la cubierta AP ofrece deltas más pequeños, en cuanto a temperatura, se instalaron tres dispositivos tipo COX para calcular las máximas y mínimas bajo cada plástico, cada 10 min., durante todo el ciclo. Con el programa Tracer se determinó el comportamiento bajo cada cubierta.

Para este trabajo se midieron las siguientes variables: producción por tratamiento, producción por bloque, peso de frutos, clasificación de la cosecha por tratamiento y por bloque de acuerdo con su diámetro ecuatorial, altura de las plantas, temperaturas entre invernaderos y radiación solar bajo cada cubierta.

## Resultados y discusión

Luego de hacer el análisis estadístico de los datos obtenidos en el ensayo se analizaron los siguientes resultados sobre las variables precocidad en la cosecha, peso de frutos y calidad de fruto, en las cuales se pudo observar diferencias significativas, para demostrar que la distancia de siembra y la cobertura plástica influye directamente en la producción de tomate.

Adicionalmente, las propiedades específicas de la cobertura plástica Agrolene Perlino mostraron cambios en la fotomorfogénesis del cultivo de tomate, haciendo más eficiente la toma de luz por parte de la planta, en el mejoramiento de la producción de la misma.

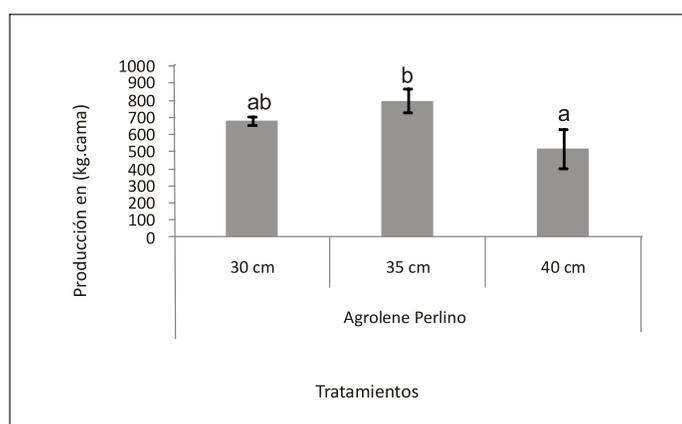
### Precocidad en la Cosecha

Para la precocidad en la cosecha se tuvo en cuenta el día de trasplante registrado en la tabla de actividades. Para la variedad Cibellia en el

invernadero bajo cubierta agrolene verde rosa, la primera cosecha se realizó a los 84 DDT, mientras que para agrolene perlino se hizo la primera recolección de frutos con condiciones para cosecha a los 80 DDT. Esto se debió, tal vez, a la homogeneidad de la temperatura en la época de cuajamiento de los frutos, ya que para AP la temperatura se mantuvo más constante reduciendo el estrés que causa en las plantas los cambios bruscos de la misma, pues según Downton y Slatyer (1972) los cambios drásticos en la temperatura pueden actuar directamente modificando los procesos fisiológicos existentes, principalmente la fotosíntesis, e indirectamente, produciendo un patrón alterado del desarrollo subsecuente a la imposición del cambio ocurrido en la temperatura.

### Producción de tomate para los diferentes bloques y tratamientos

Para el bloque I AP se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, en donde el tratamiento T2 presentó el mejor comportamiento, ya que esta distancia de siembra aumentó la producción, en relación con el tratamiento T3 con el cual tuvo diferencias significativas como se observa en la figura 1, tal como lo reporta Castilla (2001). La densidad de siembra fue, junto con otras técnicas de cultivo, determinante de la intercepción de radiación solar por el mismo, a fin de convertir la energía solar en biomasa (figura 1).



**Figura 1.** Producción de tomate en  $\text{kg.cama}^{-1}$  a diferentes distancias de siembra, bajo cobertura plástica AP para letras iguales no hay diferencia significativa, según la prueba de Tukey al nivel 0,05.

Según Carrillo et al., (2003), el análisis de varianza (Anova) de un ensayo muestra una diferencia estadística significativa, pero sólo para el factor densidad de siembra, por lo que se deduce que las densidades tienen efecto sobre el rendimiento del cultivo, tal como se encontró en este ensayo, donde también el bloque 2 AVR presentó diferencias significativas entre tratamientos, mostrando igualmente que el tratamiento T2 es el mejor en cuanto a la producción, como se observa en la figura 2; por tanto la variación en la producción de tomate va de acuerdo a la distancia de siembra a la cual se encuentre. Por otra parte, Van de Vooren et al. (1986) explican que a partir de un determinado nivel de densidad de siembra, la producción por planta disminuye y la producción por unidad de superficie crece; un nuevo incremento de densidad permite alcanzar la cosecha máxima, mientras que excesivas densidades hacen bajar la cosecha. Sin embargo esto no concuerda con lo encontrado por Aristizábal, (1998) donde su estudio no produjo evidencias que, acortando o ampliando las distancias de siembra, se aumente o disminuya el número de frutos por árbol.

### **Comparación entre bloques**

En la comparación de los dos bloques utilizados (coberturas plásticas) en este ensayo, AP y AVR, se encontraron diferencias, dado que la producción total de tomate para la cubierta AP fue mayor en un 15% en relación con la cubierta AVR (figura 3), debido a las diferencias de luz, haciendo que esto influya en el crecimiento y producción de las plantas del bloque 1, como lo afirma Armengol et al. (2007), quien indica que al cambiar la composición espectral de la luz, cuando atraviesa un plástico, se puede influir en el desarrollo de una planta, en algunos casos para incrementar la producción o mejorar la calidad.

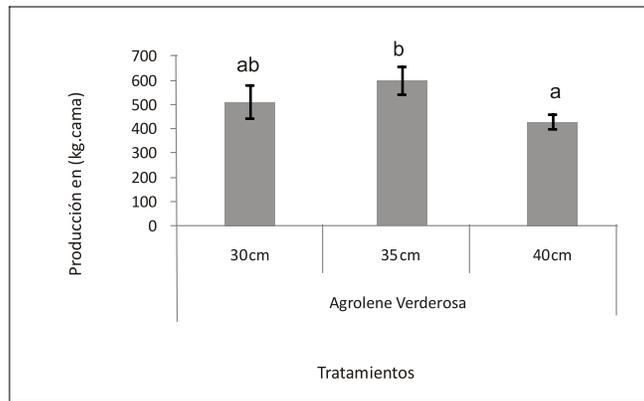
Las plantas son organismos que carecen de

movilidad, por lo que desarrollan una serie de adaptaciones en el tamaño, composición y eficiencia de los sistemas de captura de RFA que compensan las variaciones en la disponibilidad de energía solar. La adaptación se consigue por la acción conjunta de diferentes fotorreceptores (clorofilas, carotenoides, fitocromos, etc.), con los cuales la planta percibe las características de la radiación como duración, intensidad, dirección y calidad espectral (Geiger y Servaites, 1994). Además, se sabe que un exceso de luz continuado tiene efectos negativos para la planta, ya que provoca la fotoinhibición, al desactivarse el fotosistema II por degradación de su proteína D1, y el exceso de energía "quemara" las membranas cloroplásticas.

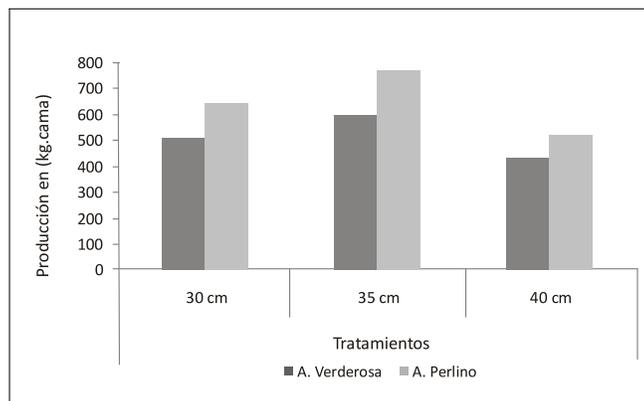
Por lo anterior, la cobertura plástica AP, por sus características de fotoselectividad, hace que la luz que incide sobre el plástico tenga un balance espectral, haciendo que las plantas tomen la luz que necesitan de una manera controlada y sus fotorreceptores, como los fitocromos, absorban la energía para ser utilizada en procesos metabólicos y, a su vez, se garantizan un aumento en su producción, como lo demuestran los resultados de este ensayo.

### **Calidad de fruto**

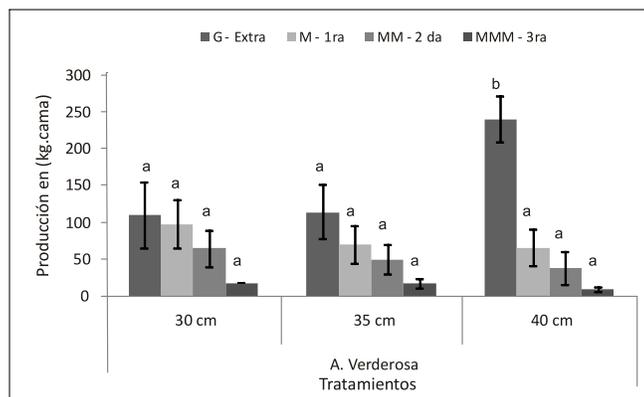
En cuanto la variable calidad de fruto, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, para el bloque 1 y 2, en donde la calidad G presentó la mayor diferencia significativa, dado que las distancias de siembra influyeron directamente en la calidad de la fruta cosechada. Como lo reportan Puga y Estrada (2008), las distancias de siembra entre surcos genera comportamiento diferencial en la expresión de la germinación y el vigor de la semilla. Surcos separados a 0.25 y 0.35 m, permitieron obtener semillas con más alta germinación y vigor.



**Figura 2.** Producción de tomate en kg.cama<sup>-1</sup> a diferentes distancias de siembra, bajo cobertura plástica Agrolene Verderosa. Para letras iguales no hay diferencia significativa, según la prueba de Tukey al nivel 0,05.



**Figura 3.** Diferencia entre la producción de tomate en los dos bloques AP y AVR a diferentes distancias de siembra.

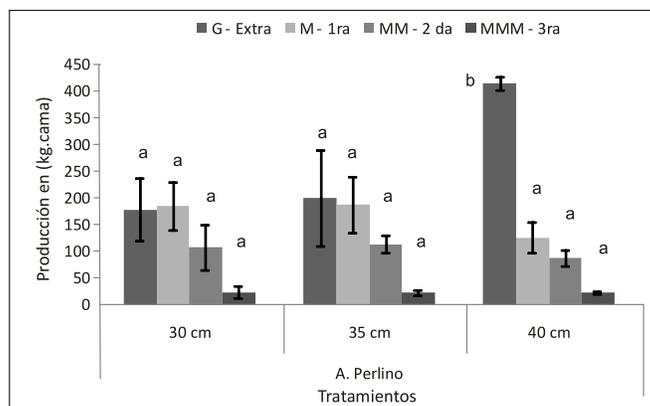


**Figura 4.** Producción de las calidades de fruta a diferentes distancias de siembra bajo cobertura plástica AVR. Para letras iguales no hay diferencia significativa, según la prueba de Tukey al nivel 0,05.

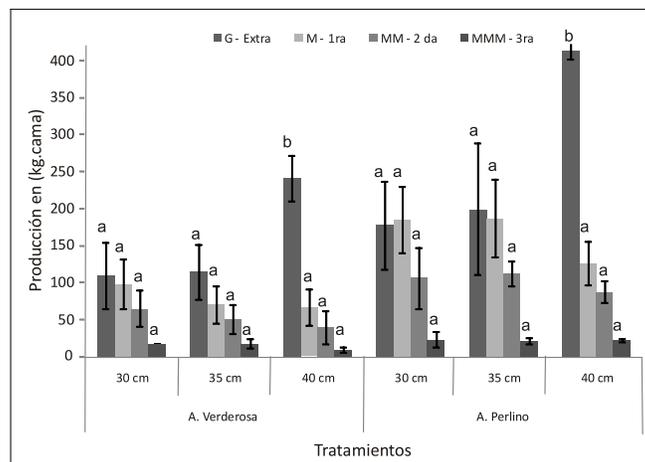
El resultado de esta variable concuerda con lo descrito por Puga y Estrada (2008), en donde los mayores rendimientos se expresaron en la densidad de 1.5 millones de planta· ha<sup>-1</sup> y los más bajos en 2.4 millones de plantas· ha<sup>-1</sup>. Densidades moderadas o bajas permitieron mejor expresión de la capacidad productiva de semilla, comportamiento asociado con mayor desarrollo de tallos florales y umbelas compuestas con alto número de achenios (frutos-semillas) formados; estos resultados en la calidad de fruto fueron más significativos en las mejores calidades como la G y M. En cuanto las otras calidades, no se encontraron diferencias significativas, como

se observa en las figuras 4 y 5. Esto pudo ser debido a que la planta al tener mayor espacio, tanto radical como foliar, mejora e incrementa la toma de nutrientes y de agua, produciendo así mejores calidades de fruto pero no mayores cantidades.

En la figura 6. se muestra la interacción entre las calidades de producción para los bloques Agrolene Perlino y Agrolene Verde rosa donde se puede observar como la cobertura plástica influye en la calidad del fruto en relación con las diferentes distancias de siembra para el ensayo, para hacer más entendible las dos figuras anteriores.



**Figura 5.** Producción de las calidades de fruta a diferentes distancias de siembra bajo cobertura plástica Agrolene Perlino. Para letras iguales no hay diferencia significativa, según la prueba de Tukey al nivel 0,05.



**Figura 6.** Interacción entre las calidades de fruta a diferentes distancias de siembra bajo cobertura plástica agrolene perlino y Agrolene Verde rosa. Para letras iguales no hay diferencia significativa, según la prueba de Tukey al nivel 0,05.

### Altura de las plantas

Para esta variable no se encontraron diferencias significativas, ya que ni para los tratamientos ni para los dos bloques existe diferencia marcada en la altura de las plantas de tomate evaluadas en este ensayo. La altura tomada para el ensayo fue medida hasta la formación del octavo racimo de crecimiento, con promedio de 210 cm, debido a que las propiedades de la cobertura plástica no generan un efecto de sombrero, obligando a la planta a alargarse. Por el contrario, las plantas para los dos bloques tuvieron un crecimiento homogéneo; al parecer la cantidad de luz de la zona fue muy alta y satisfizo de igual manera a las plantas en los distintos bloques.

### Radiación incidente

Para entender la cantidad de luz que recibe la cubierta plástica de los invernaderos, se tomaron mediciones durante 15 días consecutivos en los dos tipos de cubierta plástica y una medición externa para comparar el cambio de la intensidad de luz dentro de las cubiertas. Como se puede

observa en la figura 7, la cubierta A. Perlino fue la que más redujo la cantidad de luz dentro del invernadero en un 25%, en comparación con la cubierta A. Verde rosa que sólo redujo un 18% de la luz total recibida por la cobertura. No obstante, valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración y fecundación, así como en el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad (Ballaré et al., 2006).

Esto también se asemeja a lo afirmado por Jaimez et al., (2006) y Boodley (2006) quienes afirman que el uso de superficies blancas que irradian la radiación a diferentes partes del interior del invernadero son la mejor opción. La mayoría de los plásticos elaborados, absorben cerca de 20% de la entrada de la densidad de flujos de fotones fotosintéticos (Radiación PAR ó DFFF) como de radiación total. Esto, en cierta manera, es beneficioso debido a que favorece menores incrementos de temperatura, especialmente en zonas de baja altitud.

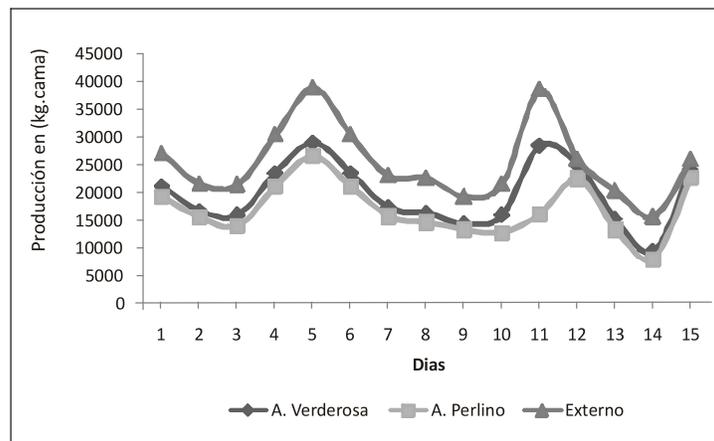


Figura 7. Intensidad de luz tomada fuera y dentro las dos cubiertas plásticas (A. Verde rosa y A. Perlino)

## Temperatura de los invernaderos

Uno de los objetivos de este ensayo fue la comparación entre bloques, dado que el material que se utiliza en la cubierta de los invernaderos es importante, ya que estos influyen en la calidad y cantidad de luz que reciben las plantas cultivadas. Una de las características que se tuvo en cuenta para la evaluación de estas cubiertas fue la regulación de la temperatura, ya que es el parámetro más importante para tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, e influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Caldari, 2007). A su vez, este es un problema muy frecuente en el cultivo de tomate bajo invernadero, haciendo que los frutos tengan rajaduras no deseadas por el agricultor.

Para la evaluación del bloque 1 (A. Perlino) se encontraron resultados muy positivos, dado que esta cubierta regula la temperatura del invernadero, como se puede observar en la figura 8, en donde se muestran los datos de temperatura máxima y mínima de dos horas diferentes, 13:00 y 20:00h, que se tomaron durante ocho semanas consecutivas mostrando que la fluctuación entre las máximas y mínimas es casi nula. Da Silva (2004) concuerda con lo encontrado en este ensayo cuando afirma que las 12:00 y 14:00 h

son las que tienen las mayores diferencias que pueden ser entre 3 a 6°C. Es importante tener presente que dependiendo de la temperatura del lugar, las temperaturas que se pueden obtener dentro de los invernaderos pueden ser tan altas que influyan negativamente sobre la producción. En un estudio climático en invernaderos en Sarteneja, Caracas, se encuentran diferencias entre las radiaciones totales dentro y fuera de los invernaderos, las cuales pueden variar de acuerdo con la hora del día (Alpi y Tognoni, 1999).

Esto confirma que es conveniente mantener el invernadero a temperaturas óptimas para el cultivo de tomate, las cuales oscilan entre 20 y 30°C durante el día, y entre 15 y 17°C durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35°C afectan a la fructificación (Alpi y Tognoni, 1999) por mal desarrollo de óvulos y el desarrollo de la planta en general, así como del sistema radicular en particular; temperaturas inferiores a 12-15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta. A temperaturas superiores a 25°C e inferiores a 12°C la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C así como superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas (Acuña y Gonzáles, 2006).

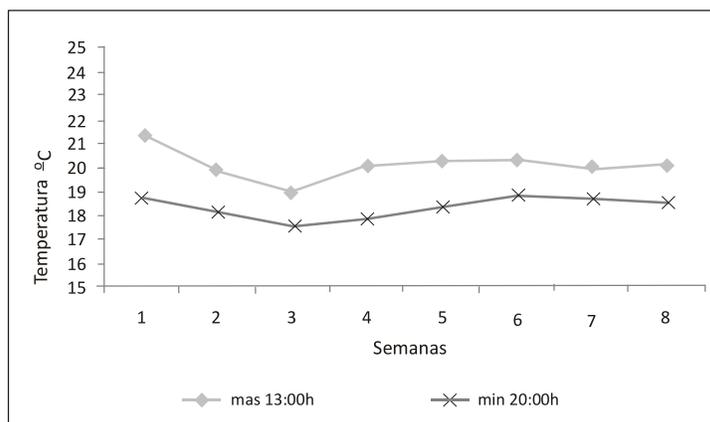


Figura 8. Temperaturas máxima y mínima en el bloque 1 (A. Perlino) durante ocho semanas consecutivas

En el bloque 2 (A. Verde rosa) las características fueron muy diferentes ya que en este tipo de cubierta las temperaturas fluctuaron considerablemente entre ellas. Consecuentemente, en las figuras 9 y 10 se muestra la comparación de las temperaturas máximas y mínimas de los dos bloques, las cuales muestran cómo las temperaturas del bloque 1 se mantuvieron casi constantes, tanto en las horas de más intensidad de luz solar como en las bajas temperaturas de la noche, comparadas con las temperaturas del bloque 2 que fluctuaron un poco

más, lo cual originó un aumento de la temperatura en el interior del invernadero cuando el infrarrojo largo, proveniente de la radiación que pasa a través del material de cubierta, se transformó en calor. Esta radiación es absorbida por las plantas, los materiales de la estructura y el suelo. Como consecuencia de esta absorción, éstos emiten radiación de longitud más larga que, al traspasar por el obstáculo que representa la cubierta, emite radiación hacia el exterior y hacia el interior, calentando el invernadero (Caldari, 2007).

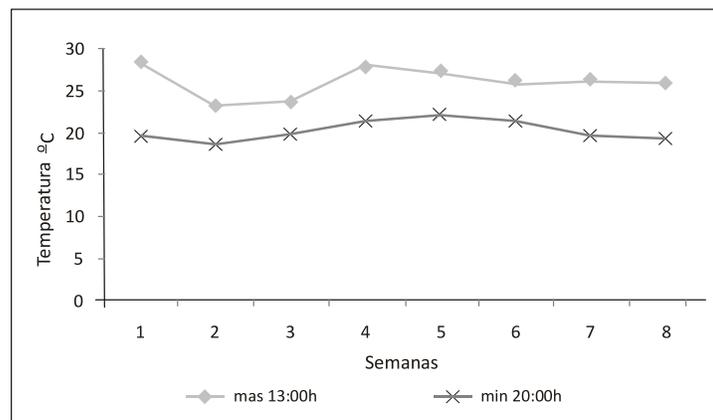


Figura 9. Temperaturas máximas en el bloque 1 y 2 a las 13:00 horas durante ocho semanas consecutivas.

De la misma manera, en la figura 10 se observa que para A. perlino la temperatura a las 20 horas se mantuvo entre los 15 y 20°C, la cual es una temperatura ideal, pues a temperaturas inferiores se puede ver afectado el desarrollo de la planta, ya que la asimilación de nutrientes no es la óptima teniendo en cuenta que, mientras la temperatura del suelo esté por debajo de los 13°C, la deficiencia de fósforo persistirá porque la raíz es casi incapaz de tomarlo del suelo y puede aparecer una coloración amarillada. Nuez (1995) afirma que las plantas cultivadas en maceta con temperaturas máximas/mínimas de 25/6°C y fecundadas con polen fértil, no se

diferenciaron en cuanto el número de semillas/fruto, ni en cuanto el número de frutos de plantas cultivadas en condiciones de buena temperatura. No parece pues que el frío, hasta temperaturas mínimas de 6°C, afecte la cantidad de óvulos fértiles producidos. Las mejores temperaturas para el tomate en las horas nocturnas fluctúan entre 13 y 16°C para el momento del desarrollo entre 15 y 18°C; para la floración. Rangos que se acercan más a lo observado en A. perlino pues su temperatura es más baja y esto, seguramente, tuvo que ver con la diferencia en los rendimientos obtenidos bajo las dos cubiertas.

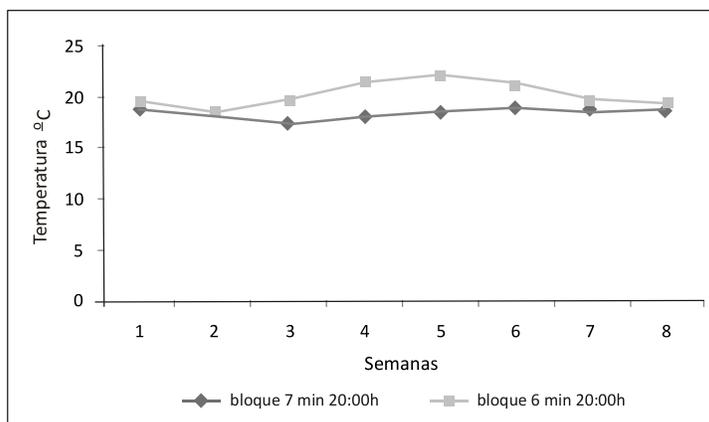


Figura 10. Temperaturas máximas en el bloque 1 y 2 a las 20:00 horas durante ocho semanas consecutivas.

En todo caso Nuez (1995) afirma que los efectos de la termoperiodicidad, o sea el empleo de un régimen de temperatura nocturno inferior al diurno, no son concluyentes. Cuando las temperaturas diurnas son elevadas, un descenso en la temperatura nocturna puede ser beneficioso, pero cuando la temperatura diurna se mantiene a niveles subóptimos, la elevación de las temperaturas nocturnas favorecen el desarrollo vegetativo. En cualquier caso, un aumento de la temperatura diurna es siempre más efectivo y más económico que el de la nocturna, lo que se puede lograr con el empleo de tecnologías que reduzcan la pérdida de calor durante la noche.

Es importante tener en cuenta que la velocidad de desarrollo del fruto resulta marcadamente afectada por la temperatura. La temperatura del fruto influye en su velocidad de respiración y síntesis de almidón y, en consecuencia, en la velocidad de importación de asimilados. La temperatura nocturna óptima para el fruto se sitúa en el intervalo de 15 ó 20°C durante la maduración. La temperatura también afecta la velocidad de síntesis de pigmentos y la insolación directa puede provocar una coloración irregular al afectar localmente la temperatura del fruto.

## Conclusiones

Para el parámetro de producción de tomate, las diferentes distancias de siembra influyeron significativamente, ya que el T2 mostró una diferencia significativa en relación con el T3, pues esta distancia de siembra determinó la interacción solar con el cultivo, haciendo que este aprovechara la cantidad de luz y la convirtiera en biomasa.

En la evaluación de los tratamientos, en cuanto la calidad del fruto se refiere, se pudo establecer que a mayor distancia de siembra la calidad es mejor, por la mayor asimilación de nutrientes por parte de la planta, con diferencias significativas en la calidad G-Extra.

En cuanto las coberturas plásticas, se encontró una gran diferencia en la transmitancia de luz por parte de la cobertura Agolene Perlino, ya que ésta resultó muy beneficiosa para las plantas por su fotoselectividad, haciendo que recibiera mejor calidad de luz para ser aprovechada en la fotosíntesis y luego trasformada en energía para la planta. No obstante este tipo de cobertura tiene otra característica especial, dado que al distribuir la luz incidente en el invernadero logra que la

temperatura se mantenga constante, beneficiando el crecimiento de las plantas, toda vez que temperaturas mayores a 25°C y menores a 12°C conllevan cambios fisiológicos en la maduración, fecundación y coloración de los frutos de tomate.

En evidencia de los beneficios de la cobertura

plástica Agrolene Perlino en su fotoselectividad, se debe profundizar más en su estudio y definir los mejores parámetros para su utilización, con el fin de aprovechar este tipo de tecnologías en beneficio de las plantas cultivadas y, por ende en el favorecimiento de los agricultores dedicados al cultivo del tomate.

## Literatura Citada

- Acuña, J.F. y J.H. González. 2006. Uso de plásticos fotoselectivos en la producción de rosa bajo invernadero en la Sabana de Bogotá. VIII Congreso CIDAPA – Buenos Aires, Argentina.
- Alpi, A. y F. Tognoni. 1999. Cultivo en invernadero. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 347 p.
- Aristizábal, J. C. 1998. Efecto de las podas, distancias de siembra y sistemas de manejo sobre el crecimiento y producción del tomate de árbol (*Solanum betaceum* sendt.) N° 019 frutales. Universidad de Caldas-Manizales. Colombia. 5 p.
- Armengol, E., J. Badiola y P. Papaseit. 2007. Horticultura Revista de Industria Distribución y Socioeconomía Hortícola. Ediciones de Horticultura. España. 16p.
- Ballaré, C., L. A. Scopell, J. J. Casal y R.A. Sánchez. 2006. Know Thy Neighbor through Phytochrome. Essay 17.3. Plant Physiology, Fourth Edition by Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger. p.
- Benavides, M. A. 1998. Modificación en los ambientes espectrales de crecimiento y su efecto sobre el comportamiento fisiológico y productividad de *Lactuca sativa* L. y *Spinacia oleracea* L. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 217 p.
- Boodley, J. 2006. *The commercial Greenhouse*. Delmar Publishers. 2<sup>nd</sup> edition. USA. 612 p.
- Caldari, J. P. 2007. Manejo de la luz en Invernaderos. Los beneficios de Luz de Calidad en el cultivo de Hortalizas. Ciba Especialidades Químicas Ltda. Brasil. 5 p.
- Calderón, S. F. 2000. El Cultivo Hidropónico de Flores En Colombia, Los Sustratos. En: [www.dr Calderonlabs.com](http://www.dr Calderonlabs.com). Junio de 2001. Bogotá D.C., Colombia; consulta: septiembre 2001.
- Carrillo, C. J., F. Jiménez, J. Ruiz, G. Díaz, P. Sánchez, C. Perales y A. Arellanes. 2003. Evaluación de densidades de siembra en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero agronomía mesoamericana 14(1): 85-88 p.
- Castilla, P.N. 2001. Manejo del cultivo intensivo con suelo. In: Nuez, F. El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 189-225.
- Da Silva R. 2004. Estudio climático y fisiológico de pimentón (*Capsicum annum* L) en invernaderos con apertura cenital. Informe Final. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela. 74 p.
- Downton, J. y R. O. Slatyer. 1972. Temperature dependence of photosynthesis in cotton. *Plant Physiol.* 1987. 50:518-522 p.
- Fernández, M., F. Orgaz, E. Federes, J. López, A. Céspedes y S. Bonachela. 2001. Programación del riego de cultivos hortícolas bajo invernadero en el sudeste español. Editorial Cajamar (Caja Rural de Almería y Málaga). 331 p.
- Geiger, D. R. y J. C. Servaites. 1994. Diurnal regulation of photosynthetic carbon metabolism in C3 plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 45. 235-256 p.
- Jaimez, R. E., P.J. Martínez y R. Da Silva. 2006. Microclima en Invernaderos: sus efectos sobre intercambio de gases en cultivos, casos de Venezuela. 342 p.
- Muñoz, R.J.J. 2003. La producción de plántula en invernadero. pp. 187-225 En: J.J. Muñoz y J.Z. Castellanos (Eds) Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. México *Physiol. Plant Mol. Biol.* 45: producciones tropicales. México: Blumme. 235-256 p.
- Nuez, F. 1995. El cultivo de tomate. Ediciones Mundi-Prensa, España. 793 p.
- Puga, S. B. y S. Estrada. 2008. Producción y beneficio de semilla de cilantro. *Acta Agronómica*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle del Cauca, Colombia. Vol.57 No.3.
- Van De Vooren, J.G., W.H. Welles y G. Hayman. 1986. Glasshouse crop production. In: *The tomato crop*. Chapman and Hall. London, England. 581-623 p.

Fecha de Recepción: 06 de mayo de 2009  
Fecha de Aceptación: 05 de junio de 2009