

Indicadores morfológicos y productivos del cultivo del tomate en Invernadero con manejo agroecológico en las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana

Behavior of tomato in greenhouse and agroecological management under the Amazon Ecuadorian conditions

Reinaldo Demesio Alemán Pérez, Javier Domínguez Brito, Yoel Rodríguez Guerra y Sandra Soria Re

Universidad Estatal Amazónica (UEA), Campus Central. Paso Lateral Km. 2 1/2 Vía a Napo, Troncal Amazónica E45, Puyo, Ecuador. CP 160150.

Email: reinaldoap@gmail.com

RESUMEN. El trabajo se desarrolló en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación de la Biodiversidad Amazónica (CIPCA) perteneciente a la Universidad Estatal Amazónica (UEA), del Ecuador, ubicado en el Cantón Arosemena Tola de la Provincia Napo. Consistió en estudiar los indicadores morfológicos y productivos de la variedad de tomate SYTA en condiciones de invernadero con la aplicación de Compost y fertilizante foliar. El semillero se montó en bandejas de 128 alveolos con sustrato comercial a base de Turba. A los 31 días de la germinación se efectuó el trasplante por el método a tres bolillos en canteros de 1,20 m de ancho adecuadamente preparados. Se observa que los indicadores morfológicos tienen un buen desarrollo general en estas condiciones, así mismo, los componentes del rendimiento demuestran que las plantas de tomate en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana logran producciones en el orden de los indicadores obtenidos en otras regiones.

Palabras clave: Amazonía, agroecología, *Solanum lycopersicum* L.

ABSTRACT. The work was developed in the Centre of research, postgraduate and conservation of the Amazon biodiversity (CIPCA) which belong to the Amazon State University (UEA), of Ecuador, located in the Arosemena Tola canton, in the Napo province. It consisted in studying the morphological and productive indicators in SYTA variety of tomato under greenhouse conditions. Compost and foliar fertilizer were applied. The seedling was mounted on trays of 128 alveoli with commercial peat substrate. Thirty one days after germination, plantlets were transplanted by the method to three rolls in beds of 1.20 m wide adequately prepared. Morphological indicators have shown a good general development under these conditions. Performance components of tomato under the Amazon Ecuadorian conditions obtained similar productions to the indicators obtained in other regions.

Keywords: Amazon, agroecology, *Solanum lycopersicum* L.

INTRODUCCIÓN

Según datos de la FAO (2010) la producción mundial de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se ha mantenido estable en los últimos años, con un nivel promedio anual de 123,79 millones de toneladas, convirtiendo a este alimento en una de las hortalizas de mayor consumo mundial.

La producción de hortalizas en América se realiza en casi todo su territorio debido a la diversidad de climas que posee, sin embargo,

la producción comercial que abastece a los principales centros urbanos de consumo que se localiza en determinadas regiones. Estas se han desarrollado por sus condiciones agroecológicas adaptadas para cada especie hortícola y sobre la base de ventajas competitivas comerciales obtenidas a partir de su cercanía al mercado, infraestructura, tecnología disponible y la presencia de productores con conocimientos

sobre la producción de estos cultivos (Núñez *et al.*, 2012).

La superficie sembrada de tomate en Ecuador es de 2 609 ha, con una producción de 50 552 t. La mayor parte de la producción de tomate a nivel nacional es a campo abierto, sin embargo, se estima que alrededor de 1 250 ha de tomate se cultivan bajo cubierta plástica, principalmente en las Provincias de Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Azuay y en la Región Amazónica (Cordero, 2001 citado por Ramírez, 2013).

Garza y Velázquez (2008) refieren que la utilización de invernaderos o casas sombra representa una alternativa de producción y una oportunidad de comercialización de los productos cultivados bajo estos sistemas ya que, además de ofrecer protección contra las condiciones adversas del clima a los cultivos, le dan una mejor calidad y mayores rendimientos a la producción.

La producción en pequeños espacios, organopónicos e invernaderos, son una alternativa para la Amazonía ecuatoriana, con esta técnica se logra que se implementen nuevas alternativas de nutrición y se desarrollen a la vez, conocimientos en el área de transformación de alimentos como la aplicación de procesos innovadores de producción de hortalizas que enriquezcan la dieta familiar, lo que hace a este sistema de producción algo innovador al mercado en la introducción de especies a la Amazonía ecuatoriana (AGRIPAG, 2005).

En la Región Amazónica del Ecuador (RAE), Provincia de Pastaza, hay poca cultura de sembrar y consumir hortalizas y se fundamenta en que las condiciones climáticas y de suelo de la región, no son aptas para estos cultivos. Los vegetales que se consumen provienen de la Sierra lo cual hace que los precios de venta sean elevados (Alemán, 2014).

En la RAE prácticamente no se siembra tomate dadas las condiciones adversas para el cultivo. Sin embargo, es conocido que se pueden lograr producciones aceptables en condiciones de invernadero, pero no hay a la fecha un estudio científico que permita conocer el comportamiento del tomate en estas condiciones edafoclimáticas y bajo manejo agroecológico.

Estos aspectos fundamentan la necesidad de desarrollar una investigación que permita evaluar los indicadores morfológicos y productivos del cultivo del tomate en Invernadero con manejo agroecológico en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en las instalaciones del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) perteneciente a la Universidad Estatal Amazónica, ubicado en el Cantón Arosemena Tola con áreas de investigación situadas entre las provincias de Pastaza y Napo. El CINCA está localizado en el km 44 vía Puyo - Tena, con ubicación geográfica de 01° 11' 29" de latitud sur y 77° 51' 25" de longitud este, a una altura de 628 msnm. Las condiciones climáticas se caracterizan por: temperatura media mensual de 23,8 °C, precipitación anual de 3538 mm y topografía irregular, lo que corresponde a un clima cálido húmedo.

La investigación se desarrolló bajo condiciones de invernadero con el sistema de tutorado de las plantas. Primeramente se preparó un semillero el día 26 de febrero del 2014 en bandejas de 128 alveolos con sustrato comercial para germinación a base de turba. A los 31 días de germinadas las semillas y cuando las plántulas tenían alrededor de 16 cm de altura, cuatro hojas formadas, buen grosor del tallo y buena salud se efectuó el trasplante a los canteros previamente acondicionados, con la incorporación de abono orgánico (compost), elaborado en el Centro de investigaciones a base de estiércol vacuno y restos vegetales. Se trasplantó a una distancia de 80 cm entre hileras, situando dos hileras en cada cantero y 40 cm entre plantas dentro de la hilera y sistema de "tres bolillos", es decir, con una planta en el centro del rectángulo que forman cuatro plantas. A los 15, 30, 45 y 60 días del trasplante (ddt) se aplicó Stimufol, fertilizante foliar con un complejo mineral de macro y micronutrientes. Esta aplicación se realizó mediante aspersión con una mochila manual de 20 L de capacidad, utilizando una solución con concentración de 3 g L⁻¹ de agua.

Para prevenir posibles enfermedades en el experimento se aplicó a los 30 y 60 ddt un producto conocido comercialmente como Skul-27 cuyo ingrediente activo es sulfato de cobre pentahidratado 270 g L⁻¹ aplicando una solución producto comercial-agua de 1 cm³L⁻¹, asperjando el follaje con una mochila manual hasta que comienza el goteo por las hojas.

El tutorado se realizó a partir de los 26 ddt con cinta plástica sujetando en la base de la planta y guiando el crecimiento del tallo sobre la misma con cuidado de no dañar las hojas y flores.

Semanalmente se practicó el deshije, suprimiendo los hijos laterales de las axilas de las hojas antes de que alcanzaran 5 cm de longitud.

Evaluación morfológica

La evaluación morfológica se realizó en 4 momentos (16, 24, 43 y 72 ddt) y consistió en registrar la altura de la planta en centímetros desde el suelo hasta la yema terminal y el número de hojas activas.

Acumulación de materia seca por órganos vegetativos

A los 25 y 72 ddt se tomaron cuatro plantas al azar pero que estaban en competencia intraespecífica perfecta y se determinó la materia seca de cada órgano: raíz, tallo, hojas, flores y frutos. Para esto se determinó el peso fresco de cada órgano y se pusieron en una estufa hasta obtener peso constante.

Rendimiento biológico (RB), Rendimiento económico (RE), Índice de cosecha (IC)

Se determinó el rendimiento biológico que corresponde a la producción de materia seca total por planta (órganos vegetativos y reproductivos); el rendimiento económico (RE) es igual a la producción de materia seca del fruto agrícola por planta; e índice de cosecha.

$$IC = \frac{RE}{RB}$$

Componentes del rendimiento

Se evaluó el número de racimos por planta, número de frutos por racimo y peso promedio de frutos.

Rendimiento agrícola (kg/ha, t/ha)

A partir del peso promedio de frutos y el número de frutos totales por planta se obtuvo el rendimiento por planta y considerando el número

de plantas por hectárea según marco de siembra, se estimó el rendimiento agrícola.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Valoración de los índices de crecimiento del tomate

La tabla 1 muestra el crecimiento de la planta de tomate (altura de la planta) en diferentes momentos a partir del trasplante. Puede observarse un crecimiento exponencial que resultó más lento en los 16 primeros días pero que se acelera grandemente en la etapa de 24 a 43 ddt y de ahí a la siguiente etapa hasta los 72 días del trasplante (ddt), momento en que ya las plantas comienzan a fructificar y por lo tanto, dedican sus reservas a esa función fisiológica. Las condiciones de poca iluminación característica de la Amazonía ecuatoriana seguramente influyeron en el alargamiento del tallo de las plantas de tomate, quien crece en altura buscando la luz solar. Obsérvese que a los 72 ddt las plantas promedian casi 3 m de altura, superior a los valores reportados por Chica (2015) al comparar híbridos de tomate en similares condiciones y coinciden con los reportados por Huerres (2005).

El número de hojas también aumenta en la medida que las plantas crecen, lo que resulta normal para cualquier cultivo que mantiene en cada fase las hojas activas necesarias para realizar el proceso fotosintético capaz de producir buenos rendimientos. Según Huerres (2005) en la etapa donde la planta de tomate comienza su fase de floración - fructificación, no debe tener menos de 18 a 20 hojas activas. La etapa de floración - fructificación transcurrió entre los 45 y 80 días del trasplante, por lo que los valores obtenidos en este caso están en el orden de esos parámetros, sin embargo, resultan inferiores a las 30 hojas reportadas por Chica (2015) para esta misma variedad.

Tabla 1. Altura de las plantas y número de hojas en la variedad de tomate SYTA en condiciones de invernadero

Índices de crecimiento	Días después del trasplante			
	16	24	43	72
Altura de la planta (cm)	27,2	64,7	164,0	293,3
Promedio de hojas	6	9,3	16	21

Acumulación de materia seca por órganos vegetativos de la planta

A los 25 días del trasplante las hojas constituyen el órgano que acumula más materia seca en la planta de tomate, siendo más del doble de lo que acumula el tallo y cinco veces superior al acumulado por las raíces (tabla 2). En estas etapas de desarrollo de las plantas las hojas constituyen el órgano fundamental por su importante papel en el proceso fotosintético y en la formación de materia seca del vegetal, de ahí que para cumplir ese rol, se acumula mucha materia seca en el propio órgano que permite su actividad fisiológica. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Tabaré & Berretta (2001) y Chica (2015). Sin embargo, a los 72 días del trasplante, el tallo acumula más materia seca que las hojas, aunque sin gran diferencia a lo acumulado por éstas. En esta etapa de desarrollo de las plantas (72 ddt) los frutos resultan el órgano que más materia seca acumula (55,71 g), resultando más del doble de lo que acumulan individualmente tallos y hojas y alrededor del 50 % del peso seco total de la planta. Estos resultados son lógicos para el tomate y están en el orden de los reportados por Alemán (2014) y muy similares a los obtenidos por Chica (2015) para esta misma variedad con 53,56 g a los 60 ddt.

Rendimiento biológico, económico e índice de cosecha de la variedad de tomate Syta

La tabla 3 muestra que la planta de tomate en estas condiciones logra producir como promedio 106,44 g de materia seca total, es decir la sumatoria de la materia seca de los órganos vegetativos y reproductivos (raíz, tallo, hoja y

fruto), lo que se conoce como el rendimiento biológico, es decir la cantidad total de materia seca que la planta acumula y que en este caso resultan inferiores a los reportados por Chica (2015) para esta misma variedad. El rendimiento económico que representa a la materia seca del fruto agrícola de la planta es de 55,71 g que están en el orden de los logrados por Alemán (2008) aunque son inferiores a los obtenidos por Chica (2015). Cuando analizamos el índice de cosecha observamos que tiene un valor de 0,52, superior al obtenido por Chica (2015) para esta variedad con 0,46 e inferior a los obtenidos por Heuvelink y Buiscool (1995) con valores de 0,60, y Hao y Papadopoulos (2002) que reportan IC de 0,70 en otras condiciones.

Este es un indicador que expresa la relación entre el rendimiento económico y el rendimiento biológico. En este caso se ve como más del 50 % de la materia seca total que la planta de tomate acumula está presente en el fruto. Muchos autores como Huerres (2005) y Alemán (2008) se refieren a que un índice de cosecha superior a 0,4 resulta adecuado para el tomate.

Componentes del rendimiento y rendimiento agrícola

Las plantas de tomate formaron como promedio ocho racimos (tabla 4), número que no es bajo pero que en condiciones climáticas más adecuadas pudo haber sido mayor, según (Huerres (2005)). Esto está dado a que el primer racimo se formó a más de los 40 cm de altura lo que se debe a la baja luminosidad imperante en esta zona que hace que las plantas traten de ganar en altura y formación de su aparato foliar en detrimento de los órganos

Tabla 2. Acumulación de materia seca (g) por órganos e índice de cosecha

Días del trasplante	Peso seco Raíz	Peso seco Tallo	Peso seco de hojas	Peso seco frutos	Peso seco Total
25 ddt	0,76	2,52	6,09	-	9,37
72 ddt	3,71	24,31	22,71	55,71	106,44

Tabla 3. Rendimientos Biológico, Económico e Índice de cosecha

Rendimiento biológico (g)	Rendimiento económico (g)	Índice de cosecha
106,44	55,71	0,52

Tabla 4. Componentes del rendimiento del tomate variedad Syta en invernadero

Componentes	Valor promedio
Nº de racimos por planta	8,00
Nº de frutos por racimo	4,33
Peso de frutos por planta (g)	130,40
Nº de frutos por planta	34,33
Rendimiento de frutos por planta (kg)	4,5
Rendimiento agrícola kg ha ⁻¹	26,88

reproductivos. También pudo haber influido que el abono orgánico no está disponible desde el principio para ser utilizado por las plantas y esto hace que las mismas demoren en pasar de fase vegetativa a reproductiva.

El promedio de frutos por racimos (figura 1) es de 5,33 que resulta también bajo para tomates en invernadero, pero muy buenos para la Región Amazónica dadas las condiciones climáticas imperantes y por debajo a los reportados por Rojas y Alfaro (2013). Sin embargo, se logra un peso promedio de frutos por plantas de 130 g que resulta bueno para estas condiciones e inferiores a los reportados por León (2009), con medias en el peso de los frutos de 158 g y Chica (2015) que logra 160 g en la variedad Syta.

El rendimiento de frutos por planta es de aproximadamente 4,5 kg que resultan buenos para el tomate y un rendimiento agrícola de 26,88 kg m⁻² aunque de acuerdo con la densidad de población, se alcanzaría un rendimiento estimado de 268,8 t ha⁻¹, considerado como bueno para estas condiciones de manejo (tecnología media). Ponce (2014) reporta rendimientos de aproximadamente 120 t ha⁻¹ en la producción de tomate dentro de invernaderos de bajas tecnologías, de 200 a 250 t ha⁻¹ en los de rangos de tecnología media, y hasta 600 t ha⁻¹ en los de alta tecnología.

CONCLUSIONES

1. Los indicadores morfológicos altura de la planta y número de hojas del tomate variedad Syta en invernadero con manejo agroecológico en la Amazonía ecuatoriana muestran el buen desarrollo general del cultivo en estas condiciones.

2. Los componentes del rendimiento demuestran que las plantas de tomate en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana logran producciones en el orden de los indicadores obtenidos en otras regiones.

3. En las condiciones de la Amazonía ecuatoriana es posible producir tomate en invernadero con rendimiento de 268 t ha⁻¹ sin utilizar productos químicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGRIPAG (Ministerio de agricultura, ganadería, acuicultura y pesca): Producción de tomate bajo invernadero. Quito, Ecuador, 67 p., 2005.

2. Alemán, R.: Sistemas de Producción Agrícola. Editorial Universo Sur, Cienfuegos, Cuba. 2008, 295 p. ISBN: 978-959-257-189-1.



Figura 1. Producción de frutos por planta y por racimo en tomate Variedad Syta en invernadero

3. Alemán, R.; C. Bravo y Mercedes Oña: Posibilidades de producir hortalizas en la Amazonía ecuatoriana, provincia de Pastaza. *Centro Agrícola*, 41(1): 67-72; 2014.
4. Amaguaña-Arroyo, L. A.: Evaluación de tres biofertilizantes frente a tres dosis de aplicación en el tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) bajo invernadero en Quichinche – Otavalo. 2009. En el sitio web: <http://zimatlan.org/.../produccion-de-tomate-orgánico-en-invernadero/> Consultado el 24 de mayo del 2010.
5. Chica, S.: Desarrollo morfofisiológico de cuatro variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) con manejo agroecológico en el Centro de Investigación, Posgrado y conservación de la Biodiversidad Amazónica (CIPCA) en la provincia de Napo – Ecuador. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Estatal Amazónica, Ecuador, 2015, 80 p.
6. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. PRODUCCIÓN VEGETAL. 2010. En el sitio web: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/bpa/tomate.htm/> Consultado el 18 de julio del 2015.
7. Garza, M. y M. Velásquez: Manual de producción de tomate bajo invernadero. 2008. En el sitio web: www.nl.gob.mx/pics/pages/da_publicaciones.../manualinvernaderos.pdf/ Consultado el 17 de Marzo de 2015.
8. Hao, X. and A. P. Papadopoulos: Growth, photosynthesis and productivity of greenhouse tomato cultivated in open or closed rockwood systems. *Can. J. Plant Sci.* 82: 771-780, 2002.
9. Heuvelink, E.; M.J. Bakker; A. Elings; R. Kaarsemaker and L.F.M. Marcelis: Effect of leaf area on tomato yield. *Acta Horticulturae*, 691:43-50, 2005.
10. Huerres, Consuelo: Indicaciones técnicas para la producción de hortalizas de la agricultura urbana. Universidad Central de las Villas, Villa Clara, Cuba. 2005, 18 p.
11. Núñez, F.; R. Grijalva; R. Macías; F. Robles y C. Ceceña: Crecimiento, acumulación y distribución de materia seca en tomate de invernadero. *Revista de ciencias biológicas y de la salud*, XIV (3):25-31, 2012.
12. Ponce, P: Producción de tomates en invernadero en México. 2014. En sitio web: <http://www.hortalizas.com/horticultura-prottegida/produccion-de-tomates-en-invernadero-en-mexico/>. Consultado el 3 de Julio de 2015.
13. Ramírez Vargas, G.: Evaluación agronómica bajo cubierta de tres híbridos de tomate riñón (*Lycopersicum sculentum* Mill), en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Tesis de grado. ESPE - IASA II. 2013. Santo Domingo de los Tsáchilas. Ecuador. 110p. En sitio web: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6247> Consultado el 15/10/2015.
14. Rojas, L. y V. Alfaro: Densidad de plantación en tomate y pepino ensalada. 2013. En sitio web: www.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR18315.pdf Consultado el 03 de Julio de 2015.
15. Tabaré, A. y A. Berretta: Conservación de recursos genéticos ex situ. En: Pocisur. IICA (Eds.). Estrategia en Recursos Fitogenéticos para los países del Cono Sur. IICA., Montevideo, Uruguay, pp. 91-94, 2001.

Recibido el 19 de septiembre y aceptado el 20 de diciembre de 2015