

ISSN 0104-1347

Relaciones entre el desarrollo del cultivo de tomate la cantidad de días desde el transplante y la suma de temperatura acumulada¹

Relationship of tomato crop development with the number of days after transplant and degree-days accumulation

Mariana Garbi²³, María Cecilia Grimaldi²³, Susana B. Martínez²⁴, Daniel Gimenez²⁵

Resumen: El total de grados día acumulados es uno de los índices biometeorológicos más usados para relacionar la temperatura del aire con el desarrollo vegetal. Los datos meteorológicos no siempre se encuentran disponibles, resultando de interés conocer las relaciones que pueden establecerse con información de más fácil accesibilidad, como la cantidad de días transcurridos desde el transplante. Este trabajo tuvo como objetivo determinar la relación existente entre el desarrollo del cultivo de tomate, a través de su tasa de aparición de racimos, con la cantidad de días transcurridos desde el transplante y la suma de temperatura acumulada para el mismo periodo. Durante tres años se condujeron en invernaderos cultivos de tomate larga vida cv. Diva (Rogers Seed Co.); computándose la temperatura del aire a 1,50 m de altura. Se registró la fecha de floración de cada racimo, desde el transplante hasta la aparición de la séptima inflorescencia, y se calculó la integral térmica para cada periodo. El análisis de regresión indica que tanto los días transcurridos desde el transplante como la acumulación calórica permiten explicar la tasa de aparición de racimos a través de una ecuación de tipo lineal, observándose variaciones entre los ciclos de cultivo, que pueden estar dadas por las condiciones imperantes durante cada uno de los ensayos.

Palabras clave: tasa de aparición de racimos, grados – día

Summary- Degree-days is one of the most used meteorological index to relate air temperature and plant development. Otherwise, as meteorological data are not always available, it is interesting to study the possible relations of crop development with days after transplant. The aim of this work was to determine the relationship between tomato crop development, expressed by truss apparition rate and the variables degree-day and days after transplant. Experiments were carried out during three years with long life tomato crop (cv Diva - Rogers Seed Co.) grown in greenhouses, where air temperature was measured 1.5m height. Date of flowering of each truss was registered, from the transplant to the seventh inflorescence and the accumulated degree-days for each period was calculated. Regression analysis indicates that truss apparition rate could be explained by a linear relation with days after transplant, as well as with accumulated degree-days. Variations among crop cycles could be due to the prevailing conditions during each experimental period.

Key words: trusses apparition rate, day degree

¹ Proyecto A 11/ 166 subsidiado por el Programa de Incentivos a la Investigación. Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

² Ex aequo

³ Ing. Agr. Climatología y Fenología Agrícolas. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF). UNLP. Integrantes del Proyecto. Calle 60 y 119 (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina. clima@ceres.agro.unlp.edu.ar

⁴ Ing. Agr. Climatología y Fenología Agrícolas. FCAyF. UNLP. Codirectora del Proyecto.

⁵ Ing. Agr. Fisiología Vegetal. FCAyF. UNLP. Director del Proyecto.

Introducción

El rendimiento de un cultivo está determinado por la tasa y la duración del periodo de crecimiento VAN DOBBEN (1962). Este último depende del ritmo de desarrollo de la planta, que en tomate puede medirse a través de la tasa de aparición de racimos, parámetro que presenta una elevada correlación con la temperatura (HEUVELINK, 1995).

El tomate es una especie de origen subtropical con una elevada exigencia térmica (TESI, 1983). La temperatura media mensual ideal para obtener una buena producción está comprendida entre 16°C y 27°C, mientras que valores inferiores a 10°C durante más de 24 h pueden paralizar la actividad vegetativa. En floración, es conveniente que la temperatura mínima no desciendan de 12°C y la máxima no supere los 25°C, para garantizar buena fecundación. La temperatura influye también sobre la precocidad y coloración del fruto, que queda en tonalidades amarillentas cuando se registran valores inferiores a 10°C o superiores a 30°C (SERRANO CERMEÑO, 1996). Sin embargo, en determinados periodos, la planta posee gran habilidad para la integración y compensación de temperaturas (De KONING, 1990), pudiendo admitirse fluctuaciones, siempre que la integral térmica se mantenga a un nivel apropiado (SEGINER *et al.*, 1994).

El total de grados día acumulados, definido como la suma de temperaturas por encima de condiciones mínimas y por debajo de las máximas necesarias para finalizar los diferentes subperiodos, es uno de los índices biometeorológicos más usados para relacionar la temperatura del aire con el desarrollo vegetal (PRELA & de ARRUDA RIBEIRO, 2002; SCHÖFFEL & VOLPO, 2002).

SERRANO CERMEÑO (1996) cita para tomate valores de integral térmica entre 3.000 a 4.500°C, existiendo divergencias entre los autores respecto al cero vegetativo de la especie, al que sitúan entre 6 y 12°C (WARNOCK, 1969; FOLKER, 1979; TESI, 1983; RODRIGUEZ *et al.*, 1989; CHAMARRO LA PUERTA, 1995). MARTINEZ *et al.* (1998), observaron diferencias significativas en la acumulación térmica requerida por tres híbridos de tomate larga – vida para completar el periodo de transplante a cosecha, manifestándose necesidades diferenciales en el subperiodo floración – cosecha.

El conocimiento de las exigencias térmicas de los híbridos permite ajustar calendarios de siembra, optimizar técnicas de manejo y predecir momentos de cosecha (WARNOCK, 1973; VIEIRA, 1997).

Sin embargo, en el contexto de los sistemas productivos más generalizados en la zona, no siempre se cuenta con los datos meteorológicos necesarios para la determinación de estos índices, por lo que el presente trabajo tiene como objetivo determinar la relación existente entre el desarrollo del cultivo de tomate, a través de su tasa de aparición de racimos, con la cantidad de días transcurridos desde el transplante y la suma de temperatura acumulada para el mismo periodo.

Materiales y Métodos

El área de influencia del trabajo fue la ciudad de La Plata, Argentina, ubicada geográficamente a 34° 58' S; 57° 54' W donde se condujeron ensayos utilizando el híbrido de tomate de hábito de crecimiento indeterminado y larga vida, Diva (Rogers Seed Co.). Las condiciones de cultivo en cada periodo de ensayo se detallan a continuación:

Primer ensayo: la siembra se realizó el 29 de julio de 1994 y los plantines fueron transplantados el 16 de septiembre a una cobertura plástica tipo capilla (6 m X 40 m X 3,5 m) con orientación este – oeste. El cultivo se plantó a dos hileras con un marco de 0,70 m x 0,40 m. Se condujo en barraca, con caña como tutor hasta la fructificación del 7° racimo. La cosecha se inició el 7 de diciembre y finalizó el 13 de febrero de 1995.

Segundo ensayo: la siembra se realizó el 12 de agosto de 1998 y los plantines fueron transplantados el 23 de octubre a una cobertura plástica tipo parral con doble abertura cenital con orientación este – oeste. El cultivo se plantó a dos hileras con un marco de 0,70 m x 0,40 m. Se condujo con hilo como tutor, hasta la fructificación del 7° racimo. La cosecha se inició el 18 de diciembre y finalizó el 2 de marzo de 1999.

Tercer ensayo: la siembra se realizó el 25 de agosto de 1999 y los plantines fueron transplantados el 4 de octubre a una cobertura plástica tipo capilla con abertura cenital, con orientación norte - sur. El cultivo se plantó a dos hileras con un marco de 1,40

m x 0,23 m. Se condujo con hilo como tutor, hasta la fructificación del 7º racimo. La cosecha se inició el 23 de diciembre y finalizó el 28 de enero de 2000.

Durante los tres ensayos se registraron temperaturas del aire diarias máximas, mínimas y medias a 1,50 m de altura con un equipo automático programable Equidata RD III con sensores de platino (Pt - 100) ubicados en el centro de las coberturas. La integral térmica fue calculada según el Método Residual de BROWN (1975) tomando como temperatura base inferior 10°C y superior 30°C:

$$GD = 0,5 (T. \text{máx.} + T. \text{mín.}) - Tb$$

Donde GD es grado-día, T. máx. la temperatura máxima, T. mín. la temperatura mínima y Tb la temperatura base inferior. Cuando la temperatura media diaria superaba los 30°C, se computaba este valor para el cálculo.

Se realizaron registros fenológicos anotando fechas de floración de cada racimo. Se calcularon las tasas de aparición de racimos (TAR) expresada como número de racimos.m².día⁻¹ y se las relacionó con los días transcurridos desde el transplante y los grados - día acumulados en el mismo periodo, a través del análisis de regresión.

Resultados y Discusión

En las Tablas 1 y 2 se presentan las ecuaciones de regresión para la tasa de aparición de racimos (TAR) en función de los días transcurridos desde el transplante y de los grados-día acumulados para el mismo periodo. Más del 0,90 de las variaciones observadas, de acuerdo a los coeficientes de determinación encontrados, pueden ser explicadas por una ecuación de tipo lineal tanto para la variable días desde transplante, como grados-día acumulados. HEUVELINK (1995) observó una respuesta similar de esta tasa con relación a la temperatura, en el rango

que oscila entre los 18°C y 23°C.

En los tres periodos de ensayos analizados las variaciones observadas en los patrones de respuesta (Figuras 1 y 2) pudieron deberse a las distintas condiciones imperantes en cada ensayo, las que pueden modificar significativamente el periodo de crecimiento de un cultivo, sin afectar el patrón que lo caracteriza (KLAPWIJK, 1981). Considerando los requerimientos para alcanzar un mismo nivel de desarrollo, se observa que existen discrepancias entre los distintos ensayos. A partir de la primera floración, la TAR aumentó en promedio de 0,04 a 0,1 racimos.m².día⁻¹. Cuando la TAR toma valores próximos a 0,1 racimos.m².día⁻¹, en el primer ensayo la acumulación calórica fue de 983 grados-día en 72 días, en el segundo fue de 736 grados-día en 60 días y en el tercero de 860,5 grados-día en 72 días. WARNOCK (1973), estudiando el comportamiento de cultivos de tomate a través de tres años también observó discrepancias en los valores de integral térmica requeridos para que se produjera determinado estadio de desarrollo, atribuyéndolo a la ocurrencia de temperaturas elevadas que disminuyen el ritmo de desarrollo de las plantas y provocan una mayor acumulación calórica hasta alcanzar determinado estadio. MASSIGNAM & ANGELOCCI (1990) citan que la relación lineal entre la acumulación térmica y la ocurrencia de fases está sujeta a la condición de respetar los límites de temperaturas biológicas adecuadas para cada subperiodo.

En todos los años de ensayo la temperatura registrada dentro de los invernaderos se desvió de los niveles óptimos, con valores de amplitud muy elevados (21°C en el primer ensayo, 25°C en el segundo y 18°C en el tercero). La desviación de la temperatura de aquellos rangos de valores donde la relación con la floración es lineal pudo haber provocado esa diferencia en la acumulación calórica

Tabla 1. Ecuaciones de regresión de tasa de aparición de racimos (TAR) en función de los días transcurridos desde el transplante.

Ensayo	Ecuación de regresión	Coefficiente de determinación (R ²)	Probabilidad
1	TAR = 0.00327 + 0.001343 * días	98 %	0.00001
2	TAR = - 0.01164 + 0.00213 * días	96 %	0.0001
3	TAR = - 0.02895 + 0.00186 * días	93%	0.0008

Tabla 2. Ecuaciones de regresión de tasa de aparición de racimos (TAR) en función de los grados día (GDA) acumulados desde el transplante

Ensayo	Ecuación de regresión	Coefficiente de determinación (R ²)	Probabilidad
1	TAR = 0.010305 + 0.00009135 * GDA	98 %	0.00001
2	TAR = 0.015995 + 0.00012208 * GDA	94 %	0.0003
3	TAR = - 0.023499 + 0.0001532 * GDA	91 %	0.0008

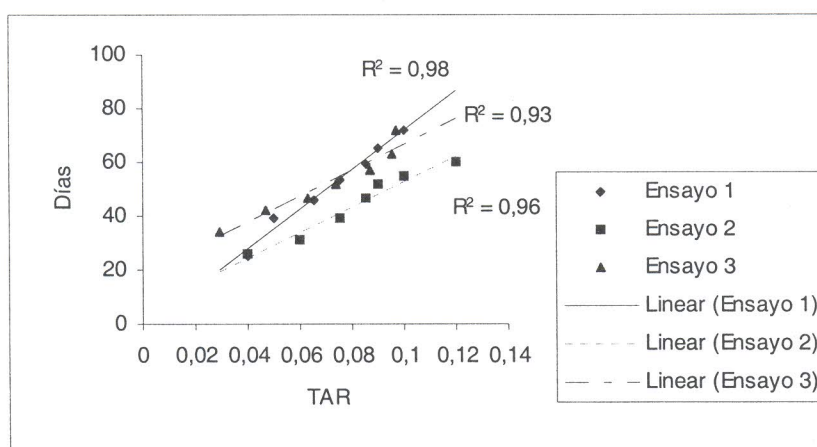


Figura 1. Tasa de aparición de racimos en cultivo de tomate en función de los días transcurridos desde transplante

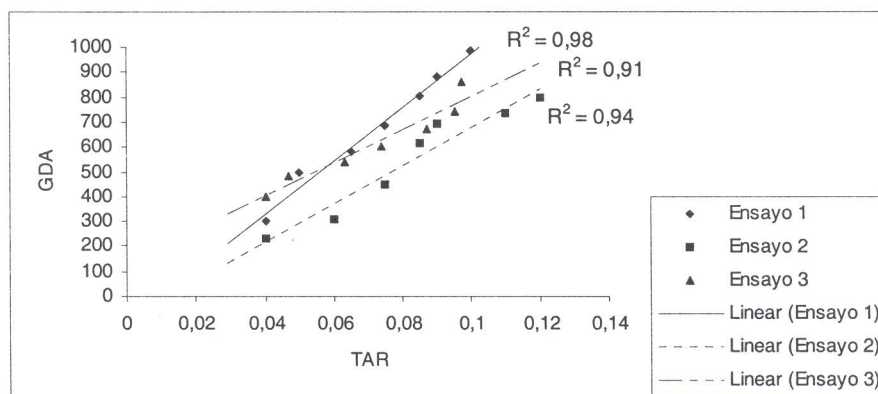


Figura 2. Tasa de aparición de racimos en cultivo de tomate, en función de los grados - días acumulados desde transplante

alcanzada, considerado que la floración depende puntualmente de la temperatura que se registra en el momento de ocurrencia del proceso (De KONING, 1990). Este comportamiento de la temperatura es común en las estructuras de invernaderos más generalizadas en la zona en estudio, como fue medido por GARBI *et al.* (2002) en la época de máxima producción del cultivo de tomate. Por otra parte, la aplicación del cálculo de unidades calóricas presenta ciertas limitaciones. Es por ello que existen

distintas fórmulas para su estimación aún para la misma especie (CASTILLO & CASTELLVISENTIS, 1996).

Conclusiones

Bajo las condiciones de ensayo, independientemente de las condiciones de cultivo, el tomate presenta un patrón de desarrollo en el que la tasa de aparición de racimos (TAR) responde en

forma lineal a los días transcurridos desde el transplante y a la acumulación calórica ocurrida durante el periodo.

Referencias Bibliográficas

BROWN, D. M.. Heat Unit for corn in Southern Ontario, **Ontario Department of Agricultural and Food**. Canada, 1975, 4 p.

CASTILLO, e.; CASTELVI SENTIS, F. **Agrometeorología**. 1º ed., Madrid: Ed. Mundiprensa, 1996. Cap. 8, Temperatura, p. 185-218.

CHAMARRO LAPUERTA, J. **El cultivo de tomate**. España: Ediciones Mundi – Prensa: 1995. Cap. 2: Anatomía y fisiología de la planta. p. 43 – 91.

DE KONING, A. N. M. Long term temperature integration of tomato. Growth and development under alternating temperatures regimes, **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 45, p. 117 – 127, 1990.

FOLKER, E. **El tomate. Estudio de la planta y su producción comercial**. Buenos Aires: Hemisferio Sur: 1979. Cap. 3: Producción comercial. p. 37-90.

GARBI, M.; et al. Influencia de invernaderos sobre la temperatura estival en el cinturón hortícola platense, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 27-31, 2002.

HEUVELINK, E. Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in a greenhouse, **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 61, p. 77 – 99, 1995.

KLAPWIJK, D. Effect of season on early tomato growth and development rates. **Netherland Journal of Agricultural Science**, v. 2, p. 179 – 188, 1981.

MARTINEZ, S. B. et al. Estimación de la acumulación calórica de cultivares de tomate larga vida para zonas de clima templado, **Agrícola Vergel**, Valencia, v. 204, p. 686-689, 1998.

MASSIGNAM, A.M.; ANGELOCCI, L. R. Determinação da temperatura – base e de graus – dia na estimativa da duração dos subperiodos de desenvolvimento de tres cultivares de girasol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa

Maria, v. 1 n. 1, p. 71-79, 1993.

PERRY, K. B. et al. Heat units to predict tomato harvest in the southeast USA, **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 84, p. 3 – 4, 1997.

PRELA, A.; RIBEIRO, A. M. A. Determinação de graus-dia acumulados e sua aplicação no planejamento do cultivo de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) para Londrina – PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, p. 83-86, 2002.

RODRIGUEZ, R et al. **Cultivo moderno de tomate**. 2. Ed, Madrid: Ed. Mundi – Prensa, 1989. Cap. 2: Descripción de la planta. p. 7-19.

SEGINER, I. et al. Optimal temperatures regimes for a greenhouse crop with a carbohydrate pool: a modelling study., **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 60, p. 55 – 80, 1994.

SERRANO CERMEÑO, Z. **Veinte cultivos de hortalizas en invernadero**. Sevilla: Zoilo Serrano Cermeño, 1996. Cultivo de tomate. p. 515-575.

SCHÖFFEL, E.R.; VOLPO, C. A. Relação entre a soma termica efetiva e o crescimento da soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, p. 89-96, 2002.

TESI, R. Influencia dei bassi regimi termici nelle colture di pomodoro e zucchini. **Culture Protette** v. 6, p. 17 – 22. 1983.

TESI, R.; TOGNONI, F. Influence of low temperatures in the greenhouse production of solanacea plants in mild winter areas. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 191, p. 209 – 219, 1986.

VAN DOBBEN, W. H. Influence of temperature and light conditions on dry – matter distribution, development rate and yield in arable crops. **Netherland Journal of Agricultural Science**, v. 10, Special Issue, p. 377 – 389, 1962.

VIEIRA, V.; CURY D.M. Graus-dia na cultura de arroz. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10., 1997, Piracicaba. **Anais...**, Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1997. 736 p. p. 47-49.

WARNOCK, S. I. Tomato development in California in relation to heat unit accumulation. **HortScience**, v. 8, p. 487 – 488, 1973.

WARNOCK, S. I.; ISAACS, R. L. A linear heat unit system for tomatoes in California. *Journal of American Horticultural Science*, v. 94, p. 677 – 678, 1969.