



Agronomía Mesoamericana

ISSN: 1021-7444

pccmca@cariari.ucr.ac.cr

Universidad de Costa Rica

Costa Rica

Borrego, Fernando; López, Alfonso; Fernández, José M.; Murillo, Margarita; Rodríguez, Sergio; Reyes, Alfonso; Martínez, Juan M.

Evaluación agronómica de tomate (*Lycopersicon esculentum* m) en invernadero

Agronomía Mesoamericana, vol. 12, núm. 1, 2001, pp. 49-56

Universidad de Costa Rica

Alajuela, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43712107>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* M.) EN INVERNADERO<sup>1</sup>

Fernando Borrego<sup>2</sup>, Alfonso López<sup>2</sup>, José M. Fernández<sup>2</sup>, Margarita Murillo<sup>2</sup>, Sergio A. Rodríguez<sup>2</sup>,  
Alfonso Reyes<sup>2</sup>, Juan M. Martínez<sup>2</sup>

### RESUMEN

**Evaluación agronómica de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en invernadero.** El objetivo del presente trabajo fue determinar la adaptación de genotipos de tomate, bajo condiciones de invernadero. Los genotipos fueron: híbridos: Contessa, Summer Flavor 5000, Summer Flavor 6000, Celebrity, Bonita, Shady Lady, Sunbolt, Sunny, Heat Wave y Olympic; y la variedad FloraDade como testigo. Se evaluaron variables fisiológicas y de rendimiento. Las variables fisiológicas se determinaron en tres evaluaciones en el ciclo del cultivo, en tres horas del día y dos posiciones de hoja en cada evaluación. Se encontraron correlaciones significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre rendimiento en t/ha, y rendimiento promedio/planta/corte, frutos/planta/corte y rendimiento/planta, y entre fotosíntesis y uso eficiente del agua. En el análisis de componentes principales, se encontró que los primeros cinco componentes tuvieron un Eigenvalor mayor a uno, explicando los tres primeros un 72% de la varianza total. El primer componente, con un 36% de la variación total, se debió a las "características de rendimiento", el segundo componente, con un 23% de la variación total, se debió a las "características de regulación interna de temperatura" y el componente cinco, con un 7,4 % de la variación, a la "producción eficiente de fotosintatos". El análisis de regresión lineal múltiple fue significativo ( $p \leq 0.01$ ). El rendimiento en t/ha, se explica por una ecuación lineal múltiple ( $r^2 = 0.98$ ) de cuatro variables.

### ABSTRACT

**Agronomic assay of tomato (*Lycopersicon esculentum* M.) in greenhouse.** The main objective of this work was to determine the adaptation potential of tomato genotypes for greenhouse. Genotypes evaluated were: hybrids: Contessa, Summer Flavor 5000, Summer Flavor 6000, Celebrity, Bonita, Shady Lady, Sunbolt, Sunny, Heat Wave and Olympic; and the variety Flora Dade, as a check. The variables evaluated were: yield, agroclimatic and physiological. agroclimatic and physiological variables were determine in three evaluations in the crop cycle, at three times/day and two leaf positions, in each evaluation. Significant correlations were found ( $p \leq 0.05$ ) between yield in t/ha and mean yield by plant, fruits by plant at harvest, and yield by plant, and between photosynthesis and water use efficiency. Principal component analysis showed first five components have an Eigenvalue greater than one, explaining the first three with a 72% of total variance. The first component, with a 36% of total variance is due to "The yield characteristics" component two, with a 23% of total variance, is due to "internal temperature regulation characteristics" and component five, with a 7.4% of variation, to "photosyntates efficient production". Multiple linear regression analysis difference was significant ( $p < 0.01$ ). Yield in t/ha was explained by the multiple linear equation ( $r^2 = 0.98$ ) of four variables.



### INTRODUCCIÓN

Las principales condiciones agroclimáticas que prevalecen en el sur de Coahuila, México, son las de severa escasez de precipitación, con una distribución anual errática y altas temperaturas, lo que condicionan altas evapotranspiraciones, además hay una corta temporada de crecimiento, por la presencia de heladas se-

veras, tempranas y tardías (GIIEZAP-UAAAN, 1991). Los sistemas agrícolas modernos, para obtener altos rendimientos, requieren cuantiosas inversiones en obras de infraestructura, mecanización, fertilizantes, semillas mejoradas y aplicaciones extensivas de plaguicidas, tratando de asegurar, en el corto plazo, cosechas abundantes, sin importar la contaminación de productos agrícolas o del ambiente.

<sup>1</sup> Presentado en la XLVI Reunión Anual del PCCMCA. San Juan, Puerto Rico. 2000

<sup>2</sup> Maestros Investigadores de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coah. México

La agricultura sustentable es un sistema de explotación agrícola que incorpora la filosofía de racionalidad y conservación del ambiente, haciendo un balance óptimo de todos los componentes de la rentabilidad agrícola, (Borrego y Murillo, 1999), para asegurar la obtención de cosechas para ésta y las generaciones venideras en mayor cantidad y calidad, (Campbell *et al.*, 1986).

Uno de los puntos principales de partida en la agricultura sustentable, lo constituye la explotación racional e intensiva de genotipos o variedades eficientes en su morfología y fisiología, así como tolerancia a factores adversos, de manera que requieran el suplemento de menor cantidad de insumos. El tomate, es un cultivo que ha aumentado su siembra a nivel mundial y nacional, puesto que es un vegetal que tiene un alto contenido de vitaminas A y C, así como potasio y licopenos. Esto le da un importante contenido nutritivo, por propiedades antioxidantes que reducen la presencia de radicales libres en el cuerpo humano, disminuyendo algunas enfermedades.

Debido a las condiciones extremas del clima, las principales regiones tomateras en México, se encuentran ubicadas en Sinaloa, Sonora, Baja California y San Luis Potosí. Se siembra en la región de Coahuila y Durango, sólo 500 ha, por lo que al mercado regional llega producto más caro y de menor calidad. Además, es interés de los pequeños agricultores regionales que tienen poca disponibilidad de agua de riego, obtener cultivos que tengan amplia demanda, que no tenga problemas de comercialización y optimizar su sistema de explotación.

El mercado regional de Saltillo, se estima, requiere de 300 t de tomate por semana (SAGAR, 1997), por lo que la producción en ambientes controlados (Guerra, 1997, Martínez, 1999), está ampliamente justificada, por lo que los objetivos del presente trabajo fueron: a) Determinar las variables morfológicas, fisiológicas y agroclimáticas más correlacionadas con el rendimiento en tomate, b) Determinar los componentes principales de variación, c) Determinar los mejores genotipos para explotarse en invernadero, considerando todas las variables en conjunto, y d) Determinar la ecuación de regresión lineal múltiple que mejor explique el rendimiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del área de estudio:** El experimento se realizó en el invernadero y en el laboratorio de fisio-

tecnia de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, ubicada al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila. Las características principales del área son: 25°22' latitud N, 101°00' longitud W y altitud 1742 msnm. Tipo de clima: BShw (x')(e): clima muy seco, cálido, extremo, con lluvias de verano el 80% del total.

**Genotipos en estudio:** Híbridos de tomate: Bonita, Celebrity, Contessa, Heatwave, Olympic, Shady Lady, Summer Flavor 5 000, Summer Flavor 6 000, Sunbolt, Sunny; y la variedad FloraDade, testigo.

**Características de la parcela experimental:** Los genotipos se transplantaron a doble hilera con acolchado y riego por goteo, en camas de invernadero, de 12 m de largo y 0,90 m de ancho. La distancia entre plantas fue de 0,40 m; la parcela experimental estuvo constituida por cinco plantas. Se evaluó como parcela útil las dos plantas centrales.

### Variables en estudio:

**Fisiológicas:** Temperatura de la hoja (THOJA, °C), fotosíntesis neta (FOTO, mmol CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>s), transpiración (TRANSP, mol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>s), uso eficiente del agua (UEA, g CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>s/10 l H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>s) y conductancia estomatosa (CE, cm/s). Luz incidente (DFFF, µmol fotones/m<sup>2</sup> s), temperatura del aire (TAIR, en °C), concentración de CO<sub>2</sub> (ppm) y humedad relativa (HR, %). Las variables fisiológicas y agroclimáticas se hicieron a través de tres evaluaciones, en tres horas del día, dos hojas y los 11 genotipos, en cuatro repeticiones, utilizando el fotosintetómetro portátil LI-6200 (LI-Cor Inc. Nebraska. USA).

**Rendimiento:** Rendimiento total/planta (RD-TOTPTA) y con la densidad de plantas, se estimó el rendimiento en t/ha (RTOTONHA), número de frutos/planta/corte (FTPTAC), Peso promedio de fruto (PPMFTO) y rendimiento promedio/planta/corte (RPMPTAC).

**Análisis estadístico:** Para las variables fisiológicas y agroclimáticas, se utilizó un diseño bloques completos al azar con cuatro repeticiones, con arreglo de parcelas sub-subdivididas. Para las variables de rendimiento, bloques al azar, y con arreglo de parcelas divididas al considerar como fuente de variación a nueve cortes o cosechas. En este estudio se presentan las correlaciones simples, análisis de componentes principales y análisis de regresión lineal múltiple, realizados con el paquete computacional Statisticamr.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1, se presentan los coeficientes de correlación entre las diferentes variables en estudio para los 11 genotipos. Hubo correlaciones significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre las variables de temperatura del aire y temperatura de la hoja, lo que indica que la alta temperatura ambiental en el invernadero, fue causada por corrientes de aire insuficientes, lo que calentó el tejido fotosintético. También se encontró una alta correlación entre fotosíntesis y uso eficiente del agua, lo que indica que los genotipos que más fotosintetizan, son los que mejor utilizaron el agua (Allen y Rudich, 1978). Dado que para obtener el UEA también se tomó en cuenta el valor de transpiración, y al haber poca correlación entre transpiración y UEA, se consideró de mayor importancia, en esta variable, la fotosíntesis. Para las características de rendimiento promedio/planta/corte y los frutos por planta/corte, se encontraron correlaciones significativas ( $p \leq 0,05$ ), lo que indica que a mayor número de frutos, hubo mayor rendimiento (Swenney *et al.*, 1987). No se encontraron otras correlaciones entre las variables agroclimáticas y fisiológicas con rendimiento.

De las funciones fisiológicas, se encontró correlación significativa, ( $p \leq 0,05$ ), entre conductancia estomática y transpiración, y con fotosíntesis, alto valor (0,600) no significativo por el tamaño de muestra, reflejándose la dependencia de estas dos funciones en el grado de apertura estomatal y mayor intercambio de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , entre la cámara estomática y la atmósfera circundante.

La ausencia de correlación entre fotosíntesis y las características de rendimiento, indica que los genotipos

de mayor rendimiento no son los que más acumulan fotosintetizados en los frutos, habiendo otras variables que influyeron en la acumulación de fotosintatos y el amarre y crecimiento de los frutos. Mayor fotosíntesis, puede acumular más fotosintatos en otros órganos de crecimiento y sostén (Pearce *et al.*, 1993). Otro aspecto que hay que considerar, es que se tomaron los datos promediados para cada genotipo, por lo que son relativamente pocas observaciones, (nueve grados de libertad para la correlación), aunque los datos agroclimáticos y fisiológicos promediados, son de 72 observaciones (cuatro repeticiones x tres evaluaciones x tres horas del día x dos posiciones de hoja). Una manera de remediar lo anterior, es tomar los datos de cada repetición y cada genotipo (44 en la correlación) por lo que serían correlaciones genotípicas, y no fenotípicas. (si las demás condiciones permanecen constantes, y hay variación en un genotipo dado, de una repetición a otra, se debe principalmente, a la variabilidad genética inherente al genotipo).

Al no encontrarse correlaciones que permitan un mejor entendimiento del rendimiento, se utilizó una técnica de análisis multivariado de componentes principales (ACP), en que se reduce la dimensionalidad de los datos, y es muy útil para discriminar variables tomadas en conjunto, así como para seleccionar los genotipos con mejores atributos, considerando el conjunto de variables en su totalidad (Godshalk y Timothy, 1988).

El análisis de componentes principales (ACP) es una técnica exploratoria que nos ayuda a determinar las dimensiones de variabilidad y ayuda en la reformulación de hipótesis; esta prueba tiene diversidad de usos: a) la reducción del número de variables, por supresión de variables mínimas. b) la ordenación de variables en

**Cuadro 1.** Correlaciones entre variables agroclimáticas, fisiológicas y de rendimiento, en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en invernadero. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 1997.

	DFFF	TAIR	THOJA	CO2	HR	FOTO	CE	TRANSP	UEA	PPMFTO	RPMPTAC	FTPTAC	RDTOTPTA	RTOTONHA
DFFF	1,000	-0,213	-0,173	-0,449	0,376	0,458	0,533	0,162	0,442	-0,133	-0,030	0,055	-0,030	-0,030
TAIR		1,000	0,756*	-0,048	-0,228	0,174	0,004	0,480	-0,010	-0,709*	-0,452	-0,333	-0,451	-0,451
THOJA			1,000	0,061	-0,308	0,252	-0,026	0,138	0,218	-0,621*	-0,552	-0,438	-0,553	-0,553
CO2				1,000	-0,646*	-0,054	-0,327	-0,143	-0,012	0,124	0,334	0,340	0,335	0,335
HR					1,000	0,245	0,330	0,021	0,280	0,229	0,269	0,229	0,267	0,267
FOTO						1,000	0,600	0,458	0,922*	-0,064	0,037	0,049	0,037	0,037
CE							1,000	0,694*	0,373	0,334	-0,089	-0,263	-0,088	-0,088
TRANSP								1,000	0,079	-0,077	-0,220	-0,273	-0,218	-0,218
UEA									1,000	-0,038	0,132	0,168	0,132	0,132
PPMFTO										1,000	0,499	0,189	0,500	0,500
RPMPTAC											1,000	0,936*	1,000*	1,000*
FTPTAC												1,000	0,935*	0,935*
RDTOTPTA													1,000	1,000*
RTOTONHA														1,000

\* = Significativo al 0,05 de probabilidad.

ayuda de interpretación de datos multivariados. c) el uso del ACP, en conjunto con análisis de regresión, para la identificación de variables biológicas para próximas experimentaciones (Broschat, 1979; Ghawas, 1985). Se ha comparado el análisis de factores con el ACP, empleados como una alternativa en los índices de selección (Godshalk y Timothy, 1988). El ACP tuvo la más alta correlación con los índices de selección, y tal correlación nos indica el potencial para usos de este método estadístico empleados para el propósito de selección (Farías *et al.*, 1983). Los componentes principales a seleccionar son los que cumplen alguna de las siguientes características: 1) que cada componente aporte al menos un 5% de la varianza total; 2) que expliquen al menos un 75% de la varianza total y 3), que tenga al menos un Eigenvalor de 1,0; siendo también de utilidad este análisis para determinar las principales variables para la formulación de modelos de crecimiento y fisiológicos (Lemaire y Millard, 1999; Pollman *et al.*, 2000).

En el Cuadro 2, se presentan los valores de la varianza que explican cada componente, como porcentaje de la varianza total. Se observa que los tres primeros componentes explican cerca del 72 % de la varianza total, por lo que estos son los tres componentes principales. Sin embargo, los cinco componentes, tienen un Eigenvalor mayor a uno por lo que se pueden seleccionar los cinco componentes.

**Cuadro 2.** Análisis de componentes principales (Eigenvalores) entre variables en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.), en invernadero. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 1997.

Componente	Eigenvalor	Varianza Total (%)	Eigenval. Acum.	Acumulado (%)
1	4,991	35,653	4,991	35,653
2	3,154	22,525	8,145	58,178
3	1,962	14,013	10,107	72,191
4	1,335	9,532	11,441	81,723
5	1,037	7,405	12,478	89,128

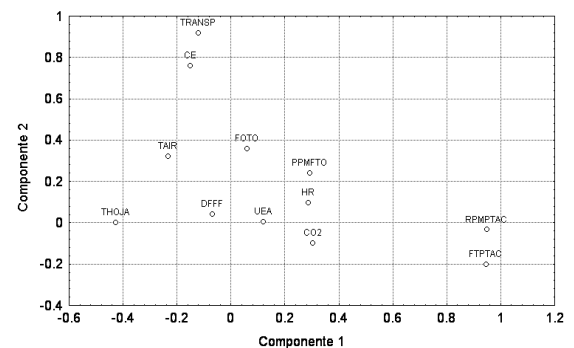
En el Cuadro 3, se presenta la contribución relativa de cada variable en los cinco componentes principales. Se encontraron valores significativos, en el componente uno, en las características de rendimiento, por lo que se puede llamar "componente del rendimiento total" en términos cuantitativos, puesto que el valor de PPMFTO fue bajo. Para el componente dos, se encontró alto valor en las características de CE y TRANSP, por lo que se puede llamar Componente de regulación interna de temperatura", por el papel fisiológico que desempeña la transpiración (Bar-Tsur *et al.*, 1985). Para el componente tres, se encontró alto valor en TAIR y THOJA, y, con signo contrario, PPMFTO,

**Cuadro 3.** Contribución relativa de cada variable en cinco componentes principales en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.), en invernadero. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 1997.

	Componentes principales				
	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Comp. 5
DFFF	-0,068	0,041	0,150	0,568	0,561
TAIR	-0,233	0,324	-0,878*	-0,100	-0,043
THOJA	-0,428	0,002	-0,689	-0,262	0,249
CO2	0,304	-0,097	0,025	-0,893*	0,030
HR	0,286	0,097	0,122	0,814*	0,154
FOTO	0,061	0,360	-0,124	0,039	0,888*
CE	-0,151	0,762*	0,281	0,247	0,424
TRANSP	-0,122	0,921*	-0,210	0,036	0,090
UEA	0,118	0,005	-0,048	0,041	0,953*
PPMFTO	0,291	0,241	0,845*	-0,097	-0,081
RPMPTAC	0,947*	-0,033	0,236	-0,040	0,032
FTPTAC	0,945*	-0,201	0,004	0,006	0,085
RDTOTPTA	0,947*	-0,032	0,236	-0,042	0,032
RTOTONHA	0,947*	-0,032	0,236	-0,042	0,032

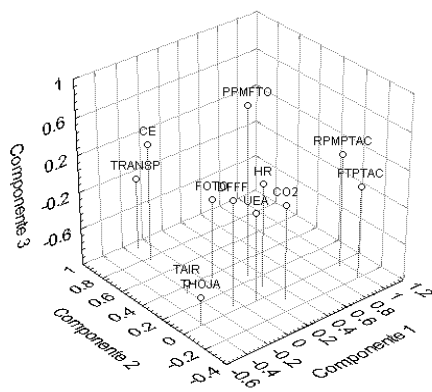
por lo que este componente puede llamarse "Componente de disminución de calidad del fruto por altas temperatura".

En las Figuras 1, y 2, se presentan los resultados obtenidos, en dos y tres dimensiones respectivamente. Berry y Uddin (1988) y, Peet y Bartholomew (1996) estudiaron el efecto de las altas temperaturas en características fisiológicas del tomate, así como el amarre de frutos y la viabilidad de polen, encontrando diferencias genotípicas que permiten explotar la variabilidad genética en programas de mejoramiento.



**Figura 1.** Posición de las variables analizadas en los componentes uno y dos, en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en invernadero.

El componente cinco también se tomó en cuenta en este estudio, puesto que las variables que mayor contri-



**Figura 2.** Posición de las variables analizadas en los tres componentes principales, en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en invernadero.

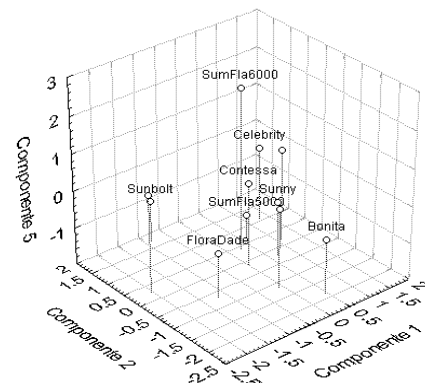
buyen a la varianza, son FOTO y UEA, por lo que se llamaría “Componente de la producción eficiente de fotosintatos”.

En el Cuadro 4 y Figura 3, se presenta la contribución relativa de cada variedad para los componentes principales en estudio, sobresaliendo los genotipos Celebrity, Shady Lady, Sunny y Summer Flavor 6000.

**Cuadro 4.** Comportamiento de 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.), en invernadero. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 1997.

	Componentes principales				
	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Comp. 5
Contessa	-0,027	-0,173	-0,819	-1,718	0,263
SumFla5000	0,618	0,644	0,632	0,387	-1,344
SumFla6000	0,235	0,360	-0,772	0,151	2,411
Celebrity	1,276	1,050	0,599	-1,015	-0,009
Bonita	0,424	-1,885	0,473	-1,288	-0,504
ShadyLady	1,085	0,155	0,220	0,797	0,495
Sunbolt	-0,899	1,716	-1,117	0,050	-0,871
Sunny	0,642	-0,246	0,502	1,090	-0,512
Heatwave	-0,092	-1,157	-0,478	1,600	0,169
Olympic	-2,056	0,245	2,096	-0,062	0,655
FloraDade	-1,206	-0,708	-1,336	0,010	-0,752

En los Cuadros 5 y 6, se presentan los resultados del análisis de regresión lineal múltiple entre el rendimiento en t/ha (RTOTONHA) y cuatro variables, encontrándose diferencia significativa ( $p \leq 0,001$ ) en el análisis de regresión. Cabe mencionar que hay un alto ajuste ( $r^2 = 0,985$ ) en la ecuación, lo que se puede observar en la figura 4, con los valores observados y predichos.



**Figura 3.** Posición de 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en invernadero, considerando los componentes uno, dos y cinco.

El ARLM, utilizando cuatro variables, fue efectivo en predecir el RTOTONHA, con un 98,5% de ajuste. En Canadá, en época fría, en tomate de invernadero, Ayari *et al.* (2000) encontraron que la 5ª y 10ª hoja tuvieron fotosíntesis baja en condiciones de poca luminosidad; en febrero, a un incremento en la actividad fotosintética, siguió una disminución durante marzo, abril y mayo, acompañado por un aumento en las concentraciones de sacarosa y almidón, y altos y constantes niveles de hexosa, lo que se puede considerar como una autoregulación *in situ* de fotosíntesis, sugiriendo que en invernadero, las plantas de tomate desarrollan una estrategia adaptativa y de protección conforme se incrementa la DFFF, en primavera. Xu *et al.*, (1995) encontraron en tomate de invernadero, que la variación en conductividad eléctrica resultó en mayor capacidad fotosintética, uso eficiente de luz y producción de materia seca y rendimiento, bajo alto potencial hídrico del suelo, en comparación con el testigo, así como en menor potencial hídrico del suelo, concluyéndose que la evapotranspiración potencial, dependiente de la variación en conductividad eléctrica, incrementó la actividad fotosintética, crecimiento y rendimiento. Cramer y Richards (1999) encontraron que el enriquecer la rizósfera con carbón inorgánico disuelto (CID =

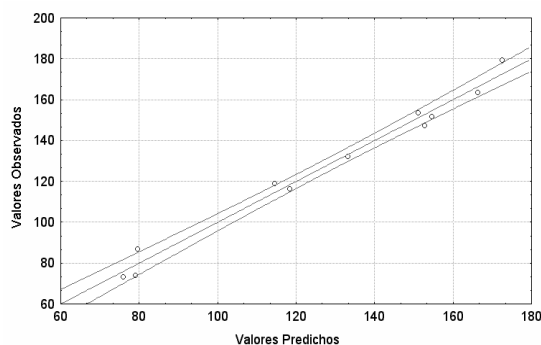
**Cuadro 5.** Análisis de varianza para regresión lineal múltiple entre RTOTONHA y cuatro variables, en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en invernadero. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 1997.

	Suma de Cuadros	G.L.	Cuadros Medios	F. Calc.	Nivel de Probab.
Regres.	13047,573	4,000	3261,893	96,432	0,000
Residual	202,955	6,000	33,826		
Total	13250,528				

**Cuadro 6.** Regresión lineal múltiple entre RTOTONHA y cuatro variables, en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en invernadero. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 1997.

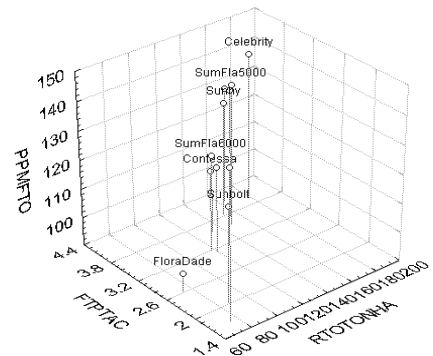
	B	Err. Std. de B	Nivel de probab.	Múltiple R <sup>2</sup>	Nivel de probab.
Intercept	-159,199	50,248	0,019		
FTPTAC	40,256	2,478	0,000	0,875	0,000
PPMFTO	0,908	0,140	0,001	0,982	0,000
TRANSP	3,614	4,025	0,404	0,985	0,355
FOTO	-0,320	1,812	0,866	0,985	0,866

CO<sub>2</sub> + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) aumenta la biomasa cuando hay condiciones de baja iluminación (menos de 100 μmol/m<sup>2</sup>s); así mismo, el carbón orgánico derivado de la incorporación del CID y traslocado al xilema, de la raíz al tallo, puede proveer una fuente de carbono para el crecimiento, especialmente bajo condiciones en que se puede presentar una baja conductancia estomática, tal como salinidad, altas temperaturas y baja intensidad luminosa. Hetherington *et al.*, (1998), encontraron que a altas DFFF, los tejidos contenían un mecanismo regulatorio para disipar el exceso de energía en forma de calor; los tejidos verdes no foliares de tomate a una DFFF de 185 μmol/m<sup>2</sup>s, como se encuentran en invernadero, encontraron hasta 29% de la actividad fotosintética, correspondiendo al fruto un 15%. Smillie *et al.* (1999), estudiando la fotosíntesis del fruto en 7 cultivares de tomate, reportan que la formación de hombros verdes, aparente como pigmentación intensa del hombro proximal del pericarpio, se relacionó positivamente al grado de sombreado del fruto durante el desarrollo; apareciendo como una característica adaptativa para incrementar la capacidad autotrófica del fruto al crecer a baja iluminación; el hombro verde contiene 17-57% del contenido de clorofila total del pericarpio, sugiriendo que la fotosíntesis del fruto influye la relación acidez-azúcar.

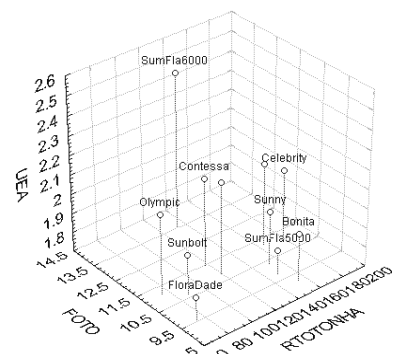


**Figura 4.** Valores observados y predichos por regresión lineal múltiple, en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en invernadero.

En las Figuras 5 y 6, se presenta la posición de los 11 genotipos, considerando diferentes variables en estudio, tomando en cuenta sobre todo, las variables que intervienen en la ecuación de predicción del rendimiento, sobresaliendo los genotipos mencionados, puesto que, a pesar de no tener altos valores de FOTO y UEA, presentan alto rendimiento (RTOTONHA), de hasta 163t/ha por ciclo, que es menor al que se reporta para condiciones de invernadero (bajo condiciones de temperaturas templadas en EEUU y Canadá). Será el criterio del investigador en tomate, (Long *et al.*, 1993 y Reddy y Hallgren, 1994), el conocimiento del cultivo y las prioridades del programa, los que determinen finalmente sobre los mejores genotipos a seleccionarse.



**Figura 5.** Posición de 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en invernadero, considerando las variables RTOTONHA, FTPTAC y PPMFTO.



**Figura 6.** Posición de 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en invernadero, considerando las variables RTOTONHA, FOTO y UEA.

## CONCLUSIONES

Las variables más correlacionadas con rendimiento fueron rendimiento promedio/planta/corte, y fru-

tos/planta/corte. No se encontraron correlaciones entre rendimiento y variables agroclimáticas y fisiológicas.

Los componentes principales de variación son los de “componentes cuantitativos del rendimiento”, “componentes de regulación interna de temperatura” y “componente de producción de fotosintetizados”.

Los mejores genotipos fueron Celebrity, Shady Lady, Sunny y Summer Flavor 6000.

Se encontró ecuación de regresión lineal múltiple con cuatro variables, con ajuste de  $r^2$  de 0,985.

co anual (*Lolium multiflorum* L.). Agricultura Técnica en México 9(2):125-140.

G.I.I.E.Z.A.P.- UAAAN. 1991. Diagnóstico del grupo interdisciplinario de investigación en especies de zonas áridas con potencial. Dirección de Investigación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

GHAWAS, E.A. 1985. Analysis of components of plant yield variation in maize. Maize Abstracts 1(1):16.

GODSHALK, B.E.; TIMOTHY, H.D. 1988. Factor and principal component analysis as alternative to index selection. Theor. Appl. Genet. 76:359-360.

GUERRA, H. M. 1997. Evaluación de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) considerando criterios fisiológicos y de rendimiento bajo condiciones de altas temperaturas, en invernadero. Tesis de maestría, UAAAN Saltillo, Coah. Méx.

HETHERINGTON, S.; SMILLIE, R.; DAVIES, W. 1998. Photosynthetic activities of vegetative and fruiting tissues of tomato. J. Exp. Bot. 49:1173-1181.

LEMAIRE, G.; MILLARD, P. 1999. An ecophysiological approach to modelling resource fluxes in competing plants. J. Exp. Bot. 50:15-28.

LONG, S.P.; HALLGREN, V.E. 1993. Measurement of CO<sub>2</sub> assimilation by plants in the field and the laboratory. In: Photosynthesis and production in a changing environment. Hall, D.O., J.M.O. Scurlock, H.R. Bolthar-Nordenkamat, P.C. Leegood, and S.P. Long eds. Chapman & Hall, London. p.129-167

MARTÍNEZ, M. P. 1999. Selección fisiotécnica de genotipos sobresalientes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Tesis de licenciatura, UAAAN. Saltillo, Coah. Méx.

PEARCE, B.D.; GRANGE, R.I.; HARDWICK, K. 1993. The Growth of young tomato fruit. I. Effect of temperature and irradiance on fruit grown under controlled environments. Journal of Horticultural Science 68(1):1-11.

PEET, M. M.; BARTHOLOMEW, M. 1996. Effect of night temperature on pollen characteristics, growth and fruit set in tomato. Journal of the American Society for Horticultural Science 121(3) 514-519.

POLLMAN, M.G.; FELL, D.A.; THOMAS, S. 2000. Modelling photosynthesis and its control. J. Exp. Bot. 51:319-328.

REDDY, V.R.; PACHEPSKY, L.B.; ACOCK, B. 1994. Response of crop photosynthesis to carbon dioxide, temperature and light. Experimentation and modeling. Hort Science 29(2):1415-1422.

## LITERATURA CITADA

ALLEN, S.M.; RUDICH, M.L. 1978. Genetics potential for overcoming physiological limitation on adaptability, yield and quality in tomato. Hort Science 13(6):673-677.

AYARI, O.; DORAIS, M.; GOSSELIN, A. 2000. Daily variations of photosynthetic efficiency of greenhouse tomato plant during winter and spring. Hort Science. 125(2):235-241.

BAR-TSUR, A.; RUDICH, J.; BRAVDO, B. 1985. Photosynthesis, transpiration and stomatal resistance to gas exchange in tomato plants under high temperature. Journal of Horticultural Science 60(3):405-410.

BERRY, S. Z.; UDDIN, M. 1988. Effect of high temperature on fruit set in tomato cultivars and selected germplasm. Hort Science 23(3):606-608.

BORREGO, E. F.; MURILLO, M. 1999. Estudios fisiotécnicos para agricultura sustentable en el sur de Coahuila, México. I Seminario Regional de Investigación Agrícola para Productores. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Memorias.

BROSCHAT, K.T. 1979. Principal component analysis in horticultural research. Hort Science 14(2): 114-117.

CAMPBELL, D.E.; LYMAN, M.; CORSE, J.; HAUTALA, E. 1986. On the relationships of net CO<sub>2</sub> assimilation and leaf expansion to vegetative growth in tomato. Plant Physiol. 80:711-715.

CRAMER, M.; RICHARDS, M. 1999. The effect of rhizosphere dissolved inorganic carbon gas exchange characteristics and growth rates of tomato seedlings. J. Exp. Bot. 50:79-87.

FARÍAS, F.J.M.; THOMAS, N.; QUIROGA, H.M. 1983. Utilización del análisis de componentes principales en la selección de líneas y variedades introducidas de Balli-



- SAGAR. 1997. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.
- SMILLIE, R.; HETHERINGTON, S.; DAVIES, W. 1999. Photosynthesis activity of the calyx, green shoulder, pericarp, and locular parenchyma of tomato fruit. *J. Exp. Bot.* 50:707-718.
- SWENNEY, D.W.; GRAETZ, D.A.; BOCHTER, A.B.; LOCASCIO, S.J.; CAMPBELL, K.L. 1987. Tomato yield and nitrogen recovery as influenced by irrigation method, nitrogen source, and mulch. *Hort Science* 28(1):27-29.
- XU, H.; GAUTHIER, L.; GOSSELIN, A. 1995. Effects of fertigation on management on growth and photosynthesis of tomato plants grown in peat, rockwool and NFT. *Scientia Horticulturae* 63(1-2):11-20.