

Interacción Genótipo por Ambiente en el Rendimiento Comercial del Tomate en América Latina y el Caribe¹

R. Ortíz*, J. Izquierdo**

ABSTRACT

The first regional tomato trial was organized by FAO/RLAC in cooperation with Latin American and Caribbean national programs to evaluate the performance of different genotypes in a wide range of environments and to compare them with a local control widely used in each country. This regional trial was also useful in determining importance of the genotype by environment (GE), and interaction for marketable yield (MY) in tomato. Fifteen genotypes (9 open-pollinated (OP) and 6 hybrid (H) cultivars) were compared across 20 locations using randomized complete block designs with four replications. Significant differences in MY were found among the environments. They were statistically grouped as high-yielding (significantly higher than the mean), average (equal to the mean), low-yielding (significantly lower than the mean at $p = 0.05$), and very low-yielding (significantly lower than the mean at $p = 0.01$) environments. The cultivars varied significantly for MY in high- and low- but not in very low-yielding environments. It always had higher MY than did the OP cultivars, and also in low-yielding environments. GE interactions were significant in all the environments groups. Genotypes with phenotypic stability for MY in high yielding environments had high and stable MY in average and low-yielding environments. This indicated that selection for MY phenotypic stability is possible and that the preliminary identification of high-yielding stable genotypes could be done in environments where the genotypes reach their maximum yield potential.

RESUMEN

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación/Región Latinoamericana y el Caribe (FAO/RLAC) organizó el primer ensayo regional de cultivares de tomate en cooperación con los programas nacionales en América Latina y el Caribe, para evaluar diversos genótipos en un amplio rango de ambientes y compararlos con el cultivar de mayor uso local. Esta prueba regional también sirvió para estudiar la interacción genótipo por ambiente (GA) en el rendimiento comercial (RC) del tomate. Quince genótipos —nueve de polinización libre (PL) y seis híbridos (H)— fueron comparados en ensayos realizados en 20 localidades, utilizando bloques completos aleatorios con cuatro repeticiones. Se encontraron diferencias altamente significativas en RC entre los ambientes empleados. Estos se agruparon estadísticamente como: alto RC (significativamente mayor que el promedio), medio (igual que el promedio), bajo (significativamente menor que el promedio con $p = 0.05$) y muy bajo (significativamente menor que el promedio con $P = 0.01$). El RC varió significativamente entre los cultivares evaluados en ambientes de RC alto y bajo, mas no en los de muy bajo RC. Los H siempre tuvieron mayor RC que los PL, incluso en ambientes con muy bajo RC. La interacción GA fue altamente significativa en todos los ambientes. Genótipos con estabilidad fenotípica para RC en ambientes con alto porcentaje de esa variable fueron más rendidores, e igualmente estables los ambientes de RC medio y bajo. Esto indicó que la selección por estabilidad fenotípica de RC es posible, y que la identificación inicial de genótipos estables y rendidores podría realizarse en ambientes óptimos, donde aquellos demuestren su máximo potencial de rendimiento.

Palabras clave: Estratificación ambiental, hereditabilidad, parámetros de estabilidad fenotípica, selección.

INTRODUCCION

Las hortalizas tienen importancia socioeconómica en los países de América Latina y del Caribe por su consumo (14) y valor nutricional (29). Además son una importante fuente de ingresos para los pequeños productores. Asimismo se alcanza un mayor desarrollo tecnológico en la agricultura cuando las hortalizas se producen para la exportación.

El tomate es la hortaliza de mayor cultivo y popularidad en la región. En América Latina y el Caribe, se

¹ Recibido para publicación el 18 de febrero de 1992.

Los autores agradecen el apoyo de los científicos de los programas nacionales de América Latina y el Caribe para la realización de este primer ensayo regional de tomate, organizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)/Región Latinoamericana y el Caribe (RLAC).

* International Institute of Tropical Agriculture (IITA), PMB, 5320, Oyo Rd., Ibadan, Nigeria.

** FAO/RLAC, Santa María 6700, Apartado Postal 10095, Santiago, Chile.

siembran anualmente 252 mil hectáreas de esa hortaliza. Su popularidad se debe a que provee vitaminas a la dieta de los seres humanos y tiene un amplio rango de adaptación en diferentes suelos y climas, aunque muestra preferencia por una larga estación cálida y suelos bien drenados (17). El cultivo del tomate se ve limitado por las condiciones adversas como la temperatura, humedad, alta incidencia de enfermedades y plagas que afectan su rendimiento y la calidad de sus frutos.

El método de pruebas regionales ha sido utilizado por la FAO y otros centros internacionales y regionales en diferentes cultivos alimenticios. Permite evaluar nuevos recursos genéticos que son compartidos simultáneamente por los programas nacionales.

Los objetivos de la prueba regional de cultivares de tomate para mercado fresco, organizada por FAO/RLAC fueron los siguientes:

- Evaluar el rendimiento comercial y adaptación de variedades de polinización libre (PL) e híbridos (H) de diferentes programas de mejoramiento genético dentro de un amplio rango de condiciones en la región.
- Comparar, en cada localidad, la mejor variedad de la zona (testigo local) con las incluidas en la prueba regional.
- Proveer los programas nacionales con cultivares mejorados en los programas de fitomejoramiento, mediante el cruzamiento o distribución directa.

REVISIÓN DE LITERATURA

La introducción de cultivares híbridos de tomate en la producción comercial puede ser importante para el incremento del rendimiento, el mejoramiento de la calidad del fruto y, especialmente, la precocidad y uniformidad del cultivo. (La mención de un cultivar específico o firma comercial en este artículo no es auspiciado por la FAO; se recomienda seguir las indicaciones de los programas nacionales). Es por ello que en Hungría los tomates híbridos se consideran más convenientes para usarlos en las fábricas de enlatados (7).

Powers (22) indica que la heterosis en tomate se debe a la acción complementaria de *loci* independientes que controlan el número y la dimensión del fruto, y que mejoran transgresivamente el rendimiento total (hete-

rosis no alélica). Por ejemplo, el cruzamiento entre una línea de pocos frutos grandes y otra de numerosos frutos pequeños resulta en una F_1 con mayor rendimiento y, además, con frutos que tienen características intermedias en relación con sus progenitores.

Los inconvenientes para la utilización de híbridos, producidos principalmente por compañías privadas productoras de semilla, en el cultivo del tomate son: costo de producción de la semilla y alta utilización de insumos agrícolas para su cultivo. Por su lado, los programas nacionales de la región han seleccionado variedades mejoradas de polinización libre con un costo de producción de semillas menor. Esas variedades se han obtenidos por métodos como la selección masal, cruzamiento y selección genealógica, y retrocruzamiento.

La interacción genótipo por ambiente (GA) y su importancia en el desarrollo de los programas de selección es ampliamente reconocida por los fitomejoradores. Hill (12) indica que la interacción GA implica una variación en la clasificación de los genótipos en un ensayo de acuerdo con el ambiente en que se cultivaron. Allard y Bradshaw (1) sugieren que una variedad puede alcanzar su estabilidad fenotípica debido al "amortiguamiento" poblacional —si está constituida de varios genótipos y con cada uno adaptado a un amplio rango de condiciones ambientales o individuales— en poblaciones genéticamente homogéneas. En especies autógamias como el tomate, se considera que ese "amortiguamiento" es una propiedad genotípica no asociada con el nivel de heterocigosis. Eberhart y Russell (8) señalan que la estabilidad fenotípica está controlada genéticamente y, por ello, se observan diferencias genotípicas para esta característica. Es por eso que Bradshaw (4) propone realizar la selección por estabilidad genotípica.

Yates y Cochran (32) fueron los primeros en proponer la técnica de regresión para estudiar la interacción GA. Estimaron la asociación entre las diferencias varietales y la fertilidad del suelo, por medio de la regresión de los rendimientos individuales de las variedades sobre el rendimiento promedio de cada una de ellas en ambientes.

El coeficiente de regresión (b) representó el índice de estabilidad de cada genótipo. Posteriormente se propusieron diversos métodos para medir la interacción GA y la estabilidad de las variedades (2, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 15, 16, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 30, 31, 33). El

más usado es el modelo de Eberhart y Russell (10), que es una modificación de la técnica de regresión empleada por Finlay y Wilkinson (9). Este método utiliza tres parámetros para evaluar el comportamiento de las variedades en un grupo de ambientes: promedio de la variedad, coeficiente de regresión entre el rendimiento promedio de cada variedad y un término medio ambiental y desviaciones de la regresión (sb). Estos autores consideran que se deberían seleccionar como variedades a aquellas que tengan $b = 1$ y $s_b = 0$. Sin embargo, Márquez (16) encontró que, en ambientes fluctuantes (agricultura de tipo aleatorio), es preferible la seguridad del rendimiento a través del tiempo que la obtención de altos rendimientos. Por eso sugirió que la variedad debe tener $b < 1$. En contraste, con ambientes en donde la agricultura tiene cierta seguridad económica para la obtención de insumos y protección fitosanitaria las variedades con $b = 1$ ó $b > 1$ también podrían ser tomadas en cuenta.

Izquierdo *et al.* (13) indicaron que el análisis de estabilidad del rendimiento fue una herramienta útil en la identificación de cultivares de tomate para la industria en Uruguay. Cuartero y Cubero (8) señalaron que los híbridos de tomate fueron más estables que sus progenitores en un análisis realizado en cuatro ambientes de España. Stofella *et al.* (24) encontraron diferencias en la estabilidad del rendimiento entre genótipos de tomate para consumo fresco en Norteamérica. Estos autores recomendaron que la selección de los genótipos de tomate con amplia adaptación debería ser considerada por los programas de mejoramiento. Posya *et al.* (20) hallaron que los genótipos de tomate con bajo rendimiento tuvieron una estabilidad mayor que los de alto rendimiento y que fueron inestables en diferentes ambientes de la región norte de América.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo regional incluyó 16 genótipos distribuidos de la siguiente manera: nueve cultivos de polinización libre ('Catalina', 'Dina RPs', 'Licapel 21', 'Triuque', 'Angela Gigante', 'CL 5915-23', 'CL 5915-93', 'NC EBR-2' y 'Flora Dade', testigo regional); seis híbridos ('Apla', 'Narita', 'Contessa I', 'Luxor', 'BHN-39' y 'Sunny'), y cada programa nacional participante incluyó una variedad de amplio uso como testigo local.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental incluyó 36 plantas distribuidas en cuatro surcos de nueve plantas cada uno. La unidad experimental consistió en cinco plantas centrales en el segundo y tercer

surco (total 10 plantas). El distanciamiento en el trasplante fue de 1.5 m entre surcos y 0.5 m entre plantas. El manejo agronómico fue el recomendado para cada localidad; se incluyó, en ciertos casos, soporte artificial, poda, desmalezamiento, riego y tratamientos fitosanitarios.

Sesenta y ocho ensayos fueron enviados a los programas nacionales de 32 países de la región en 1987. Sin embargo fueron remitidos a FAO/RLAC (14) solamente los resultados completos de 20 ambientes, los que se incluyeron en este trabajo.

Se evaluó el número y el peso del fruto por categoría de calidad y por cosecha. La categoría de calidad comercial (RC) comprendió frutos sin defectos ni daños con un diámetro ecuatorial > 48 milímetros. De igual forma, se realizaron observaciones sobre hábito de crecimiento, fecha de floración, síntomas de enfermedades, presencia de plagas y desórdenes fisiológicos. Los datos meteorológicos, condición del suelo, control de enfermedades y plagas y la fertilización N-P-K fueron también registrados en cada localidad (14).

Los datos de RC fueron analizados usando el análisis de variancia individual en cada localidad. Análisis de variancia combinados para grupos similares de ambientes fueron realizados siguiendo la metodología de Nevado y Ortiz (18). Los ambientes fueron agrupados de acuerdo a su rendimiento: Alto (significativamente más alto que la media), medio (estadísticamente igual a la media), bajo (significativamente menor que la media) y muy bajo (estadísticamente menor que la media $p = 0.01$).

Estimados de variancia genotípica (∂^2g), genotípica por ambiente (∂^2ga) y fenotípica (∂^2f) fueron obtenidos para calcular la hereditabilidad en sentido amplio (H),

donde:

$$H = \partial^2g / \partial^2f$$

y,

$$\partial^2f = (\partial^2g + \partial^2ga/a + \partial^2e/ar);$$

siendo,

$$\partial^2e = \text{variancia del error};$$

"a" = número de ambientes; y

"r" = número de repeticiones en cada ambiente.

Cuadro 1. Análisis de variancia combinado para rendimiento comercial de tomate (t/ha) en diferentes grupos de localidades.

Fuente de variación	Grados de libertad		Cuadrados medios en ambientes de rendimiento			
	Alto-Bajo	Muy bajo	Alto N = 4	Medio N = 4	Bajo N = 4	Muy bajo N = 8
Localidades (L)	I-1=3	7	4 4426 884***	55 976 ns	76.677 ns	1 356 024**
Repeticiones /L	(r-1)I=12	24	469 993*	58 566	177 853	100.394
Genótipos (G)	g-1 = 14	14	4 665 960*	301.104 ns	554 410 ns	85 997 ns
G x L	(g-1) (I-1)= 42	98	1 469 007	161 867 **	182.775***	118.671 ***
Error	I(r-1) (g-1) =168	336	179 127	92.773	68 906	17 334
Coefficiente de variación (CV %)			19.24	37.17	39.42	48.83
Promedio (t/ha)			69.55	25.91	21.06	8.62
Rango (t/ha)			89.93-29.75	26.59-24.49	22.43-19.95	15.37-2.71

ns, *, *** Indican no significativo y significativo a los niveles 0.05, 0.01, y 0.001, respectivamente.

Correlaciones entre las medias de los cultivares en cada grupo de localidades y los órdenes de mérito fueron realizadas para estudiar los efectos en la selección de genótipos en los distintos ambientes utilizados.

Los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell (10) fueron estimados en cada uno de los cultivares en el ensayo regional.

RESULTADOS

Se encontraron diferencias significativas para el RC entre las localidades consideradas con un valor alto o muy pobre de esa variable (Cuadro 1). Igualmente los genótipos variaron significativamente en ensayos conducidos en ambientes con alto o bajo RC; para los genótipos evaluados en ambientes medios o muy bajos, no se registraron diferencias significativas. La interacción genotipo por ambiente (GA) fue altamente significativa en todos los grupos de ambientes.

Los coeficientes de variación se incrementaron inversamente al promedio del rendimiento en cada grupo.

Los estimados de los componentes de variancia y hereditabilidad en sentido amplio para el RC (Cuadro 2) muestran que, en ambientes de alto y bajo RC, la última fue más alta. En ambientes de muy bajo RC, debido al componente negativo de la variancia genotípica, la hereditabilidad no se pudo estimar. El componente de variancia genotípica fue significativamente diferente de cero en ambientes de alto y bajo RC. Asimismo, el componente de la variancia genotípica por ambiente fue altamente significativo en todos los grupos.

Los rendimientos de cada uno de los cultivares así como sus órdenes de mérito para el RC se indican en el Cuadro 3. Es importante destacar que los híbridos resultaron ser superiores a los cultivares de polinización libre, aun en ambientes considerados muy pobres. Igualmente los híbridos BHN-39 y Narita se comporta-

Cuadro 2. Componentes de variancia y hereditabilidad de rendimiento (t/ha) en diferentes grupos de localidades.

Ambiente	Variancia genética	Variancia genética por ambiente	Variancia del error	Variancia fenotípica	Hereditabilidad
Rendimiento alto	199.810 ± 104.946	322.470 ± 78.449	179.127	291.623	0.685
Rendimiento medio	8.701 ± 6.994	17.278 ± 8.988	92.773	18.819	0.462
Rendimiento bajo	23.227 ± 12.490	28.467 ± 9.910	68.906	34.650	0.670
Rendimiento muy bajo	-2.042 ± 1.085	25.234 ± 4.209	17.734	5.375	-

Cuadro 3. Rendimiento comercial (t/ha) de 15 cultivares de tomate en cuatro grupos con variable número de ambientes.

Cultivar	Tipo ¹	Ambientes con rendimiento			
		Alto (N = 4)	Medio (N = 4)	Bajo (N = 4)	Muy bajo
'Catalina'	PL-SD	72.48 (8) ²	24.45 (9)	22.82 (7)	9.59 (6)
'Dina RPs'	PL-SD	69.68 (10)	27.42 (7)	29.03 (2)	10.45 (3)
'Licapel 21'	PL-I	36.11 (15)	21.79 (12)	11.84 (15)	7.26 (12)
'Triuque'	PL-D	66.85 (11)	22.66 (11)	22.67 (8)	7.74 (9)
'Apla'	H	76.43 (7)	25.94 (8)	20.75 (9)	6.90 (14)
'Narita'	H	81.71 (4)	31.39 (2)	24.80 (5)	11.35 (2)
'Contessa'	H	76.49 (6)	29.84 (4)	26.25 (3)	7.30 (11)
'Luxor'	H	88.99 (2)	28.77 (5)	23.80 (6)	9.70 (5)
'BHN-39'	H	82.20 (3)	27.47 (6)	29.95 (1)	11.52 (1)
'Angela Gigante'	PL-I	51.98 (12)	21.13 (13)	13.48 (13)	6.99 (13)
'Sunny'	H	94.27 (1)	33.86 (1)	25.94 (4)	7.80 (8)
'CLS 5915 223'	PL-D	41.58 (14)	20.65 (14)	15.22 (12)	8.36 (7)
'CLS 5913 93'	PL-D	51.43 (13)	23.02 (10)	13.17 (14)	9.85 (4)
'NC-EBR 2'	PL-D	71.98 (9)	20.03 (15)	16.65 (11)	7.70 (10)
'Flora Dade'	PL-TR	81.02 (5)	30.43 (3)	19.79 (10)	6.84 (15)
Rango		36-94		11-29	6-11
DLS _{0.05}		9.34	6.72	5.79	2.07

1. PL-SD: polinización libre semideterminado; PL-I: polinización libre indeterminado; H: híbrido; PL-D: polinización libre determinado; y PL-TR: polinización libre, testigo regional.

2. Orden de mérito en paréntesis.

ron establemente y, por ello, se les identificó como genótipos rendidores en todos los conjuntos.

Las correlaciones, utilizando las medias de RC de los cultivares en cada localidad, indican que estos se ordenaron estadísticamente de manera similar por su RC en localidades de alto, medio y bajo RC, aunque los valores de cada uno de los cultivares, en esas localidades, no se correlacionaron con el RC obtenido en localidades de muy bajo RC (Cuadro 4). Lo mismo se observó cuando se correlacionaron los órdenes de mérito de los cultivares en cada grupo de ambientes.

Los parámetros de estabilidad fueron estimados solamente en el grupo de localidades de alto RC; en las localidades de RC medio y bajo no se encontraron di-

ferencias significativas entre ellas (Cuadro 1); fue en estas localidades y en las de RC muy bajo, donde los cultivares no respondieron linealmente a las variaciones ambientales, que se estimaron por sus respectivos índices. Los parámetros de estabilidad (Cuadro 5) en ambientes de alto RC indican que la variedad estable fue BHN-39.

DISCUSION

La estratificación ambiental para estudiar la interacción GA en el RC del tomate resultó útil para entender los resultados de la prueba. Se estableció que los ambientes con alto RC permiten una mejor diferenciación fenotípica del RC, pues el genotipo puede expresar su máximo potencial de rendimiento. Igual-

Cuadro 4. Correlaciones entre medias de cultivares por localidad para RC (t/ha) de tomate (por encima de la diagonal), y de rango de Spearman para medias de cultivares por localidad para RC de tomate (por debajo de la diagonal).

	Ambiente de rendimiento			
	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
Alto	-	0.798***	0.778***	0.234 ns
Medio	0.828***	-	0.710**	0.240 ns
Bajo	0.728**	0.682**	-	0.496 ns
Muy Bajo	0.218 ns	0.211 ns	0.504 ns	-

ns, *, **, ***: Indican que la correlación fue no significativa, significativa al 0.05, 0.01 y 0.001 con el nivel de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 5. Parámetros de estabilidad fenotípica de RC (t/ha) de cultivares de tomate en ambientes de alto rendimiento en América Latina (Chile-Ecuador-Perú).

Cultivar	Tipo ¹	Promedio	Parámetros de estabilidad fenotípica		
			b	S _b	r ²
'Catalina'	PL-SD	72.48	1.349	0.123	0.984*
'Dina RPs'	PL-SD	69.68	0.802	0.467	0.596
'Licapel 21'	PL-I	36.11	0.423	0.471***	0.287
'Triuque'	PL-D	66.85	0.683	0.233***	0.612
'Apla'	H	76.43	1.168	0.157	0.965*
'Contessa'	H	81.71	1.187	0.412***	0.806
'Narita'	H	<u>76.49</u>	<u>1.151</u>	<u>0.138</u>	<u>0.972*</u>
'Luxor'	H	88.99	1.400	0.124	0.984*
'BHN-39'	H	<u>82.20</u>	<u>0.968</u>	0.050	0.995**
'Angela Gigante'	PL-I	51.98	0.755	0.389***	0.653
'Sunny'	H	94.27	1.551	0.274***	0.941*
'CLS 5915 223'	PL-D	41.58	0.411	0.449***	0.295
'CLS 5913 93'	PL-D	51.43	0.301	0.506	0.150
'NC-EBR 2'	PL-D	71.98	1.491	0.754***	0.662
'Flora Dade'	PL-TR	81.02	1.361	0.522***	0.773

1/PL-SD: polinización libre, semideterminado; PL-I: polinización libre, indeterminado; H: híbrido, PL-D: polinización libre, determinado; OP-TR: polinización libre, testigo local.

*, **, ***: Indican significativo en el nivel de probabilidad 0.05, 0.01 y 0.001, respectivamente.

mente, y de acuerdo al análisis de variancia (Cuadro 1), los ambientes de muy bajo RC como no se pueden definir no son adecuados para la selección por RC de cultivares de tomate. Las diferencias entre ellos pueden explicarse como el efecto de la interacción GA y señalan la existencia de una adaptación particular en cada localidad de los genótipos probados.

La utilización de la hereditabilidad en el estudio de la interacción GA indica claramente que, a pesar de ser significativa en ambientes con alto y bajo RC, los estimados pueden ser altos, si existe suficiente variabilidad genotípica. Esto queda establecido al compararse los componentes de variancia de la interacción GA con sus respectivos errores estándar (Cuadro 2). Aunque en las localidades de alto y bajo RC esta relación fue de 4.11 y 2.87, respectivamente, la hereditabilidad fue significativa, porque la relación de la variancia genética con respecto a su error estándar fue 1.90 y 1.86 para cada uno de los grupos de ambientes. En los ambientes de RC medio, las relaciones de la variancia genética y la variancia GA en relación con sus respectivos errores standard fueron 1.24 y 1.92, respectivamente. Por eso, no pudieron detectarse diferencias entre los genótipos comparados en este tipo de ambientes. En las localidades de RC muy bajo, la relación de la variancia GA con respecto a su error estándar fue 6.0. Por lo tanto, detectar diferencias entre genótipos comparados en esos ambientes es imposible. Sucede lo mismo con la recomendación de un genótipo común para usarse en ambientes de RC muy bajo.

Esta clasificación ambiental permitió también una mejor comprensión de los genótipos en estudio. Ortiz e Izquierdo (manuscrito en preparación) encontraron que los cultivares híbridos BHN-39, Narita y Apl, y los de polinización libre 'Dina RPs' y 'Catalina' tuvieron mayor estabilidad fenotípica en RC; aunque 'Apl' y 'Catalina' obtuvieron esa estabilidad por una disminución del rendimiento.

La estabilidad fenotípica para RC en este estudio puede ser diferenciada en:

- Cultivares que en conjunto fueron sobresalientes en los cuatro grupos de ambientes: 'Narita' y 'BHN-39'.
- Cultivares que siempre tuvieron RC medios: 'Catalina' y 'Apl', aunque este último tuvo en RC bajo en ambientes con muy bajo rendimiento.
- Cultivares que en un ambiente de RC alto y medio tuvieron RC medios, pero en ambientes de bajo y muy bajo rendimiento sobresalieron por su RC, tal es el caso de 'Dina RPs' -esto indicaría el potencial de este cultivar para ambientes con RC bajo. Asimismo los híbridos Sunny y Luxor, con RC sobresalientes en ambientes de alto rendimiento, muestran una declinación tremenda en los ambientes con bajo RC, de acuerdo con lo expresado por Ortiz e Izquierdo (manuscrito en preparación), esto los hace adecuados para la producción de tomate en ambientes óptimos.

Las correlaciones entre las medias de RC de los cultivares de los cuatro grupos de ambientes (Cuadro 4) permiten establecer que la selección realizada en ambientes óptimos puede ser útil para determinar genótipos adaptados a condiciones subóptimas. Esto se manifiesta en el comportamiento de los híbridos BHN-39 y Narita. Estos dos híbridos mostraron estabilidad fenotípica para RC en ambientes de alto RC (Cuadro 5). El híbrido BHN-39 mostró rendimientos superiores a la media general, lo que indica su potencial para este tipo de ambientes.

Los parámetros de estabilidad, en el grupo de ambientes de RC alto, se correlacionaron con los obtenidos por Ortiz e Izquierdo (manuscrito en preparación) para el conjunto de los 20 ambientes utilizados en este ensayo regional. Esto indica que la selección por estabilidad fenotípica para el RC de tomate en ambientes óptimos puede ser útil en la identificación preliminar de genótipos con rendimientos estables en otros tipos de ambientes.

LITERATURA CITADA

1. ALLARD, R.; BRADSHAW, A. 1964. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Science*:503-508.
2. ANGELES, J. 1982. Metodología para evaluar la adaptación de cultivares. Tesis Ing. Estadística. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria, La Molina.
3. BUCIO ALANIS, L. 1966. Environmental and genotype-environmental components of variability. I. Inbred lines. *Heredity* 21:357-389.
4. BRADSHAW, A. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics* 13:115-155.
5. CARVER, B.F.; SMITH, E.L.; ENGLAND JUNIOR, H.O. 1967. Regression and cluster analysis of environmental responses of hybrids and pureline winter wheat cultivars. *Crop Science* 27:659-664.

6. CUARTERO, J.; CUBERO, J.I. 1982. Genotype-environment interaction in tomato. *Theoretical Applied Genetics* 61:273-277.
7. DASKALOV, C.; GEORGIEV, C. 1976. New trends and results of the use of heterosis in tomato. In Congress of EDUCARPIA (7., 1974, Budapest). A. Lanossy, F.G.H. Lupton (Eds.) Proceedings. p. 303-305.
8. EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. 1966. Stability parameters for comparison of varieties. *Crop Science* 6:36-40.
9. FINLAY, K.W.; WILKINSON, B.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research* 14:742-754.
10. FRANCIS, T.B.; KANNENBERG, L.W. 1978. Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science* 58:1029-1034.
11. HARDWICK, R.C.; WOOD, J.T. 1972. Regression methods for studying genotype-environment interactions. *Heredity* 28:209-222.
12. HILL, J. 1975. Genotype-environment interactions: A challenge for plant breeding. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 85:477-493.
13. IZQUIERDO, J.; MASSO, C.R.; VILLAMIL, J. 1980. Estabilidad en la producción de ocho cultivares de tomate para la industria. *Investigaciones Agronómicas* 1:47-51.
14. IZQUIERDO, J.; ORTIZ, R.; SINAY, R. 1988. Resultados de la prueba regional de cultivares de tomate 1987 - 1988. Santiago, Chile, FAO/RLAC. 149 p.
15. LIN, C.S.; BINNS, M.R.; LEFKOVITCH, L.P. 1986. Stability analysis: Where do we stand? *Crop Science* 26:894-900.
16. MARQUEZ, F. 1976. Obtención de un índice socio-agronómico de adaptabilidad para la selección de variedades de plantas cultivadas. In Reunión de Maiceros de la Zona Andina (7.). Memorias. Guayaquil, Ec. p. 35-47.
17. MESSIAEN, C.M. 1992. The tropical vegetable garden. London, MacMillan. 514 p.
18. NEVADO, M.; ORTIZ, R. 1985. Prueba de hipótesis en series de ensayos. *Agrociencia* 1:23-37.
19. NGUYEN, H.F.; SLEPER, C.A.; HUNT, K.L. 1980. Genotype x environment interactions and stability analysis for herbage yield of tall fescue synthetics. *Crop Science* 20:221-224.
20. PLAISTED, R.L.; PETERSON L. 1959. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations and seasons. *American Potato Journal* 36:381-385.
21. POSYA, V.W.; GARTON, R.; COURTNEY, W.H.; METCALF, J.G.; MUEHMER, H. 1986. Genotype-environment interactions in processing tomatoes in Ontario. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 11:293-297.
22. POWERS, L. 1944. An expansion of Jones' theory for the explanation of heterosis. *American Nature* 78:275-280.
23. SHUKLA, B.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity* 29:237-245.
24. STOFELLA, P.J.; BRYAN, H.H. HOWE, H.H., SCOTT, J.W.; LOCASCIO, S. L.; OLSON, S.M. 1984. Stability differences among fresh market genotypes. I. Fruit yields. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 109:615-618.
25. TAI, G.C.C. 1971. Genotypic stability analysis and its applications to potato regional trials. *Crop Science* 11:184-190.
26. TAI, G.C.C. 1975. Analysis of genotype-environment interactions based on the method of path coefficient analysis. *Canadian Journal of Genetic Cytology* 17:141-149.
27. TAI, G.C.C. 1979. Analysis of genotype-environments of potato yield. *Crop Science* 19:434-438.
28. TAI, G.C.C.; YOUNG, D.A. 1980. A biometric model for predicting the performance of potato clones in different environments. In Utilization of the genetic resources of the potato. International Potato Center III. Lima. p. 184-203.
29. TINDALL, H.D. 1983. Vegetables in the tropics. Basingstoke, English Language Book Society, MacMillan. 533 p.
30. WESTCOTT, B. 1987. A method of assessing the yield stability of crop genotypes. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 108:267-274.
31. WREICKE, G. 1962. Über eine methode zur erfassung der ökologischen streubreite in feldversuchen. *Z. Pflanzensuechtung* 47:92-96.
32. YATES, F.; COCHRAN, W.G. 1933. The analysis of groups of experiments. *Journal of Agricultural Science* 28:556-580.
33. ZOBEL, R.W.; WRIGHT, M.J.; GAUCH, H.G. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal* 80:338-393.