

Artículo original

Indicadores agronómicos y parámetros genéticos en seis cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Elio Lescay-Batista^{1*} 

Dariel Molinet-Salas¹ 

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", carretera Bayamo a Manzanillo km 16½, Peralejo, GP 2140, CP 85100, Bayamo, Granma, Cuba

*Autor para correspondencia: elescay@dimitrov.cu

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar indicadores agronómicos y estimar parámetros genéticos se establecieron seis cultivares de tomate en dos localidades, utilizándose un diseño de bloques completos al azar, con cuatro réplicas. Se evaluaron ocho variables morfoagronómicas, entre ellas el rendimiento agrícola. Los datos se procesaron con el paquete estadístico Statistica, mediante el cual se realizaron análisis de varianza bifactorial, de clasificación doble y de efectos aleatorios, este último para descomponer la varianza fenotípica total. La comparación múltiples de medias se realizó a través de la prueba de Tukey $p \leq 0,05$. También se realizó un análisis de correlaciones simple entre las variables evaluadas. Los resultados mostraron efectos significativos de la interacción genotipo-ambiente en el 75 % de las variables objeto de estudio. Los coeficientes de variación ambiental fueron altos para todos los caracteres y los estimados de heredabilidad, en sentido amplio, fueron muy bajos. Las correlaciones simples fueron altas y positivamente significativas entre los caracteres masa de los frutos por planta y número de frutos por planta, diámetro del fruto y masa de los frutos por planta, rendimiento y número de frutos por planta, rendimiento y masa de los frutos por planta y rendimiento y diámetro del fruto.

Palabras clave: varianza, genotipos, heredabilidad en sentido amplio, variabilidad genética

Recibido: 21/9/2020

Aceptado: 10/7/2021

INTRODUCCIÓN

El tomate es la hortaliza más cultivada e importante en el mundo, el consumo fresco e industrial son los dos principales destinos de producción ⁽¹⁾. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio ⁽²⁾. El fruto es un componente esencial para la alimentación de millones de personas ⁽³⁾.

En Cuba, este cultivo requiere de cultivares adaptados a las condiciones de clima tropical. La disponibilidad de cultivares cubanos con esa característica constituye una ventaja sobre los cultivares importados para ampliar las fechas de siembra y cosecha ⁽⁴⁾.

El conocimiento de la relación entre variables y los parámetros genéticos en cualquier especie, facilita el proceso de selección de nuevos genotipos en los esquemas de mejoramiento de plantas. La caracterización morfoagronómica ha sido esencial para la identificación de rasgos deseables en individuos destinados a ser liberados directamente como cultivares o empleados como donantes de genes ⁽⁵⁾.

La variabilidad basada en los rasgos morfológicos y agronómicos es una herramienta fundamental en los esquemas de mejoramiento genético y en la conservación eficiente de germoplasma ⁽⁶⁾. Por lo anteriormente expuesto el objetivo de este trabajo fue evaluar indicadores agronómicos y estimar parámetros genéticos en seis cultivares de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el periodo comprendido entre noviembre/2015 y abril/2016 se evaluaron los cultivares de tomate Vyta, INCA-9-1, L-10-3, Criollo Quivicán, L-316 y Buena Ventura, en dos localidades de la provincia Granma. Estas se establecieron en un suelo Vertisol Pélico ⁽⁷⁾ en la Unidad Básica de producción Cooperativa (UBPC) Tamara Bunke, en el municipio Río Cauto y en un suelo Fluvisol Mullido ⁽⁷⁾ en la Estación Experimental Agrícola del Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", en el municipio Bayamo. Los datos climáticos (Tabla 1) fueron tomados del registro del Centro Meteorológico Provincial de Granma.

Tabla 1. Datos climáticos durante el periodo experimental en las dos localidades objeto de estudio

Localidad	Meses	Factores climáticos		
		Precipitaciones (mm)	Temperatura media (°C)	Humedad Relativa (%)
Río Cauto	Noviembre	25,4	24,9	82
	Diciembre	4,0	24,6	85
	Enero	12,6	24,5	79
	Febrero	10,0	25,4	78
	Marzo	10,0	26,3	79
Bayamo	Noviembre	75,2	25,3	80
	Diciembre	84,2	25,2	87
	Enero	6,3	24,6	98
	Febrero	87,3	23,5	96
	Marzo	47,2	25,7	96

La preparación del suelo para el montaje de los experimentos se realizó con tracción animal de la forma tradicional; las labores realizadas fueron: aradura, cruce, rastrillo y surca. Para la fertilización se utilizó una fuente orgánica derivada de estiércol ovino, incorporada al momento del trasplante, a razón de 5 t ha⁻¹. Las atenciones culturales en todos los casos se efectuaron según el Instructivo Técnico para Organopónicos y Huertos Intensivos, establecido para el tomate ⁽⁸⁾.

En las dos localidades se utilizó como método de siembra el trasplante de semillero a campo, con posturas de 25 días después de la siembra en el semillero. En ambos sitios se utilizó un marco de plantación de 1,40 x 0,25 m, en parcelas de 28 m², distribuidas en un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas. Cada parcela constó de cuatro surcos de cinco metros de largo, utilizándose como parcela útil 22,4 m², compuesta por los dos surcos centrales, menos 50 cm en los extremos, para evitar los efectos de bordes.

Se evaluaron las siguientes variables: número de ramas primarias por plant; altura de la planta (cm); número de frutos por racimo; número de frutos por planta; masa de los frutos por planta (kg); masa promedio del fruto (kg); diámetro del fruto (cm) y rendimiento (t ha⁻¹).

Se utilizó el paquete estadístico Statistica. Se realizó un análisis de varianza bifactorial y la comparación múltiple de medias se efectuó a través de la prueba de Tukey para p≤0,05.

En cada variable se estimó el coeficiente de variación mediante la siguiente expresión:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} 100$$

donde:

CV: coeficiente de variación (%)

S: desviación estándar

X: valor medio de la variable.

Se estimaron las varianzas genéticas, ambientales y genotípicas, mediante análisis de varianza según las siguientes ecuaciones:

$$\text{Varianza genética } (\sigma^2_G) = CM_G - CM_e/r$$

$$\text{Varianza ambiental } (\sigma^2_A) = CM_e + CM_L + CM_{GL}$$

$$\text{Varianza fenotípica } ((\sigma^2_F) = \sigma^2_G + \sigma^2_A$$

donde:

CM_G= cuadrado medio de los cultivares

CM_e= cuadrado medio del error

CM_L= cuadrado medio de las localidades

CM_{GL}= cuadrado medio de la interacción G x L

Se determinó la heredabilidad en sentido amplio mediante la expresión:

$$H^2 = \sigma^2_G / \sigma^2_F$$

También se realizó un análisis de correlaciones simples entre las variables evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza factorial mostró diferencias significativas en la interacción cultivar x localidad en la mayoría de los caracteres evaluados (Tabla 2), excepto las variables masa de frutos por planta y el rendimiento, que solo mostraron significancia estadística en los factores individuales (cultivares y localidades). La interacción significativa indica que al menos uno de los cultivares evaluados tuvo mejor comportamiento o adaptación en una localidad o ambiente específico ⁽⁹⁾, lo cual pudiera deberse a las diferencias edafoclimáticas entre las localidades objeto de estudio y la existencia de diversidad genética entre los genotipos evaluados ⁽¹⁰⁾.

Las fluctuaciones ambientales hacen necesario la formación de nuevos genotipos, para lo cual el conocimiento de la interacción genotipo por ambiente permite determinar parámetros genéticos que en ocasiones pueden ser usados como criterios de selección en los programas de mejoramiento en este cultivo ⁽¹¹⁾.

Tabla 2. Cuadrados medios, errores estándar (EE) y coeficientes de variación (CV) en caracteres morfoagronómicos en el cultivo de tomate

FV	NRP	AP	NFR	NFP	MFP	MPF	DF	REND
L	189,06*	8,7	0,003	1584,04*	3,822*	477,93*	1766,95*	45,833*
V	40,80*	216,7*	0,688*	238,68*	0,174*	177,10*	88,96*	121,74*
V	70,83*	236*	0,647*	281,18*	0,055	514,90*	102,07*	58,08
VxL								
EE	13,372	22,2	0,067	30,18	0,032	26,70	5,13	26,62
CV	35,53	13,39	18,05	34,39	29,71	27,38	36,59	35,72
(%)								

FV: Fuentes de variación, L: localidades, V: cultivares, VxL: interacción cultivares por localidad, NRP: número de ramas por planta, AP: altura de la planta (cm), NFR: número de frutos por racimo, NFP: número de frutos por planta, MFP: masa de los frutos por plantas (kg), MPF: masa promedio del fruto (kg), DF: Diámetro del fruto (cm), REND: Rendimiento (t ha⁻¹)

La mayoría de las variables evaluadas mostraron coeficientes de variación que oscilaron entre 27 y 37 %, destacándose el diámetro del fruto con el mayor coeficiente. La altura de la planta y el número de frutos por racimos fueron inferiores al 20 %. Si el coeficiente de variación es superior al 20 %, se considera que el carácter en estudio es variable ⁽¹¹⁾. Esto es importante que se tenga en cuenta en los programas de mejora, pues a mayor variabilidad del carácter en la población en estudio, mayor probabilidad de éxito se esperará de la selección.

En estudios realizados en áreas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas se constató amplia variabilidad morfoagronómica en la evaluación de 20 accesiones de tomate ⁽¹²⁾. Contar en los programas de mejoramiento con alta variabilidad de caracteres facilita la elección de nuevos genotipos.

Los efectos de la interacción cultivar x localidad en las variables evaluadas se muestran en la Tabla 3. En el número de ramas por planta la interacción C5xL2 superó estadísticamente al resto de las interacciones. La interacción C6xL2 no mostró diferencias significativas con la interacción C4xL1, pero difirió estadísticamente de las demás, las cuales, a su vez, no mostraron diferencias significativas entre ellas.

Tabla 3. Efectos de la interacción cultivar x localidad en seis cultivares de tomate cultivadas en dos localidades en la provincia Granma

Cultivar	Localidad	Variables					
		NRP	AP	NFR	NFP	MPF	DF
C1	L1	11,5 c	69,37 bc	2,73bc	34,6 bc	35,43 cd	4,53 d
C1	L2	11,7 c	63,23 bcd	2,40 cd	37,1 b	54,67 ab	5,31 abc
C2	L1	16,0 c	67,83 bc	2,87abc	28,9 bc	36,57 cd	4,75 bcd
C2	L2	16,4 c	61,43 cd	3,4 ab	55,4 a	28,73 d	4,41 de
C3	L1	11,7 c	67,30 bc	2,53 c	31,43 bc	28,88 d	4,49 de
C3	L2	13,4 c	51,57 d	2,50 cd	31,5 bc	50,40 abc	5,36 ab
C4	L1	18,7 bc	69,70 bc	2,73bc	26,3 bc	41,10 bcd	4,77 bcd
C4	L2	14,1 c	85,20 a	2,60 c	55,7 a	40,03 bcd	3,75 e
C5	L1	11,5 c	61,83 bcd	2,53 c	19,3 c	53,32 ab	5,34 abc
C5	L2	28,0 a	75,33 ab	3,5 a	39,8 ab	36,13 cd	4,58 cd
C6	L1	14,3 c	67,93 bc	2,67bc	26,3 bc	33,48 d	4,11 de
C6	L2	19,0 b	61,30 cd	1,77 d	26,9 bc	62,53 a	5,96 a
EE		0,304	0,392	0,021	0,457	0,431	0,001

C1: Vyta, C2: Inca-9-1, C3: L-10-3, C4: Criollo Quivicán, C5: L-316, C6: Buena Ventura, L1: Río Cauto, L2: Bayamo, NRP: número de ramas por planta, AP: altura de la planta (cm), NFR: número de frutos por racimo, NFP: número de frutos por planta, MPF: masa promedio del fruto (kg), DF: Diámetro del fruto (cm).

Medias con letras iguales en la misma columna no muestran diferencias significativas entre ellas para $p \leq 0,05$

En la altura de las plantas la interacción C4xL2 mostró el mayor valor sin diferencia significativa con la interacción C5xL2. Esta última también superó estadísticamente al valor de las interacciones C2xL2, C3xL2 y C6xL2. El resto de las medias no mostraron diferencias significativas entre ellas.

El mayor número de frutos por racimo correspondió a la interacción C5xL2 sin diferencias significativas con C2xL1 y C2xL2. Esta última superó a C1xL2, C3xL1, C4xL2, C5xL1 y C6xL2. C3xL1, C4xL2 y C5xL1 también fueron superiores que C6L2.

En cuanto al número de frutos por planta se destacaron las interacciones C2xL2 y C4xL2, sin diferencias con C5xL2. Las interacciones C5xL2 y C1xL2 también superaron estadísticamente a C5xL1.

Con relación a la masa promedio del fruto se destacó el promedio expresado por la interacción C6xL2, sin diferencias estadísticas con los valores logrados por las interacciones C1xL2, C3xL2 y C5xL1. Además se observa que los valores de las interacciones C1xL2 y C5xL2 superaron estadísticamente a C1xL1, C2xL1, C2xL2, C3xL1, C5xL2 y C6xL1. El valor mostrado por la interacción C3xL2 también superó a los valores expresados por las interacciones C2xL2, C3xL1 y C6xL1.

El mayor diámetro de los frutos lo alcanzó la interacción C6xL2 sin diferencias significativas con los promedios expresados por las interacciones C1xL2, C3xL2 y C5xL1. El menor valor correspondió a la interacción C4xL2, sin diferencias estadísticas con los promedios de las interacciones C2xL2, C3xL1 y C6xL1.

El comportamiento diferencial de genotipos, a través de condiciones ambientales variables, es importante en el mejoramiento genético de los cultivos, debido a que está presente durante el proceso de selección y recomendación^(13,14). Por otra parte, permite la elección de la variedad a sembrar en una determinada región

agroecológica, lo cual es un aspecto central en la tecnología de producción de cualquier cultivo, ya que esta contribuye a la eficiencia con que se aprovechan los recursos disponibles ⁽¹⁵⁾. En tal sentido, la evaluación de los materiales genéticos en diferentes ambientes y la medición de la interacción genotipo-ambiente, da una idea sobre la estabilidad fenotípica de los genotipos ante las fluctuaciones ambientales ⁽¹⁶⁾.

En cuanto a la masa de los frutos por planta y el rendimiento (Tabla 4) el cultivar Vyta no mostró diferencias significativas con los cultivares INCA-9-1 y Criollo Quivicán. Sí superó a los demás, que a su vez, no difirieron entre ellos. Este cultivar ha mostrado buena capacidad de adaptación a las condiciones edafoclimáticas del territorio Granmense, pues como se observa, el rendimiento aquí logrado supera los 12,6 t ha⁻¹ publicado por la ONEI ⁽¹⁷⁾ como la media de la provincia. Además se comportó entre los de mayor rendimiento en un estudio realizado en cuatro localidades en la provincia de Granma ⁽¹⁴⁾.

Tabla 4. Comportamiento de la masa promedio de los frutos por planta y el rendimiento en seis cultivares de tomates evaluados en dos localidades en la provincia Granma

Cultivares	Masa promedio de los frutos por planta (kg)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Vyta	1,61 a	44,41 a
INCA-9-1	1,35 ab	36,05 ab
L-10-3	1,24 b	34,16 b
Criollo Quivicán	1,54 ab	40,55 ab
L-316	1,22 b	33,65 b
Buena Ventura	1,22 b	33,30 b
EE	0,014	0,429

EE: error estándar, medias con letras iguales en la misma columna no muestran diferencias significativas entre ellas para $p \leq 0,05$

La masa de frutos por planta, expresados por los cultivares en las dos localidades, son superiores al rango señalado en algunas investigaciones ⁽¹⁸⁾, cuyos autores indicaron valores entre 5 y 500 g.

Al evaluar el comportamiento promedio de estas variables en las dos localidades objeto de estudio, se pudo apreciar que los mayores valores fueron expresados en la L2 (Tabla 5). De ahí la importancia de evaluar las variedades a nivel local, para seleccionar aquellas que puedan expresar un mayor potencial productivo, según sus respuestas en determinados ambientes.

Tabla 5. Comportamiento de la masa de los frutos por planta y el rendimiento en seis cultivares de tomates evaluados en dos localidades en la provincia Granma

Localidades	Masa de los frutos por planta (kg)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
L1	1,04 b	25,74 b
L2	1,69 a	48,31 a
EE	0,014	0,429

EE: error estándar, medias con letras iguales en la misma columna no muestran diferencias significativas entre ellas para $p \leq 0,05$

Los valores de heredabilidad más altos fueron para la masa de los frutos por planta y el rendimiento con valores de 0,07 y 0,11, respectivamente. Estos valores, al igual que los demás, son bajos, lo cual indica que

estas características se deben, esencialmente, a efectos ambientales, lo que no favorecerá que estos caracteres puedan ser recombinados y heredados en las siguientes generaciones ⁽¹⁹⁾.

Los coeficientes de variación ambiental (CVA) fueron superiores a los coeficientes de variación genética (CVG) en todos los caracteres evaluados (Tabla 6). Esto explica los bajos valores estimados, a partir de la relación entre ambos coeficientes (CVG/CVA), por lo cual se infiere que el comportamiento de los caracteres estudiados se debió, fundamentalmente, a las condiciones ambientales. Cuando la relación CVG/CVA tiende a uno o es superior a uno, la variación genética es mayor que la variación ambiental, lo cual contribuye favorablemente en un proceso de selección ⁽²⁰⁾.

Tabla 6. Parámetros genéticos en caracteres morfoagronómicos en el cultivo de tomate

Varianza	NRP	%	AP	%	NFR	%	NFP	%	MFP	%	MPF	%	DF	%	Rend	%
σ^2L	6,568	16,8	0	0	0	0	72,381	38,9	0,209	77,9	0	0	75,771	96,3	51,4003	51,86
σ^2V	0	0	0	0	0,0067	2,53	0	0	0,0200	7,45	0	0	0	0	10,6091	10,70
σ^2VL	19,153	48,99	71,287	76,27	0,1942	73,20	83,6669	44,93	0,0072	2,68	62,7326	85,90	32,3127	3,19	10,4869	10,58
σ^2e	13,372	34,20	22,183	23,73	0,0644	24,27	30,1758	16,20	0,0321	11,95	26,7009	14,10	5,1326	0,51	26,6239	26,86
h^2a	0,00		0,00		0,0257		0,00		0,0745		0,00		0,00		0,11	
CVG	0,00		0,00		0,00		0,00		0,01		0,00		0,00		0,29	
CVA	1,28		0,33		0,02		2,98		0,18		0,64		16,93		2,11	
CVF	2,52		1,40		0,10		5,41		5,41		2,14		23,69		2,68	
CVG/CVA	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,14	

NRP: número de ramas por planta, AP: altura de la planta (cm), NFR: número de frutos por racimo, NFP: número de frutos por planta, MFP: masa de frutos por planta (kg), MPF: masa promedio del fruto, DF: diámetro del fruto (cm), Rend: rendimiento (t ha⁻¹), L: localidad, V: cultivar, VxL: interacción cultivar por localidad, h²a: heredabilidad en sentido amplio (%), CVG: coeficiente de variación genética, CVA: coeficiente de variación ambiental (%), CVF: coeficiente de variación fenotípica (%)

En las correlaciones simples entre los caracteres evaluados, el 50 % de los pares relacionados resultaron significativos (Tabla 7). Presentaron correlaciones altas y positivas los pares de caracteres masa de los frutos por planta y número de frutos por planta (r=0,63), diámetro del fruto y la masa de los frutos por planta (r=0,78), rendimiento y número de frutos por planta (r=0,64), rendimiento y masa de los frutos por planta (r=0,98) y rendimiento y diámetro del fruto (r=0,83).

Tabla 7. Correlaciones fenotípicas entre caracteres agronómicos en tomate

Variable	NRP	AP	NFR	NFP	MFP	MPF	DF
NRPP							
AP	0,23						
NFPR	0,32	0,26					
NFP	0,24	0,37*	0,37*				
PFP	0,31	0,09	-0,04	0,63*			
PPF	0,07	-0,32	-0,56*	-0,41*	0,41*		
DF	0,42*	-0,20	-0,10	0,40*	0,78*	0,47*	
Rend	0,32	0,07	-0,05	0,64*	0,98*	0,39*	0,83*

*: Coeficientes significativos, NRP: número de ramas por planta, AP: Altura de la planta (cm), NFR: número de frutos por racimo, NFP: número de frutos por planta, MFP: masa de los frutos por planta (kg), MPF: masa promedio del fruto (kg), DF: Diámetro del fruto (cm), REND: Rendimiento (t ha⁻¹)

En cambio, las correlaciones fueron bajas y positivas entre diámetro del fruto y número de ramas por planta (0,42), número de frutos por planta y altura de la planta (0,37), número de frutos por planta y número de frutos por racimo ($r=0,37$), masa promedio del fruto y masa de los frutos por planta ($r=0,41$), diámetro de fruto y número de frutos por planta ($r=0,40$), diámetro del fruto y masa promedio del fruto ($r=0,47$), rendimiento y masa promedio del fruto ($r=0,39$). Presentaron correlaciones bajas y negativas, la masa promedio de los frutos con el número de frutos por racimos y número de frutos por planta con valores de $r=-0,69$ y $r=-0,41$, respectivamente.

El coeficiente de correlación entre la masa promedio y el diámetro del fruto, aunque resultó significativo, el valor es inferior al indicado por otros autores ⁽²¹⁾, quienes plantearon un coeficiente entre estas dos variables de 0,69. Estos autores también señalaron coeficientes positivamente significativos entre estas variables y el rendimiento, lo cual tiene coincidencia con los resultados obtenidos en esta investigación.

CONCLUSIONES

- En la variación fenotípica total la contribución ambiental fue alta y los estimados de heredabilidad, en sentido, amplio fueron valores bajos en los caracteres evaluados.
- La masa de los frutos por planta, el diámetro del fruto y el número de frutos por planta fueron las variables que más influyeron positivamente en el rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Guzmán A, Corradini F, Martínez JP, Torres A. Importancia y consideraciones del cultivo de tomate. Manual de cultivo del tomate al aire libre. Manual de cultivo del tomate al aire libre. Santiago de Chile, Chile [Internet]. 2017;94. Available from: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/6707/NR40981.pdf?sequence=1>
2. Gargurevich G. Reinventar el cultivo del tomate [Internet]. Redagícola Perú. 2018 [cited 27/11/2021]. Available from: <https://www.redagricola.com/pe/reinventar-el-cultivo-del-tomate/>
3. Sepúlveda Flórez DR. Sistemas de producción de tomate en el municipio de Cáchira, Norte de Santander: en busca de elementos para el análisis de su sostenibilidad. 2016;145. Available from: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/21167>
4. Gil MA, Zubiaur YM, Carabeo JA, Bacallao MF, Hurtado FD. “ELBITA”: variedad de tomate resistente a Begomovirus para condiciones tropicales. Cultivos Tropicales [Internet]. 2018;39(3):91–2. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362018000300013&lng=es&nrm=iso
5. Archak S, Tyagi RK, Harer PN, Mahase LB, Singh N, Dahiya OP, et al. Characterization of chickpea germplasm conserved in the Indian National Genebank and development of a core set using qualitative and quantitative trait data. The Crop Journal [Internet]. 2016;4(5):417–24. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214514116300678>

6. Salazar Laureles ME, Pérez López D de J, González Huerta A, Vázquez García LM. Variabilidad fenotípica en colectas de haba provenientes del Valle Toluca-Atlacomulco, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* [Internet]. 2019;10(3):713–27. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342019000300713&script=sci_arttext
7. Hernández-Jiménez A, Pérez-Jiménez JM, Bosch-Infante D, Speck NC. La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2019;40(1). Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362019000100015
8. Rodríguez A, Companioni N, Peña E, Cañet F, Fresneda J, Estrada J, et al. Manual Técnico de Organopónicos, Huertos Intensivos y Organoponía Semiprotegida [en línea]. Ed. ACTAF-INIFAT, 2007, La Habana, Cuba, 184 p [Internet]. La Habana: ACTAF-INIFAT; 2007 p. 184. Available from: <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/341919/>
9. López-Morales F, Vázquez-Carrillo M, Molina-Galán JD, García-Zavala JJ, Corona-Torres T, Cruz-Izquierdo S, et al. Interacción genotipo-ambiente, estabilidad del rendimiento y calidad de grano en maíz Tuxpeño. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* [Internet]. 2017;8(5):1035–50. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342017000501035&script=sci_abstract&tlng=pt
10. González Martínez J, López Santillán JA, Estrada Drouaillet B, Delgado Martínez R, Pecina Martínez JA, Varela Fuentes ES, et al. Parámetros genéticos y heterosis en líneas derivadas de poblaciones nativas de maíz tropical de Tamaulipas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* [Internet]. 2016;7(2):387–99. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016000200387&script=sci_arttext
11. Castañeda PR. Bioestadística aplicada: agronomía, biología, química. Editorial Trillas; 1980. 236 p.
12. Florido M, Álvarez M, Lara RM, Plana D, Varela M, Shagarodsky T, et al. Caracterización morfoagronómica y bioquímica de 20 accesiones de tomate (*Lycopersicon* spp). *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2002;23(4):61–9. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218135008.pdf>
13. Pérez-Ruiz J, Zamora-Díaz M, Mejía-Contreras J, Hernández-Livera A, Solano-Hernández S. Estabilidad del rendimiento de grano en cebada maltera en el Bajío, México. *Chilean journal of agricultural & animal sciences* [Internet]. 2016;32(1):12–9. Available from: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0719-38902016000100002&script=sci_arttext&tlng=p
14. Gómez Masjuan Y, Boicet Fabre T, Tornés Olivera N, Meriño Hernández Y. Interacción genotipo ambiente de cuatro variedades de tomate en la provincia Granma. *Centro Agrícola* [Internet]. 2018;45(2):21–8. Available from: http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V45-Numero_2/cag03218.pdf
15. Fierros Leyva GA, Ortega Murrieta PF, Acosta Gallegos JA, Valenzuela Herrera V, Padilla Valenzuela I, Velarde Félix S, et al. Interacción genotipo-ambiente en garbanzo blanco de semilla extra grande en el

- noroste de México. Revista mexicana de ciencias agrícolas [Internet]. 2016;7(3):507–19. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000300507
16. Sánchez Aspeytia D, Borrego Escalante F, Zamora Villa VM, Sánchez Chaparro JD, Castillo Reyes F. Estimación de la interacción genotipo-ambiente en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con el modelo AMMI. Revista mexicana de ciencias agrícolas [Internet]. 2015;6(4):763–78. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000400008
 17. ONEI. Anuario Estadístico Provincial [Internet]. Oficina Nacional de Estadística e Información, Sitio en Actualización. [cited 27/11/2021]. Available from: <http://www.onei.gob.cu/node/14794>
 18. Salinas Marquina JF. Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) De la pera en distintas condiciones de cultivo. 2017; Available from: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/3966/1/TFM%20Salinas%20Marquina%2C%20Juan%20Francisco.pdf>
 19. Villaseñor Mir HE, Martínez Cruz E, Santa Rosa RH, González González M, Zamudio Colunga A, Huerta Espino J, et al. Variabilidad genética y criterios de selección para calidad industrial de trigos introducidos en condiciones de temporal. Revista mexicana de ciencias agrícolas [Internet]. 2017;8(3):661–72. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342017000300661&script=sci_arttext
 20. Pistorale SM, Abbott LA, Andrés A. Diversidad genética y heredabilidad en sentido amplio en agropiro alargado, *Thinopyrum ponticum*. Ciencia e investigación agraria [Internet]. 2008;35(3):259–64. Available from: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-16202008000300003&script=sci_arttext&tlng=n
 21. Duarte DE, Lagos TC, Lagos LK. Correlaciones genéticas, fenotípicas y ambientales en 81 genotipos de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Cav. Sendt.). Revista de Ciencias Agrícolas [Internet]. 2012;29(2):57–80. Available from: <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/457>