

EFFECTS OF HETEROISIS FOR SOLUBLE SOLIDS CONTENTS AND FRUIT SIZE IN TOMATO (*SOLANUM LYCOPERSICUM*, L.) AND ITS ADAPTABILITY TO PROTECTED CULTIVATION

Gisela Rodríguez Rodríguez¹, Yuleisi Cárdenas Herrera¹ and Luis Sánchez Hernández¹

¹*Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". Email: gisela@liliana.co.cu*

RESUMEN

In the Horticultural Research Institute "Liliana Dimitrova", belonging to the Ministry of Agriculture, located at 22°23' North latitude and 82°23' West longitude in Quivicán Municipality in Havana province, 11 meters above sea level, parents and F₁ generations from *S. lycopersicum*, L. x *S. pimpinellifolium*, L and *S. lycopersicum* x *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* were planted in March of the 2010, under protected cultivation conditions. The objective of this work was to study heterotic effects for soluble solids contents and fruit size in tomato and the adaptation of both populations to protected cultivation conditions. The study of heterosis enabled to identify hybrid combinations showing a better behaviour than their cultivar of origin, regarding many important characters for the producer, reaching the biggest values on number of fruits per plant, number of clusters per plant as yield components, as well as, fruit setting in the combination between *S. lycopersicum* with *S. Pimpinellifolium*, considering this attribute as a heat resistant character.

Palabras claves: *S. lycopersicon*, *S. pimpinellifolium*, sólidos solubles, tamaño del fruto, cultivo protegido.

HETEROTIC EFFECTS FOR SOLUBLE SOLIDS CONTENTS AND FRUIT SIZE IN TOMATO (*SOLANUM LYCOPERSICUM*, L) AND ITS ADAPTABILITY TO PROTECTED CULTIVATION

ABSTRACT

At "Liliana Dimitrova" Horticultural Research Institute, belonging to the Ministry of the Agriculture, located at 22o23' North latitude and 82o23' West longitude in Quivicán Municipality in Havana province, 11 meters above sea level, parents and F₁ generations from *S. lycopersicum*, L. x *S. pimpinellifolium*, L and *S. lycopersicum* x *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* were planted in March of the 2010, under protected cultivation conditions. The objective of this work was to study heterotic effects for soluble solids contents and fruit size in tomato and the adaptation of both populations to protected cultivation conditions. The study of heterosis enabled to identify hybrid combinations showing a better behaviour than their cultivar of origin, regarding many important characters for the producer, reaching the biggest values on number of fruits per plant, number of clusters per plant as yield components, as well as, fruit setting in the combination between *S. lycopersicum* with *S. Pimpinellifolium*, considering this attribute as a heat resistant character.

Key words: *S. lycopersicon*, *S. pimpinellifolium*, soluble solids, fruit size, protected cultivation.

INTRODUCCIÓN

The decision initial of the purchase of tomato by part of the consumer is realized on the base of the external attributes of the fruit that can be perceived by the sight and the touch

(color y forma) y la adquisición posterior dependerá de la evaluación del sabor, el aroma y la consistencia, la que efectúa en el momento del consumo (Picardi *et al*, 2007).

Las especies silvestres de tomate representan una importante fuente de variabilidad genética para incluir en el mejoramiento del cultivo. Estas especies silvestres (*S. cheesmanii* y *S. pimpinellifolium*), presentan frutos de alta calidad nutritiva con menor tamaño y peso que el tomate cultivado y muchos frutos por racimo (Shagarodsky, 2006).

Por otra parte, el contenido de sólidos solubles (°Brix) en el fruto de tomate está fuertemente influenciado por el ambiente, lo que condiciona una baja precisión en el registro del contenido en sólidos solubles y dificulta la selección en algunas generaciones con respecto a este carácter. Por ser de tanta importancia económica, ha sido estudiado y tenido en cuenta en multitud de programas de mejora para incrementar su contenido partiendo tanto de *S. lycopersicum*, L. como de especies silvestres del género *Solanum* (Kimamura and Sinha, 2008; Gragera *et al*, 1998). En generaciones segregantes, la alta influencia del ambiente sobre este carácter, dificulta la selección fenotípica para un alto contenido de sólidos solubles (Eshed y Zamir, 1995). Los contenidos de sólidos solubles se consideran bajos si están por debajo de 4.5° y elevados si alcanzan valores próximos a 6° Brix. (Gragera *et al*, 1998). El incremento en el contenido de sólidos solubles, unido al perfeccionamiento en la calidad del tomate, constituyen prioridades del mejoramiento en este cultivo.

Aunque ha sido informada una alta heredabilidad para el peso del fruto en el tomate (Gómez *et al*, 2000), se sabe que éste se incrementa en ambiente óptimo para el cultivo, en el que el genotipo es capaz de expresar su potencial, ya que se ha encontrado una correlación significativa y negativa de éste con la temperatura mínima promedio. A menudo, las variedades tolerantes a las altas temperaturas, presentan frutos más pequeños, aún cuando no se ha encontrado un ligamiento entre la habilidad para fructificar a altas temperaturas y el tamaño del fruto, lo cual permitiría el avance de la mejora (Gómez *et al*, 2000).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de heterosis para el contenido de sólidos solubles y el tamaño del fruto en el tomate (*Solanum lycopersicum*, L), así como la adaptación a los sistemas de cultivo protegido en poblaciones de parentales y F₁ de *S. lycopersicum*, L. x *S. pimpinellifolium*, L y *S. lycopersicum* x *S. lycopersicum* var *cerasiforme*.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova" perteneciente al Ministerio de la Agricultura, situado a los 22°23' de latitud Norte y 82°23' de longitud Oeste, en el Municipio de Quivicán, provincia La Habana, a 11 m.s.n.m. (IIHLD, 1997), se sembraron en marzo del 2010, en condiciones de cultivo protegido, plantas de los progenitores y la F₁ de *S. lycopersicum*, L. x *S. pimpinellifolium*, L y *S. lycopersicum* x *S. lycopersicum* var *cerasiforme*, en suelo Ferralítico Rojo (Cuba-Minag, 1999).

La fase de producción de plántulas se realizó en casa de posturas, protegidas en cepellones y los 30 días se realizó el trasplante de 10 individuos de los parentales y de las generaciones F₁. Las evaluaciones y la caracterización se realizaron en ocho plantas, siguiendo la metodología descrita por IPGRI (1996).

Las condiciones de temperatura máxima, mínima y promedio (°C) y Humedad Relativa (%) dentro de la casa de cultivo durante todo el ciclo de producción se presentan en las Figs. 1 y 2.

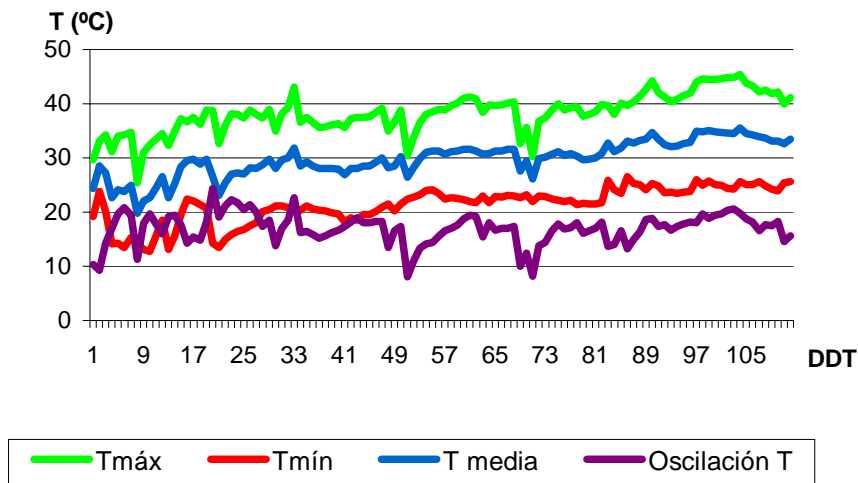


Fig. 1: Variaciones de temperaturas (°C) durante el ciclo del cultivo.

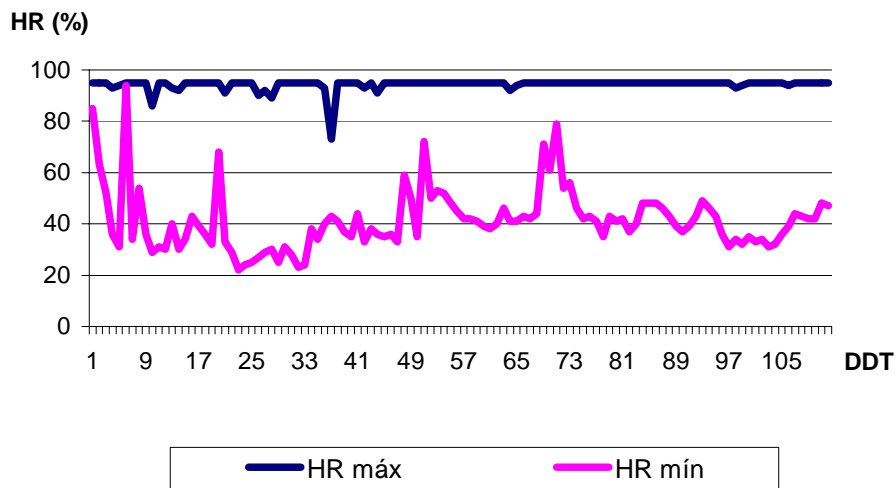


Fig. 2: Variaciones de Humedad Relativa (%) durante el ciclo del cultivo.

Los cultivares y especies incluidas en el análisis del porcentaje de fructificación, número de racimos por planta, número de frutos por planta, contenido de sólidos y peso promedio de los frutos, se presentan en la Tabla 1. El esquema de cruzamientos se efectuó como se muestra:

Tabla 1. Cultivares y especies incluidos en el análisis, procedencia y esquema de cruzamientos.

| Progenitores | Nombre | Especie | Procedencia | | | |
|----------------------|----------------------|---|-----------------------------|----------------------|----------------------|--|
| A | 43/3/1a | <i>S. lycopersicum</i> , L | Prog. mejoramiento IIHLD | | | |
| B | Amarillo Veracruz | <i>S. lycopersicum</i> var <i>cerasiforme</i> | Banco germoplasma INIFAT | | | |
| C | Pequeño Tacarigua | <i>S. lycopersicum</i> var <i>cerasiforme</i> | Colección Guacara Venezuela | | | |
| D | Ac-1000 | <i>S. pimpinellifolium</i> | Banco germoplasma INIFAT | | | |
| A (P ₁) | A (P ₁) | A (P ₁) | B (P ₁) | C (P ₁) | D (P ₁) | |
| B (P ₂) | C (P ₂) | D (P ₂) | A (P ₂) | A (P ₂) | A (P ₂) | |
| 43/3/1 a | 43/3/1 a | 43/3/1 a | Ama. Ver. | PT | Ac-1000 | |
| x | x | x | x | x | x | |
| Ama. Ver. | PT | Ac-1000 | 43/3/1 a | 43/3/1 a | 43/3/1 a | |
| A x B | A x C | A x D | B x A | C x A | D x A | |
| ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | |
| AB (F ₁) | AC (F ₁) | AD (F ₁) | BA (F ₁) | CA (F ₁) | DA (F ₁) | |

Durante la recolección se midió el °Brix del zumo extraído a partir de una muestra de aproximadamente 10 frutos maduros de cada planta, con un refractómetro de mano. Se evaluó el peso de cada fruto en el momento de la cosecha.

Se realizó un análisis de varianza de efectos fijos y se calculó la mínima diferencia entre los genotipos para $\alpha=5\%$ para cada carácter (peso del fruto y °Brix), usando la dócima de medias sobre la base del test de Tukey HSD al 95%.

Estimación de la heterosis. Los estimados de la heterosis se expresaron como porcentaje del incremento o decremento del valor de las F₁ en relación con la media de los progenitores para cada carácter (Rodríguez *et al*, 2008):

$$\text{Heterosis (\%)} = \frac{MF_1}{MP} \times 100$$

Donde:

MF₁ = Valor promedio del carácter evaluado en el híbrido

MP= Valor promedio del carácter evaluado en los dos progenitores

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se observan los parámetros estadísticos de cada uno de los cultivares estudiados para los caracteres cuantitativos. En cuanto al porcentaje de fructificación de los cultivares en los cuatro primeros racimos, carácter este indicativo de la tolerancia al calor (Lin *et al*, 2006; Sato *et al*, 2006), existen diferencias significativas entre los cultivares. El valor promedio del ensayo alcanza 87.32% de fructificación, destacándose las especies silvestres y las combinaciones con *S. pimpinellifolium*, con más del 90 % de frutos logrados, bajo condiciones de temperatura máxima (29.8 °C), mínima (17 °C) y media (21.3 °C), observadas en el Anexo 1; estos valores estuvieron por encima de los óptimos recomendados por Nuez (1995), Peet y Bartolemew (2003) y Abdelmageed *et al*, (2004) para un buen desarrollo del tomate.. Resultados similares obtuvieron Florido *et al*. (2008) donde encontraron altos porcentajes de fructificación en accesiones de las especies silvestres de *S. pimpinellifolium* y *S. lycopersicum* var *cerasiforme*. Los cultivares con menor cuajado de los frutos fueron los híbridos provenientes de las combinaciones A y B y A y C.

Tabla 2: Valores promedio de los caracteres agronómicos en cada una de las combinaciones estudiadas.

| Poblaciones | % Fructif | Peso x (g) | No Rac | No Fr | D polar (mm) | D ecuat (mm) | °Brix |
|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| A | 84,56 bc | 163,75 a | 38,75 d | 40,00 g | 59,75 a | 70,75 a | 4,38 e |
| B | 95,26 a | 4,43 b | 86,75 c | 351,75 ab | 16,50 cd | 19,00 cd | 5,95 b |
| C | 91,44 ab | 3,05 b | 138,50 b | 331,25 b | 14,75 d | 15,75 d | 5,28 bcd |
| D | 94,48 a | 1,93 b | 192,75 a | 392,25 a | 11,50 d | 12,75 d | 9,20 a |
| AB | 78,31 c | 17,53 b | 81,25 c | 199,25 e | 25,75 b | 30,50 b | 4,40 e |
| AC | 78,89 c | 15,98 b | 75,75 c | 144,00 f | 24,25 b | 27,25 b | 4,30 e |
| AD | 93,21 a | 8,63 b | 94,00 c | 209,00 de | 21,75 bc | 24,50 bc | 4,98 cde |
| BA | 83,14 c | 19,65 b | 78,50 c | 240,25 cde | 26,25 b | 32,00 b | 4,43 de |
| CA | 79,92 c | 16,08 b | 90,50 c | 270,00 c | 25,25 b | 31,25 b | 4,20 e |
| DA | 94,03 a | 12,90 b | 91,25 c | 259,75 cd | 23,25 b | 26,50 bc | 5,40 bc |
| X A y B | 84,09 | 62,75 | 195,88 | 89,91 | 38,13 | 44,88 | 5,16 |
| X A y C | 83,40 | 88,63 | 185,63 | 88,00 | 37,25 | 43,25 | 4,83 |
| X A y D | 82,84 | 115,75 | 216,13 | 89,52 | 35,63 | 41,75 | 6,79 |
| Media | 87,32 | 26,39 | 96,80 | 243,75 | 24,90 | 29,03 | 5,25 |
| SE | 1.14 | 7.52 | 6.42 | 16.07 | 2.04 | 2.48 | 0.23 |
| CV (%) | 8.29 | 180.33 | 41.92 | 41.69 | 51.89 | 54.11 | 28.18 |

La presencia de altos porcentajes de fructificación en especies silvestres indica que estas accesiones utilizadas son tolerantes al calor y se pueden explotar en programas de mejoramiento genético para lograr variedades y/o híbridos con buen comportamiento morfoagronómico en condiciones de cultivo protegido, donde las variaciones medioambientales se hacen extremas.

Los caracteres número de frutos por planta, número de racimos por planta, peso promedio de los frutos, diámetro polar y diámetro ecuatorial fueron altamente variables, evidenciado esto por los altos coeficientes de variación encontrados indicando una alta heredabilidad en esos caracteres en las poblaciones evaluadas. Las accesiones de *S. lycopersicum* var *cerasiforme* y *S. pimpinellifolium* presentan características típicas de los cultivares silvestres, con gran cantidad de racimos y frutos de pequeño tamaño, llegando a alcanzar incluso menos de 2 gr. Por el contrario, la accesión de *S. lycopersicum* (43/3/1a) se caracterizó por presentar menor cantidad de racimos, menor número de frutos por planta y mayor tamaño de los mismos. Resultados similares obtuvieron Moya *et al*, (2001) al evaluar cultivares de tomate en diferentes períodos de siembra.

El mayor peso promedio de los frutos se encontró en la línea de *S. lycopersicum* y los frutos de menor tamaño coinciden con *S. pimpinellifolium*. (Figura 3). Así mismo, Florido *et al*, (2008) encontraron que las accesiones de *S. pimpinellifolium* mostraron, en general, mayor número de flores y frutos por racimo que las de *S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*, así como menor masa promedio de sus frutos.

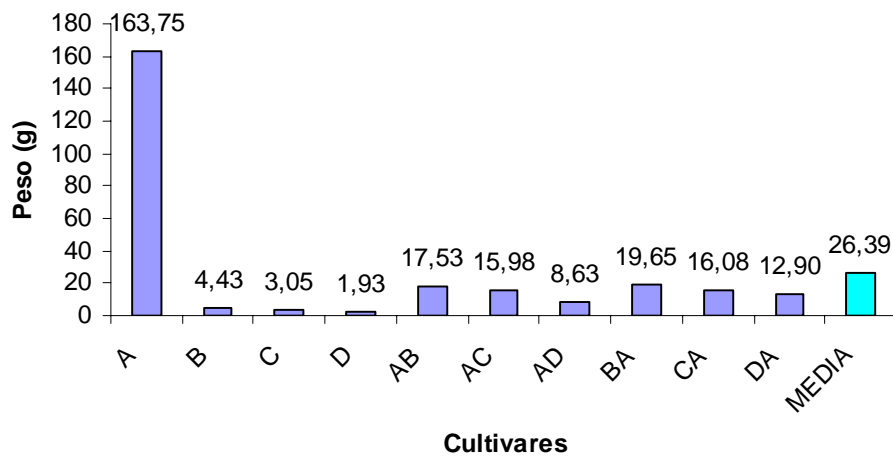


Figura 3. Peso promedio de los frutos (gramos) para cada uno de los genotipos estudiados.

No existieron diferencias significativas en cuanto al peso promedio de los frutos (gramos) en ninguna de las combinaciones efectuadas aunque si dista significativamente de la línea usada como parental (43/3/1a). Los valores promedio en los híbridos obtenidos en combinación con esta línea y los parentales silvestres fueron intermedios, predominando el tamaño pequeño de los frutos, lo que indica que existe dominancia para este carácter. Estudios similares se realizaron en Argentina por Zarzoli *et al*, (2000) donde se cruzaron la cultivar Caimanta (C) de *L. esculentum* como progenitor femenino y la línea LA722 de *L. pimpinellifolium* (Pi) como progenitor masculino y se encontraron diferencias significativas para ambas generaciones, siendo el valor promedio de la generación F₁ intermedio al de los progenitores, lo que sugiere que para esta variable, las acciones génicas presentes podrían tener dominancia parcial.

También otros autores (Schauer *et al*, 2006; Zanol *et al*, 2009; Prudent *et al*, 2009) coinciden en encontrar modificaciones significativas en el peso cuando se realizan cruzamientos con el taxón silvestre de *S. pimpinellifolium*. Mc Gillivray y Clemente (1956) y Carrari *et al*, (2006) demostraron en cruzamientos interespecíficos con esta especie, que el contenido de materia seca es mayor en los frutos pequeños y de menor peso. El mayor peso de los genotipos de *L. esculentum* estaría asociado a una pérdida en la calidad de los frutos en cuanto al contenido de sólidos solubles.

Autores como Pratta *et al*, 2003 realizaron un análisis que permitió concluir que en que todos los genotipos híbridos con al menos un progenitor silvestre (*L. esculentum* var. *cerasiforme* y *L. pimpinellifolium*) tuvieron un desarrollo vegetativo adecuado a las necesidades de los sistemas de producción. En cuanto a su rendimiento potencial, dado por el número de flores por racimo, los híbridos con al menos un progenitor silvestre difirieron significativamente en la mayoría de los casos de los híbridos intravarietales. Si bien se observó una reducción notable en el peso y el tamaño de fruto de aquellos híbridos con al menos un progenitor silvestre, hubo una tendencia hacia la forma esférica que, según Tigchelaar (1986), estaría asociada a mayor contenido en sólidos solubles.

El contenido de sólidos solubles (°Brix) del híbrido F₁ en ninguna de las combinaciones realizadas con las accesiones de especies silvestres, excede a la media parental, pero sí

a la media del progenitor A (43/3/1a) en las combinaciones con las accesiones B (Amarillo Veracruz – *S. lycopersicum* var *cerasiforme*), sin diferencias significativas y con D (Ac-1000 – *S. pimpinellifolium*), con diferencias significativas. En las poblaciones existieron diferencias significativas entre algunas familias analizadas para el contenido de sólidos solubles. El contenido de sólidos solubles máximo alcanzado en el análisis de varianza fue de 10 °Brix; y el mínimo 4.0 °Brix, para un valor promedio de 5.25 °Brix.

Por su alto contenido de sólidos solubles se destaca la Ac-1000 (9.20) que proviene de *S. pimpinellifolium*, con diferencias significativas con el resto de los materiales. Además, mantiene un color rojo intenso en los frutos maduros durante la etapa de recolección. Resultados similares informan Picardi *et al.* (2002) donde plantean que las especies silvestres de tomate representan una importante fuente de variabilidad genética para incluir en el mejoramiento del cultivo. Estas especies silvestres presentan frutos de alta calidad nutritiva, con menor tamaño y peso que el tomate cultivado y muchos frutos por racimo.

Por otra parte, Angosto, *et al.* (2005) informan que la aceptación final de los frutos de tomate es un balance entre los componentes de sabor y aroma, así como del color obtenido. Los principales componentes del sabor del fruto del tomate son los azúcares y ácidos y los compuestos volátiles, son los del aroma, de tal forma que interactúan proporcionando su sabor característico. Los frutos de *S. pimpinellifolium*, de color rojo, son acumuladores de hexosas y presentan un contenido de sólidos solubles alto, por encima de ocho, por lo que presentan un potencial genético y fisiológico suficiente para poder desarrollar frutos con valores aceptables de azúcares y ácidos. Las proporciones relativas de azúcares y ácidos orgánicos establecen graduaciones en la aceptación del sabor (Canady *et al.*, 2006). La cantidad de azúcares presentes en el fruto (aproximadamente la mitad del contenido total de sólidos) y la cantidad de ácidos (alrededor de un octavo del total de sólidos) determinan el sabor del tomate. Una alta cantidad de azúcares y una alta concentración de ácidos es la mejor combinación para obtener un muy buen sabor. Los valores de sólidos solubles y concretamente de azúcares (glucosa y fructosa), junto con los ácidos orgánicos (cítrico y málico) son factores esenciales para la calidad organoléptica del tomate de consumo fresco. Los mecanismos fisiológicos que deciden sobre el contenido de azúcares y ácidos del fruto de tomate, pueden relacionarse con la existencia de variación genética natural en el género *Solanum* y la introgresión de estos caracteres provenientes de *S. pimpinellifolium* al tomate cultivado es fácil mediante cruzamientos y posterior selección (Canady *et al.*, 2006).

Por su parte Steinhauser *et al.*, (2010) plantean que durante la madurez del fruto se producen cambios fisiológicos y bioquímicos que conducen a la adquisición del color, textura, aroma y sabor requeridos para su consumo. El mantenimiento de estas características durante el mayor tiempo posible amplía las posibilidades de comercialización, especialmente cuando se destina al mercado para consumo fresco (Baxter *et al.*, 2005).

Al obtenerse las combinaciones con la línea de *S. lycopersicum*, L (43/3/1a) se mostró que los más altos valores en cuanto a contenido de sólidos solubles se expresan en las combinaciones AD y DA sin diferencias significativas entre ellas y sí con el resto de las combinaciones. Se mantienen los atributos de tamaño del fruto y resistencia al TYLCV provenientes de la madre (43/3/1a), a los que se le incorporan el aumento en el contenido de sólidos solubles, provenientes de *S. pimpinellifolium* (Ac-1000). (Figura 4).

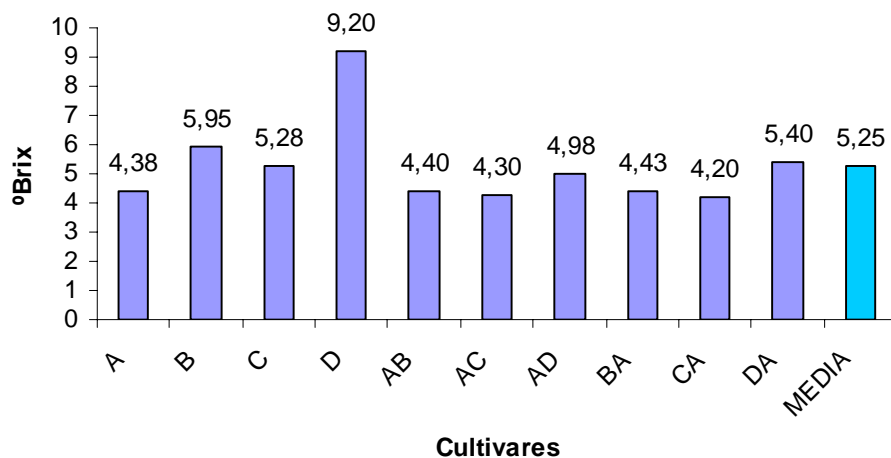


Figura 4. Contenido de sólidos solubles (°Brix) para cada uno de los genotipos estudiados.

Igualmente, estos resultados coinciden con estudios que hizo Bai and Lindhout (2007) en combinaciones en ambos sentidos, donde los taxones silvestres fueron evaluados y utilizados como fuente de resistencia y aumento de la calidad nutritiva de los frutos. La especie *S. pimpinellifolium* se caracteriza por presentar frutos de alta calidad nutritiva, con tamaño y peso menores que las cultivares comerciales de *S. lycopersicum* y se cruza en ambos sentidos con la especie cultivada dando lugar a híbridos fértiles (Schauer *et al*, 2005).

El estudio de la heterosis permitió identificar combinaciones híbridas que muestran un mejor comportamiento que los cultivares que le dieron origen, en caracteres de importancia para el productor. Al analizar los porcentajes de heterosis en los diferentes caracteres (Figura 5), se pudo constatar que solamente se encontró heterosis importante en los caracteres número de racimos por planta y número de frutos por planta, teniendo en cuenta que se considera que los incrementos en la heterosis por encima de 120 son adecuados para aceptar su presencia en grado significativo desde el punto de vista económico (Rodríguez *et al*, 2008).

Existe heterosis positiva en algunas combinaciones para los caracteres número de racimos por planta y número de frutos por planta en las combinaciones AB, BA, CA y DA, por encima del 100%. Algunos autores diferencian la heterosis en positiva o negativa, según la dirección en que el carácter sea superior o inferior al progenitor mejor o peor, mientras que en otras ocasiones, tienen en cuenta si los valores son superiores o inferiores al 100 % (González-Chávez, *et al*, 2008).

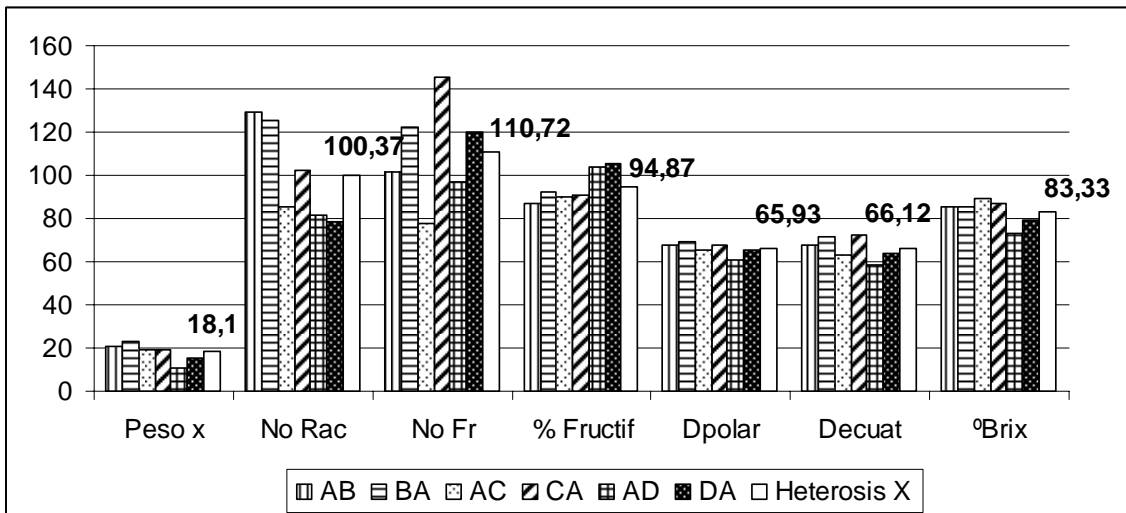


Figura 5. Porcentaje de heterosis en las combinaciones híbridas estudiadas.

Los mayores porcentajes de heterosis para la fructificación se mostraron en las combinaciones de *S. lycopersicum* con *S. pimpinellifolium*, por encima del 100% y superior al progenitor comercial 43/3/1a, lo que demuestra una gran adaptabilidad a las condiciones de cultivo protegido.

Para los restantes caracteres, peso promedio, diámetros polar y ecuatorial de los frutos, y contenido de sólidos solubles (°Brix), no se manifestaron incrementos de heterosis superiores al 100 %.

CONCLUSIONES

La incorporación del germoplasma silvestre, es una alternativa interesante para el mejoramiento de la calidad comercial del tomate basado en el contenido de sólidos solubles y el peso de los frutos.

Las accesiones de especies silvestres mostraron atributos de adaptabilidad a las condiciones protegidas basadas en los altos valores de fructificación encontrados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdelmageed, A.H., N. Gruda, B. Geyer. 2004. Effects of temperature and grafting on the growth and development of tomato plants under controlled conditions. En: "*Rural Poverty Reduction through Research for Development and Transformation*", Deutscher Tropentag, Berlin (Oct 5-7). <http://www.tropentag.de/2004/abstracts/full/106.pdf>

Angosto Trillo, T., R. Lozano, J.M. Martínez, J. Salinas, M. Jamilena, M. Cervera, G.

Anastasio, R. Arroyo, y J. Abad. 2005. *Mejora genética del sabor en tomate: identificación de marcadores moleculares (PCR-AFLPs) para selección de genotipos de interés agronómico*. Universidad de Almería, CIT-INIA de Madrid, Seminis Vegetable Seeds. <http://www.fiapa.es>. Consultado 13 Enero 2010

Bai, Y. and P. Lindhout. 2007. Domestication and breeding of tomatoes: What have we gained and what can we gain in the future?. *Ann. Bot.* 100, 1085-1094

- Baxter, C. J., F. Carrari, A. Bauke, S. Overy, S. A. Hill, P. W. Quick, A. R. Fernie, and L. J. Sweetlove. 2005. Fruit Carbohydrate Metabolism in an Introgression Line of Tomato with Increased Fruit Soluble Solids. *Plant Cell Physiol.* **46**, 425-437
- Canady, M. A., Y. Ji, and R. T. Chetelat. 2006. Homeologous recombination in solanum lycopersicoides introgression lines of cultivated tomato. *Genetics* **174**, 1775-1788
- Carrari, F., C. Baxter, B. Usadel, E. Urbanczyk-Wochniak, M.-I. Zanor, A. Nunes-Nesi, V. Nikiforova, D. Centero, A. Ratzka, M. Pauly, *et al.* 2006. Integrated Analysis of Metabolite and transcript levels reveals the metabolic shifts that underlie tomato fruit development and highlight regulatory aspects of metabolic network behavior. *Plant Physiology* **142**, 1380-1396
- Cuba. MINAG. 1999. *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*. Instituto de Suelos. Agrinfor, La Habana: 107 pp.
- Florido, M., M. Álvarez, R.M. Lara, D. Plana, A. Caballero, R. Florido, T. Shagarodsky, y C. Moya. 2008. *Análisis de la variabilidad morfoagronómica en la colección de tomate (Solanum l. Sección lycopersicum subsección lycopersicum) conservada Ex situ en Cuba*. Cultivos Tropicales, Vol. 29, No. 2: 43-48.
- Gómez, O. A. Casanova, H. Laterrot, y G. Anaís, 2000. *Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe.*, Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", La Habana: 159 pp.
- González – Chávez, M., Z. Fundora, N. Díaz, Y. Sánchez, J.A. Soto, G. Acuña. Agrotecnia de Cuba. 2008. Variabilidad de poblaciones F₂ segregantes del cruce *S. lycopersicum X S. lycopersicum var. Cerasiforme*. Vol. 32, No.2.
- Gragera, F.J., A. Rodríguez del Rincón, J. Cuartero, 1998. Mejora en la evaluación fenotípica de los sólidos solubles en un RC₂ de *Lycopersicum esculentum x L. cheesmanii* mediante el análisis de varias plantas de cada genotipo. Actas de Horticultura de la SECH 22. 21 – 23 Octubre 1998. *Comunicaciones Técnicas.*: 57-63.
- IIHLD-Cuba, 1997. Memorias 25 Aniversario. Localización, clima y suelos. 98p.
- IPGRI, 1996. International Plant Genetic Resources Institute. Descriptores para el tomate (*Lycopersicon spp.*). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia. 44 p.
- Kamenetzky, L., R. Asis, S. Bassi, F. de Godoy, L. Bermudez, A. R. Fernie, M. A. Van Sluys, J. Vrebalov, J. J. Giovannoni, M. Rossi, *et al.* 2010. Genomic analysis of wild tomato introgressions determining metabolism- and yield-associated traits. *Plant Physiology* **152**, 1772-1786.
- Lin, K.H., H.F. Lo, S.P. Lee, C.G. Kuo, J.T. Chen, W.L. Yeh. 2006. RADP markers for the identification of yield traits in tomatoes under heat stress via bulked segregant analysis. *Hereditas* **143**: 142-154.
- Mc Gillivray, J.H., L.J. Clemente, 1956. Effect of tomato size on solids content. *American Society for Horticultural Scienc. Proceedings*, Alexandria, Vol.68, No.1.:466-469.

Moya, C., A. Oliva, M. Álvarez, C. Morales, M. Florido, y D. Plana, 2001. Evaluación de nuevos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en los períodos temprano y óptimo de siembra. *Cultivos Tropicales*, Vol. 22, No. 2.: 37-43.

Nuez, F. 1995. *El cultivo del tomate*. Ediciones Mundi Prensa, Madrid: 793pp.

Peet, M.M., S. Sato, C. Clément, E. Pressman. 2003. Heat stress increases sensitivity of pollen, fruit and seed production in tomatoes (*Lycopersicon esculentum*, Mill) to nonoptimal vapour pressure deficit. *Acta Horticulturae*, 618: 209-215.

Picardi, L., R. Zorzoli, G. Pratta, G. Rodríguez, R. Lorea. 2007. Uso de tomates silvestres para mejorar el color, sabor y larga vida de los frutos. Cátedra de Genética, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. *Boletín Electrónico de TOMATE*, 10, 23 de julio de 2010. <http://www.agro.unlp.edu.ar/departamentos/Extension/edicion3.html>.

Picardi, L.; Zorzoli, R.; Pratta, G.; Rodríguez, G.; Lorea, R. 2002. Tomates silvestres: color y sabor con larga vida. *Revista Agromensajes de la Facultad. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario*. Vol.3 No. 7.

Pratta, G., L. Cánepa, R. Zorzoli, y L. Picardi. 2003. Efecto del germoplasma silvestre sobre caracteres de interés agronómicos en híbridos intra e interespecíficos del género *Lycopersicum*. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias – Argentina*. Año 2003 Número III. <http://www.fcagr.unr.edu.ar/agromensajes.htm>. Consultado 19 Mayo 2010

Rodríguez, J., M. Álvarez, C. Moya, D. Plana, F. Dueñas, Lescay, E. y Rodríguez, S. 2008. Evaluación de la heterosis y heredabilidad en híbridos cubanos de tomate (*Solanum lycopersicum*). *Cultivos Tropicales*, Vol. 29, No. 3: 63-68.

Sato, S., M. Kamiyama, T. Iwata, N. Makita, H. F. Furukawa, H. Ikeda. 2006. Moderate increase of mean daily temperature adversely affects fruit set of *Lycopersicon esculentum* by disrupting specific physiological processes in male reproductive development, *Annals of Botany*. 97(5): 731-738.

Scanner, N., Y. Semel, U. Roessner, A. Gur, I. Balbo, F. Carrari, T. Pleban, A. Perez-Melis, C. Bruedigam, J. Kopka, L. Willmitzer, D. Zamir y A.R. Fernie. 2006.

Comprehensive metabolic profiling and phenotyping of interspecific introgression lines for tomato improvement. *Nature Biotechnology* 24, 447 – 454.

Schauer, N., D. Zamir, and A. R. Fernie. 2005. Metabolic profiling of leaves and fruit of wild species tomato: a survey of the *Solanum lycopersicum* complex. *J. Exp. Bot.* 56, 297-307

Shagarodsky, T. *Caracterización de la variabilidad del germoplasma de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) conservada ex situ en Cuba. Su presencia y distribución in situ*. Tesis para optar por el grado de Master en Biología Vegetal, Mención Genética Vegetal. Universidad de La Habana. 2006. 122 p.

Kimura S. and N. Sinha. 2008. Tomato (*Solanum lycopersicum*): A model fruit-bearing crop. *Cold Spring Harb Protoc* 2008, pdb.emo105.

Zanor, M. I., S. Osorio, A. Nunes-Nesi, F. Carrari, M. Lohse, B. Usadel, C. Kuhn, W. Bleiss, P. Giavalisco, L. Willmitzer, et al. 2009. RNA interference of LIN5 in tomato confirms its role in controlling Brix content, uncovers the influence of sugars on the levels

of fruit hormones, and demonstrates the importance of sucrose cleavage for normal fruit development and fertility. *Plant Physiology* **150**, 1204-1218

Tigchelaar, E. C. 1986. Tomato Breeding. En: *Breeding Vegetable Crops* (M.J. Basset ed.). AVI Publishing Company. Inc., Westport, CT. P.: 135-170.

Steinhauser, M. C., D. Steinhauser, K. Koehl, F. Carrari, Y. Gibon, A. R. Fernie, and M. Stitt. 2010. Enzyme Activity Profiles during Fruit Development in Tomato Cultivars and *Solanum pennellii*. *Plant Physiology* **153**, 80-98.

Prudent, M., M. Causse, M. Genard, P. Tripodi, S. Grandillo, and N. Bertin. 2009. Genetic and physiological analysis of tomato fruit weight and composition: influence of carbon availability on QTL detection. *J. Exp. Bot.* **60**, 923-937. Zorzoli, R., G.R. Pratta, y L.A.

Picardi. 2000. Variabilidad genética para la vida postcosecha y el peso de los frutos en tomate para familias F₃ de un híbrido interespecífico. *Pesq. Agropec. Bras.*, Vol.35, No.12.:2423-2427.