

EFECTOS HETERÓTICOS PARA EL CARÁCTER EXTRACTO ETÉREO EN LA SEMILLA DE ZAPALLO

Cucurbita moschata DUCH.

HETEROTIC EFFECTS FOR THE ETHER EXTRACT CHARACTER IN BUTTERNUT SQUASH

Cucurbita moschata DUCH. SEED

Magda Piedad Valdés¹, Sanin Ortiz², Franco Alirio Vallejo³

¹Ing. Agroindustrial, Ph.D. Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira, Colombia, e-mail: mpvaldesr@unal.edu.co; ²Zootecnista, Ph.D. Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira, Colombia, e-mail: sortizg@unal.edu.co; ³Ing. Agrónomo Ph.D. Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira, Colombia, e-mail: favallejoc@unal.edu.co, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. A.A. 237. Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(2): 371-379, Julio-Diciembre, 2014

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo, evaluar los efectos heteróticos promedio, varietal y específico para el carácter producción de extracto etéreo en la semilla de *Cucurbita moschata*. Las evaluaciones, se realizaron en la Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira, municipio de Candelaria, Valle del Cauca, en dos semestres: segundo semestre de 2012 y primero de 2013. Se emplearon 21 genotipos, conformado por 6 progenitores y 15 cruzamientos directos y 5 plantas por repetición, bajo un diseño de bloques completos al azar, con 4 repeticiones. Se evaluaron los caracteres producción de extracto etéreo/planta (EEPP), porcentaje de extracto etéreo (EE), peso de semilla/fruto (PSPF), peso unidad de semilla (PUS) y número de frutos/planta (NFP), utilizando la metodología propuesta por Gardner y Eberhart (1966). La heterosis promedio fue el componente más importante, en razón a que explicó el 54% de la variación de la suma de cuadrados de la heterosis. El semestre donde mejor se expresó la heterosis promedio fue en el segundo de 2012, en donde se presentaron diferencias significativas para los caracteres EEPP, EE y PSPF, indicando que hay divergencia genética entre las progenies y los progenitores. Con base en los efectos de heterosis varietal, los mejores progenitores para el carácter EEPP fueron las introducciones 142 y 160. Con base en los efectos de heterosis específica, se destacaron con efecto significativo $P < 0,01$, en la especie *C. moschata*, para EEPP fueron los cruzamientos 308 x 142, 308 x 160 y 142 x 136.

Palabras clave: Ahuyama, semilla oleaginosa, heterosis, hibridación, cruzamiento dialélico.

SUMMARY

The study aimed to evaluate the average heterotic effects, varietal and specific character to ether extract production in butternut squash seeds *Cucurbita moschata*. The field and laboratory research was conducted at Universidad Nacional de Colombia Palmira - municipality of Candelaria Valle del Cauca, in two semesters: second half of 2012 and first half of 2013. 21 genotypes namely, 6 parents and 15 direct crosses and 5 plants per replication under completely randomized design with 4 replications were used. Characters evaluated were oil production/plant (EEPP); percent of crude fat (EE) in seed; Seed Weight/fruit (PSPF); unit seed weight (PUS) and number of fruits / plant (NFP), using the method proposed by Gardner & Eberhart (1966). The average heterosis was the most important component, as it explained 54% of the variation in the total sum of squares of heterosis. The term where heterosis was better expressed was the second half of 2012; significant differences ($P < 0,05$) for EEPP, EE and PSPF were displayed, indicating that there is genetic divergence between parents and offspring. Based on the effects of varietal heterosis, the best parents for EEPP introductions were 142 and 160. Based on the effects of specific heterosis, with significant effect, $P < 0,01$, in *C. moschata* for EEPP, the crosses 308 x 142, 308 x 160 and 142 x 136 stand out.

Key words: Pumpkin squash, oilseed, heterosis, hybridization, diallelic crossing.

INTRODUCCIÓN

El interés por la semilla de zapallo, como fuente de energía, ha ido creciendo, debido al alto contenido de extracto etéreo o grasa bruta (Ortiz *et al.* 2009).

Los principales estudios sobre semillas de Cucurbitas, se reportan en Grecia, donde encontraron que el aceite proveniente de *Cucurbita pepo* se destaca como fuente alternativa, para la producción de biodiesel (Schinas *et al.* 2009). Resultados experimentales mostraron que el contenido de aceite fue del 45% y el perfil de ácidos grasos del aceite mostró que está compuesto, principalmente, de ácidos linoleico, oleico, palmítico y esteárico.

En Austria, Eslovenia, Hungría y Serbia, la semilla proveniente de *C. pepo* y se utiliza en la elaboración de aceite, el cual, se produce a partir de dos variedades *C. pepo* var. *styriaca* Greb. y *C. pepo* var. *oleifera* (Idouraine *et al.* 1996). Durante el proceso, las semillas son tratadas con presión en frío, para extraer el aceite, dando como resultado alto rendimiento de aceite, que es utilizado en las comidas; la torta derivada del proceso, es empleada para la alimentación animal y como fertilizante (Pericin *et al.* 2009). Los componentes fenólicos de las semillas oleaginosas, así como en la pulpa y la cáscara (epicarpio) representan un potencial para la salud y para la industria (Peschel *et al.* 2006; Shahidi *et al.* 2006; Vuorela *et al.* 2003; Wang *et al.* 2007).

Estudios realizados en Colombia, reportaron que el aceite proveniente de la semilla de *Cucurbita moschata* Duch., sobresale por el contenido de ácidos grasos insaturados, 55,28% y una cantidad apreciable de ácido linoleico, 55,11% (Ortiz *et al.* 2009). La torta proveniente de la semilla contiene 51,11% de proteína y 4604,60 kcal/kg de energía (Ortiz *et al.* 2009), similar a la reportada por Escobar *et al.* (2012), con 48,3% de proteína, en la especie *C. pepo*.

La identificación de genotipos con efectos heteróticos para la producción de extracto etéreo no se ha explorado, por lo menos, en lo que respecta a la especie *C. moschata* (Valdés *et al.* 2013).

El concepto de heterosis no sólo se refiere al mayor incremento de los caracteres en la F₁, sino también puede ser la disminución de los mismos, dependiendo el carácter de interés, con relación a los progenitores (Hallauer & Miranda, 1988; Ceballos, 1998; Vallejo *et al.* 2010). En zapallo *C. moschata*, la información sobre el comportamiento heterótico de los genotipos, se ha concentrado en el estudio del rendimiento de fruto fresco (Espitia *et al.* 2006) y en calidad y estabilidad genética del fruto para materia seca (Ortiz *et al.* 2009; Valdés *et al.* 2010); sin embargo, se desconoce si existen progenitores heteróticos para el carácter extracto etéreo en la semilla.

Gardner & Eberhart (1966) propusieron un modelo que considera los efectos de cada progenitor y los efectos de la heterosis, discriminada en tres tipos: a) la heterosis media: es la diferencia entre el promedio de los cruzamientos y el de sus progenitores; b) la heterosis varietal: es la heterosis promedio con que contribuye un progenitor en los cruzamientos en que participa y, c) la heterosis específica de cada combinación particular de progenitores (Mendoza *et al.* 2010).

El presente artículo tiene por objetivo evaluar los efectos heteróticos promedio, varietal y específico, de seis progenitores, para producción de extracto etéreo, en semilla en *C. moschata*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo, se realizó entre el 2012 y 2013, en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira – CEUNP, localizado en el municipio de Candelaria y en la Granja Mario González Aranda (MGA), ubicada en Palmira, Valle del Cauca (Colombia). La valoración macromolecular, se ejecutó en el Laboratorio de Semillas de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira.

Se evaluaron 21 genotipos, correspondientes a 6 progenitores seleccionados y 15 cruzamientos directos, utilizando un diseño de bloques completos al azar, con 4 repeticiones y 5 plantas por repetición. En cada repetición, se evaluaron las tres plantas centrales en madurez de cosecha (Valdés *et al.* 2010). Se utilizó un total de 840 plantas, 420 plantas por semestre, a una distancia de siembra entre y dentro de surco de 3m. Los progenitores fueron la introducción, 308 procedente de Colombia y las introducciones, 129, 142, 144, 136 y 160, procedentes de Centro América.

Los cruzamientos dialélicos fueron evaluados en dos semestres consecutivos, segundo semestre de 2012 y primero de 2013.

En el segundo semestre de 2012, las condiciones ambientales del municipio de Candelaria, se caracterizaron por una precipitación pluvial promedio de 1100 mm, 76% de humedad relativa y temperatura entre 26°C a 34°C. Por su parte, el primer semestre de 2013, se distinguió por ser atípico, con alta precipitación, que causó inundación en diferentes partes del cultivo, lo que ocasionó alta humedad relativa y temperaturas bajas en las horas de la mañana, altas al medio día y lluvia en las horas de tarde, con bajas temperaturas.

Caracteres evaluados:

Extracto etéreo/planta (EPPP): Es el producto del número de frutos por planta (NFP) por el peso de la semilla por fruto (PSF) por el porcentaje de extracto etéreo (EE) en la semilla, expresado en gramos (g).

Extracto etéreo (EE): Relación porcentual entre la muestra de semilla oleaginosa y el contenido de extracto etéreo de la misma, corregido por la materia seca de la muestra, a 105°C por 24 horas (AOAC, 1990).

Peso de semilla/fruto (PSPF): Peso promedio de la semilla, de tres frutos tomados al azar de cada introducción y acondicionada a 12% de humedad.

Peso unidad de la semilla (PUS): Peso promedio de 100 semillas tomadas al azar, en tres frutos de cada introducción y acondicionada a 12% de humedad.

Número frutos/planta (NFP): Promedio del número de frutos por planta, a partir de las cinco plantas de cada introducción.

Análisis de la heterosis:

La heterosis fue analizada utilizando la metodología propuesta por Gardner & Eberhart (1966). Se empleó el modelo fijo, correspondiente a progenitores seleccionados y el método 2, que considera a los progenitores y cruzamientos directos. El modelo empleado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_v + \frac{1}{2} (V_j + V_{j'}) + \theta_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : valor promedio esperado de una variedad parental ($j = j'$) o de un cruzamiento ($j \neq j'$). Si $j = j'$, entonces $\theta = 0$ y si $j \neq j'$, entonces $\theta = 1$.

μ_v : media de las n variedades parentales.

V_j : efecto varietal, de la j -ésima variedad parental.

θ_{ij} : efecto de heterosis que resulta cuando la variedad j se cruza con la variedad j' .

La heterosis total (θ_{ij}) se descompuso en:

$$\hat{\theta}_{ij} = \hat{h} + (h_j + h_{j'}) + S_{ij}$$

Donde:

\hat{h} : heterosis promedia

h_j y $h_{j'}$: heterosis varietal de los padres j y j'

S_{ij} : heterosis específica $\hat{h} + h_j$

El análisis de varianza, se realizó según la metodología propuesta por Gardner & Eberhart (1966 - Análisis II), incluyendo las fuentes de variación principales: repeticiones, genotipos, error y total. La fuente de variación genotipos, se descompuso en efectos de variedades (V_j) y heterosis (h_{ij}). A su vez, el efecto de heterosis se descompuso en heterosis promedia (\hat{h}), heterosis varietal (h_j) y heterosis específica (S_{ij}). Para el procesamiento de la información, se utilizó el siguiente software: SAS-9.1 (versión Windows) SAS Institute Inc (2000) y Microsoft Office, Excel 2010.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los progenitores y de los híbridos para cada una de las variables en estudio, se presenta en la tabla 1. Tanto los híbridos como los progenitores expresaron un comportamiento diferencial, según el semestre de siembra, pero sin un patrón específico, donde el semestre S1, correspondiente al segundo semestre de 2012, fue el más favorable para la mayoría de los caracteres evaluados.

Al comparar los promedios generales, se observó que los híbridos fueron superiores a los progenitores en los dos semestres, se destacó el segundo semestre de 2012-2, como el más favorable.

Para los caracteres EEPP, EE y PUS, el mejor progenitor fue la introducción 129, superior a la media general, en los dos semestres. En el primer semestre, para las variables PSPF y NFP, fueron los progenitores 142 y 144, respectivamente y, para el segundo semestre, los progenitores 129 y 308, respectivamente.

Los híbridos que sobresalieron para los caracteres EEPP, EE, PSPF, PUS y NFP, para el primer semestre (2012-2), fueron: 308x142, 308x160, 129x136, 129x160, 142x136. En el segundo semestre (2013-1), para los mismos caracteres, fueron: 129x142, 142x144, 129x160, 129x160 y 129x142, respectivamente.

En la tabla 2, se presenta el análisis de varianza para las variables en estudio, el cual, incluye como fuentes de variación: genotipos, variedades y heterosis, ésta última abarca la descomposición en heterosis promedia, heterosis varietal y heterosis específica.

Los efectos de los genotipos para las diferentes variables expresaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) en los dos semestres, con excepción del carácter EE en la semilla que, en el primer semestre, no expresó diferencias entre genotipos, pero sí en el segundo semestre. Los efectos de variedades fueron altamente significativos, en los dos semestres, con excepción para los caracteres EEPP y EE, en el primer semestre. Los efectos de heterosis fueron altamente significativos, en los dos semestres, con excepción del carácter EEPP, que no tuvo efecto en el segundo semestre y el carácter EE, que no tuvo efecto, en el primer semestre.

Lo anterior sugiere que existe diversidad genética entre los progenitores y los híbridos, es decir, entre los 21 genotipos, lo que indica que, por lo menos, un genotipo es diferente de todos los demás.

Los efectos de variedades indican que existe suficiente diversidad genética entre progenitores para los caracteres PSPF,

Tabla 1. Promedios de los híbridos y progenitores para la producción de extracto etéreo por planta y sus componentes en *C. moschata*, para dos semestres (S1 y S2).

HÍBRIDOS	EEPP (g)		EE (%)		PSPF (g)		PUS (g)		NFP	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
308X129	152,9	105,0	41,65	40,68	102,52	97,16	16,39	14,24	3,58	2,63
308X142	284,7	42,7	40,58	30,14	102,41	62,13	15,89	10,69	6,75	2,08
129X142	201,7	170,1	43,90	35,52	99,34	95,04	15,16	15,44	4,75	5,00
308X144	169,3	121,1	42,89	41,91	83,37	74,76	14,99	14,55	4,42	3,67
129X144	219,5	119,3	44,79	42,67	111,36	105,71	15,80	15,71	4,42	2,67
142X144	254,2	64,5	43,40	45,96	90,26	61,10	17,51	13,84	6,17	2,13
308X136	202,2	76,5	44,13	42,77	99,54	85,62	15,22	15,33	4,54	2,08
129X136	251,3	97,6	44,58	41,34	118,31	99,59	17,97	18,38	4,75	2,42
142X136	270,3	89,2	42,43	42,22	77,77	65,17	15,47	13,82	8,08	3,33
144X136	167,7	71,0	41,92	35,63	90,96	68,30	14,28	13,98	4,58	2,75
308X160	252,9	77,3	46,67	38,82	79,88	65,03	13,92	14,86	6,83	3,00
129X160	247,8	158,8	44,18	42,47	106,89	107,23	19,42	18,62	5,25	3,42
142X160	229,3	120,8	46,06	40,41	84,91	72,30	15,54	16,70	6,08	4,00
144X160	210,6	145,2	41,29	43,32	96,57	95,67	13,36	14,70	4,92	3,50
136X160	190,0	117,8	41,61	41,26	85,03	86,49	21,27	18,33	5,50	3,25
Promedio de híbridos	220,3	105,1	43,34	40,34	95,28	82,75	16,14	15,28	5,38	3,06
PROGENITORES										
308	106,0	85,3	38,04	43,95	52,58	43,23	12,46	14,43	5,42	4,92
129	177,0	183,7	44,30	44,68	87,58	95,09	19,82	19,27	4,46	4,38
142	173,3	40,3	41,87	37,50	100,07	64,29	13,33	10,76	4,25	1,63
144	153,0	84,7	40,49	40,48	49,89	57,80	10,44	10,50	7,58	3,50
136	133,2	53,4	37,61	30,56	67,03	68,18	18,14	15,15	4,33	2,29
160	160,4	71,9	40,42	43,81	75,48	58,51	14,56	12,95	5,42	2,71
Promedio Progenitores	150,5	86,5	40,45	40,16	72,11	64,52	14,79	13,84	5,24	3,24

PUS y NFP, pero para los caracteres EEPP y porcentaje de EE, se percibe poca diversidad genética entre progenitores, teniendo en cuenta la no significancia en el primer semestre, para EEPP y porcentaje de EE.

Los efectos de heterosis indican que existe suficiente variabilidad para PSPF, PUS y NFP, pero poca diversidad para EEPP y porcentaje de EE, teniendo en cuenta la no significancia de EEPP, en el segundo semestre y porcentaje de EE, en el primer semestre.

Los efectos de variedades fueron no significativos ($P < 0.05$), en el primer semestre y los efectos de heterosis fueron sig-

nificativos ($P < 0.05$); caso contrario ocurrió con EE, lo que indica que hay un marcado efecto de semestre para las dos variables de mayor interés, en esta investigación. Por lo tanto, sería conveniente seleccionar genotipos para regiones con condiciones climáticas determinadas, según lo previsto por Ortiz *et al.* (2009).

La descomposición de los efectos de la heterosis en heterosis promedio, varietal y específica reveló que, la heterosis promedio de estos caracteres, indicó que los híbridos son superiores a los progenitores, por tanto, existe divergencia genética entre los progenitores, facilitando el proceso de mejoramiento genético para los mismos. La heterosis pro-

Tabla 2. Análisis de varianza para la producción de extracto etéreo por planta y sus componentes, según la metodología de Gardner & Eberhart (1966), en un cruzamiento dialélico, evaluado en dos semestres en *C. moschata*.

Fuente de variación	G.L.	EEPP		EE		PSPF		PUS		NFP	
		S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Repeticiones	3	143,11*	29,28ns	48,98*	6,03ns	169,43ns	563,78ns	7,71ns	2,042ns	2,97ns	0,35ns
Genotipos	20	93,48**	65,15**	22,17ns	72,75**	1247,82**	1352,73**	26,70**	24,637**	5,58**	3,43**
Variedades (vj)	5	62,09ns	154,16**	21,37ns	78,86**	1491,76**	3215,80**	58,63**	62,871**	5,25*	2,78*
Heterosis (hij)	15	103,94**	35,48ns	22,44ns	70,72**	1166,50**	731,70**	16,05**	11,892**	5,69**	3,65**
Heterosis promedio	1	835,34**	59,25ns	142,61**	0,56ns	9202,72**	5699,89**	31,39**	35,285**	0,30ns	0,53ns
Heterosis varietal	5	25,30ns	33,16ns	8,40ns	78,13**	1047,77**	528,98*	7,59*	17,009**	11,34**	5,91**
Heterosis Especifica	9	66,37ns	34,13ns	16,89ns	74,39**	339,55ns	292,31ns	19,05**	6,450ns	3,16ns	2,75*
Error	60	41,75	20,86	15,80	13,62	167,87	220,16	2,89	4,398	1,73	1,05

EEPP: Extracto etéreo por planta; EE: Extracto etéreo; PSPF: Peso de semilla por fruto; PUS: Peso unidad de semilla; NFP: Número de frutos por planta; S1: segundo semestre de 2012; S2: primer semestre de 2013. (*) Efecto significativo ($Pr > F < 0.05$); (**) Efecto altamente significativo ($Pr > F < 0.01$); (ns) no significativo.

media fue el componente más importante, en razón a que explicó el 54% de la variación de la heterosis.

La complementariedad genética reducida entre los progenitores para los caracteres EEPP y porcentaje de EE, sobretudo en el primer semestre, no provocó efecto diferencial para heterosis varietal. Para NFP, a pesar de la reducida variabilidad entre los progenitores, fue suficiente para provocar efecto diferencial para heterosis varietal.

La ausencia de significancia para heterosis específica para los caracteres EEPP, EE, PSPF y NFP indicó que no hubo efecto favorable en la complementariedad genética de los cruzamientos en que participaron o porque no se presentó el efecto de dominancia, posiblemente, porque las frecuencias génicas de algunos progenitores no difieren significativamente o porque hubo dominancia positiva para algunos locus y negativa para otros, lo cual, termina anulando o impidiendo la expresión de la heterosis específica, por lo tanto, es la dominancia direccional la que permite detectar la heterosis. Como las progenies de cada uno de los progenitores son similares, se puede seleccionar dentro de la superioridad híbrida un híbrido con heterosis.

Estimación de efectos de heterosis:

Efecto de heterosis promedia: En la tabla 3, se presenta el efecto de la heterosis promedia, para los caracteres producción de extracto etéreo por planta y sus componentes. La heterosis promedia es la diferencia entre el promedio de los híbridos y el promedio de los progenitores. El semestre donde mejor se expresó la heterosis promedia fue en el primero, en donde se presentaron diferencias significativas, para los caracteres EEPP, EE y PSPF, asimismo, para PSPF, pero en el segundo semestre, indicando que existe divergencia genética entre las progenies y los progenitores. La ausencia de significancia en los demás caracteres indicó que, en conjunto, esas variedades usadas no son favorables para explorar el efecto de heterosis en los híbridos.

Efecto de heterosis varietal: La heterosis varietal es la diferencia entre el promedio de todos los híbridos derivados de un progenitor y el promedio de todos los híbridos. En la tabla 4, se presentan los efectos varietales para todas las variables en estudio.

Tabla 3. Efecto de heterosis promedia para el carácter producción de extracto etéreo por planta y sus componentes, en dos semestres (S1: 2012-2, S2: 2013-1), para la especie *C. moschata*.

CARÁCTER	S1	S2
EEPP	6,98 *	1,86
EE	2,88 *	0,18
PSPF	23,17 *	18,23 *
PUS	1,35	1,43
NFP	0,13	-0,17

(*) Efecto significativo (Pr>F) <0.05.

Tabla 4. Efectos de heterosis varietal para el carácter producción de extracto etéreo por planta y sus componentes, en dos semestres (S1: 2012-2, S2: 2013-1), para la especie *C. moschata*.

VARIEDADES	Efecto de heterosis varietal									
	EEPP		EE		PSPF		PUS		NFP	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
308	1,24	-2,52	1,01	-3,74	7,60	3,38	0,09	-1,97	-0,27	-1,30
129	-2,03	-1,73	-1,32	-2,02	7,77	7,45	-1,51	-1,22	-0,64	-0,36
142	2,33	1,35	-0,79	-0,53	-19,40	-14,39	0,44	0,06	1,74	1,11
144	-2,13	-0,02	-0,62	1,79	10,14	1,30	0,98	0,77	-1,76	-0,28
136	0,37	-0,18	0,92	5,18	1,35	-3,98	-0,81	0,21	0,60	0,10
160	0,23	3,09	0,80	-0,68	-7,46	6,24	0,81	2,15	0,34	0,73

Los efectos varietales variaron entre semestres. Para el primer semestre, se presentó:

- Las variedades 308 y 142 presentaron efectos positivos favorables para el carácter EEPP y las variedades 308, 136 y 160 para porcentaje de EE, lo que indica que estos progenitores permiten obtener cruzamientos con mayor producción de EEPP y mayor contenido de extracto etéreo en la semilla, respectivamente.
- Las variedades 308, 129, 144 y 136 presentaron valores positivos para el carácter PSPF y las variedades 144 y 160 presentaron valores positivos, para el carácter PUS, indicando que estas variedades tienen mayor potencial para obtener cruzamientos con mayor PSPF y PUS, respectivamente.
- Las variedades 142, 136 y 160 presentaron valores positivos para el NFP, lo que indicó que estas variedades son las de mayor potencial para ser empleadas en cruzamientos, para incrementar el carácter NFP.

Para el segundo semestre, las variedades que tuvieron efectos positivos fueron:

- Para el carácter EEPP: 142 y 160
- Para el carácter EE: 144 y 136
- Para el carácter PSPF: 308, 129, 144 y 160

- Para el carácter PUS: 144 y 160
- Para el carácter NFP: 142 y 160

Efecto de heterosis específica: El efecto de heterosis específica expresa la diferencia entre cada cruzamiento individual con respecto a lo esperado, con base en la heterosis promedio y la heterosis varietal de sus progenitores (Ceballos, 1998).

En la tabla 5, se presentan los efectos de heterosis específica, los cuales, variaron entre semestres. Para el carácter EEPP, los híbridos 308x142, 308x160 y 142x136, presentaron diferencias positivas y significativas, para el primer semestre, indicando que esos híbridos fueron superiores al promedio de sus progenitores y a la media general; en el segundo semestre, a pesar de que se obtuvieron valores positivos, no fueron significativos para este carácter.

El híbrido 308x160, se destacó para el carácter EE, en el primer semestre, por presentar valores positivos y significativos y, en el segundo semestre, los híbridos que se destacaron fueron 142x144 y 142x136, lo que sugiere que estos híbridos son los más indicados para explorar el efecto heterótico.

Tabla 5. Efectos de heterosis específica para el carácter producción de extracto etereo por planta y sus componentes, en dos semestres (S1:2012-2 y S2:2013-1), para la especie *C. moschata*.

HÍBRIDOS	Efecto de heterosis específica											
	EEPP		EE		PSPF		PUS		NFP			
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2		
308x129	-5,05 ns	-0,57 ns	-2,10 ns	1,94 ns	-6,11 *	-1,07 *	0,32 ns	-0,86 ns	-0,57 ns	-0,18 ns		
308x142	3,96 *	-2,71 ns	-2,48 ns	-6,49 ns	*	1,15 ns	1,11 ns	-1,43 ns	0,32 ns	-0,82 ns		
308x144	-2,11 ns	4,29 ns	0,34 ns	1,47 ns	-8,78 *	1,33 ns	1,12 *	1,86 ns	-0,18 ns	1,22 ns		
308x136	-0,32 ns	1,55 ns	1,49 ns	3,90 ns	7,62 *	12,28 *	-0,71 ns	0,87 ns	-0,79 ns	-0,15 ns		
308x160	3,52 *	-2,57 ns	2,75 *	-0,82 ns	-7,46 ns	-13,69 ns	-1,84 ns	-0,44 ns	1,22 ns	-0,06 ns		
129x142	-4,62 ns	4,33 ns	0,04 ns	-3,20 ns	-6,02 ns	4,06 ns	-1,70 ns	0,14 ns	-0,83 ns	1,43 *		
129x144	2,63 ns	-1,60 ns	1,45 ns	0,14 ns	1,54 *	2,27 *	-0,15 ns	-0,16 ns	0,67 ns	-0,45 ns		
129x136	4,31 ns	-2,04 ns	1,15 ns	0,38 ns	8,72 *	-3,76 ns	-0,05 ns	0,74 ns	0,26 ns	-0,48 ns		
129x160	2,73 ns	-0,12 ns	-0,54 ns	0,74 ns	1,88 ns	-1,50 ns	1,58 ns	0,14 ns	0,48 ns	-0,31 ns		
142x144	1,92 ns	-2,99 ns	0,74 ns	5,54 *	1,37 ns	-5,09 ns	2,85 *	0,94 ns	0,15 ns	-1,10 ns		
142x136	2,03 *	1,20 ns	-0,33 ns	3,37 *	ns	-0,93 ns	-1,26 ns	-0,84 ns	1,32 *	0,33 ns		
142x160	-3,30 ns	0,17 ns	2,02 ns	0,79 ns	0,83 ns	0,81 ns	-1,01 ns	1,19 *	-0,96 ns	0,16 *		
144x136	-2,76 ns	-1,46 ns	-0,31 ns	-7,04 ns	-2,16 *	-10,24 ns	-1,54 ns	-1,26 ns	-0,34 ns	0,21 ns		
144x160	0,31 ns	1,76 ns	-2,23 ns	-0,11 ns	8,04 *	11,73 *	-2,28 ns	-1,37 ns	-0,29 ns	0,12 ns		
136x160	-3,26 ns	0,75 ns	-2,00 ns	-0,60 ns	-3,28 ns	2,65 ns	3,56 *	0,48 *	-0,45 ns	0,09 ns		

Los efectos de heterosis específica, para el carácter PSPF, presentaron valores positivos y significativos en los híbridos 308x142, 308x136, 129x144, 129x136 y 144x160, para el primer semestre, indicando que estos híbridos son propicios para incrementar el PSPF. Los valores negativos y significativos de los híbridos 308x129, 308x144 y 144x136, sugieren que sus promedios fueron inferiores al promedio esperado, con base en la media general, lo que permite deducir que no existe complementación genética entre sus progenitores, a pesar de que éstos tienen origen geográfico diferente.

Hubo diferencias significativas y positivas para el carácter PUS, en el primer semestre, para los híbridos 308x144, 142x144 y 136x160 y, para el segundo semestre, los mejores híbridos fueron el 142x160 y 136x160, lo que indica que se puede explorar la heterosis en estos híbridos, para aumentar el PUS.

Hubo diferencia significativa y positiva para el carácter NFP, en el primer semestre, para el híbrido 142x136 y, en el segundo, en los híbridos 129x142 y 142x160, lo que indicó que es posible incrementar el NFP, si se explora en estos híbridos.

Bajo las condiciones de estudio, las variables EEPP, porcentaje de EE, PSPF y PUS, presentaron efectos de heterosis promedio altamente significativos, en el segundo semestre de 2012, indicando que hubo divergencia genética entre progenitores.

Los mejores progenitores para los componentes de EEPP fueron las introducciones 142 y 160, teniendo en cuenta los efectos de heterosis varietal.

Los progenitores 308 y 142 presentaron efectos de heterosis varietal positivos, para el carácter EEPP, en el primer semestre y los progenitores 142 y 160, en el segundo. Para el porcentaje de EE, en el primer semestre, los progenitores sobresalientes fueron 308, 136 y 160 y, en el segundo, los progenitores 136 y 144. Para el PSPF, en el primer semestre, los progenitores sobresalientes fueron 308, 129 y 144 y, en el segundo, los progenitores 308, 129 y 160.

Para el carácter EEPP, los híbridos 308x142, 308x160 y 142x136, fueron superiores al promedio de sus progenitores, para el primer semestre; en el segundo, a pesar que se obtuvieron valores positivos, no fueron significativos. El híbrido 308x160, se destacó para el carácter EE, en el primer semestre y, en el segundo, los híbridos que se destacaron fueron 142x144 y 142x136.

De este estudio, se concluyó que, basado en la heterosis promedio, se evidenció que existe diversidad genética entre los progenitores y sus progenies en la especie *C. moschata*,

para los componentes asociados a la producción de extracto etéreo por planta EEPP.

Con base en los promedios y los efectos de heterosis varietal, los mejores progenitores para los componentes de EEPP son las introducciones 142 y 160 y con base en los promedios y los efectos de heterosis específica, los mejores híbridos para los componentes de EEPP son los cruzamientos 308 x 142, 308 x 160 y 142 x 136.

Agradecimientos: Los autores agradecen al programa Mejoramiento genético, agronomía y producción de semillas de hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira. **Conflicto de intereses:** El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses, que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

1. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official analytical chemists. 15 Ed. Arlington, Virginia, USA. Método número 920.39.
2. CEBALLOS, L.H. 1998. Genética Cuantitativa y Fitomejoramiento. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 524p.
3. ESCOBAR, G.D.V.; CURUTCHET, A.; ZIRBESEGGER, H.; MÁRQUEZ, R.R. 2012. Estudio de la composición fisicoquímica de harina de semillas de zapallo como ingrediente alimentario. Rev. Lab. Tecnológico Uruguay. 7:25-30.
4. ESPITIA, C.M.M.; VALLEJO, C.F.A.; ARAMENDIZ, H. 2006. Evaluación agronómica de siete híbridos experimentales F1 de zapallo (*Cucurbita moschata* Duch. EX POIR). Temas Agrarios. 11(1):32-42.
5. GARDNER, C.O.; EBERHART, S.A. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. Biometrics: 22:439-452.
6. HALLAUER, A.R.; MIRANDA, J.B. 1988. Quantitative Genetics in Maize-Breeding. Iowa State University Press, Ames (10). 468p.
7. IDOURAINE, A.; KOHLHEPP, E.A.; WEBER, C.W.; WARID, W.A.; MARTINEZ-TELLEZ, J.J. 1996. Nutrient constituents from eight lines of naked seed squash (*Cucurbita pepo* L.). J. Agr. Food Chem. 44:721-724.

8. MENDOZA, DE JESÚS V.; SAHAGÚN-CASTELLANOS, J.; RODRÍGUEZ-PÉREZ, J.E.; LEGARIA-SOLANO, J.P.; PEÑA-LOMELÍ, A.; PÉREZ-GRAJALES, M. 2010. Heterosis intervarietal en jitomate de crecimiento indeterminado tipo saladete. Rev. Chapingo Ser. Hortic, Chapingo, 16(1), Disponible desde Internet en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2010000100008&lng=es&nrm=iso (con acceso 09/01/2014).
9. ORTIZ, G.S.; PASOS, L.S.C.; RIVAS, A.X.C.; VALDÉS, R.M.P.; VALLEJO, C.F.A. 2009. Extracción y caracterización de aceite de semillas de zapallo. Acta Agronómica 58(3):145-151.
10. PERICIN, D.; KRIMER, V.; TRIVIC, S.; RADULOVIC, L. 2009. The distribution of phenolic acids in pumpkin's hull-less seed, skin, oil cake meal, dehulled kernel and hull. J. Food Chem. 113(2):450-456.
11. PESCHEL, W.; SANCHEZ-RABANEDA, F.; DIEKMANN, W.; PLESCHER, A.; GARTZIA, I.; JIMENEZ, D. 2006. An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. Food Chemistry. 97(1):137-150.
12. SAS Institute. 2000. SAS campus drive. Cary, NC.
13. SCHINAS, P.; KARAVALAKIS, G.; DAVARIS, C.; ANASTOPOULOS, G.; KARONIS, D.; ZANNIKOS, F.; STOURNAS, S.; LOIS, E. 2009. Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed oil as an alternative feedstock for the production of biodiesel in Greece. Biomass Bioenerg. 33(1):44-49.
14. SHAHIDI, F.; LIYANA-PATHIRANA, C.M.; WALL, D.S. 2006. Antioxidant activity of white and black sesame seeds and their hull fractions. Food Chemistry. 99(3):478-483.
15. VALDÉS, R.M.P.; ORTIZ, G.S.; BAENA, G.D.; VALLEJO, C.F.A. 2010. Evaluación de poblaciones de zapallo *Cucurbita moschata* Duch. por caracteres de importancia agroindustrial. Acta Agr. 59(1):91-96.
16. VALDÉS, R.M.P.; ORTIZ, G.S.; BAENA, G.D.; VALLEJO, C.F.A. 2013. Evaluación de siete poblaciones de zapallo para caracteres de importancia agroindustrial. En: Ortiz, G.S. (ed.) Zapallo para consumo en fresco y fines agroindustriales: investigación y desarrollo. Cali. Feriva. 250p.
17. VALLEJO, C.F.A.; ESPITIA, C.M.; ESTRADA, E.I.; RAMÍREZ H. 2010. Genética Vegetal. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Editorial Feriva S.A. Colombia. 383p.
18. VUORELA, S.; MEYER, A.S.; HEINONEN, M. 2003. Quantitative analysis of the main phenolics in rapeseed meal and oils processed differently using enzymatic hydrolysis and HPLC. European Food Res. Technol. 217(6):517-523.
19. WANG, J.; YU, X.; JIN, Z.; TIAN, Y.; SONG, H. 2007. Free radical and reactive oxygen species scavenging activities of peanut skins extracts. Food Chemistry. 104(1):242-250.

Recibido: Abril 6 de 2014

Aceptado: Agosto 13 de 2014

Como citar:

Valdés, M.P.; Ortiz, S.; Vallejo, F.A. 2014. Efectos heteróticos para el carácter extracto etéreo en la semilla de zapallo *Cucurbita moschata* Duch. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(2): 371-379.