

Ensayos regionales de evaluación de variedades de tártago (*Ricinus communis* L.) en cinco ambientes de siembra en Venezuela

Regional trials of castor bean (*Ricinus communis* L.) varieties in five environments in Venezuela

Elena MAZZANI ¹✉, Edilyng RODRÍGUEZ ¹, Carlos MARÍN R. ¹, Dilson GUTIÉRREZ ² y Frank ZAMORA ³

¹Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Apartado Postal. 4653. Maracay, 2105, estado Aragua, Venezuela; ²Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM). Avenida Josefa Camejo int. Avenida Manare. Quinta Santa Eduvigis, Santa Ana de Coro, estado Falcón, Venezuela y ³INIA-Falcón. Avenida Roosevelt Zona Institucional entre la Policía y el CICPC (antigua PTJ). Santa Ana de Coro
Email: emazzani@gmail.com ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 16/09/2013 Fin de arbitraje: 20/11/2013 Revisión recibida: 19/12/2013 Aceptado: 28/12/2013

RESUMEN

El tártago (*Ricinus communis* L.) es una oleaginosa industrial con óptimos beneficios sociales y ambientales. A pesar de su adaptabilidad, existe influencia ambiental en el comportamiento de cultivares, lo que llevó a establecer ensayos comparativos regionales, con el objetivo de seleccionar los cultivares de mejor adaptación a zonas específicas, basándose en su rendimiento en grano y aceite. Se probaron seis cultivares en cinco ambientes de los estados Aragua y Falcón (2008 a 2010). Cada localidad y año se consideraron como un ambiente. Los ensayos se sembraron en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, evaluándose la altura de planta a primera cosecha, longitud del racimo principal, peso de 100 frutos, peso de 100 semillas, número de frutos del racimo primario, peso de semilla del racimo primario y rendimientos en grano y aceite. El análisis de varianza combinado identificó la interacción cultivar x ambiente significativa, indicando comportamiento diferencial de los genotipos en los diferentes ambientes, lo que dificultó recomendar un cultivar específico, por lo cual se aplicó la media general, la media superior (%/Media) y el coeficiente de variación genético (CVg). El rendimiento promedio fue mayor en Maracay que en Falcón. El ambiente de Maracay (2009) fue el más favorable. Los rendimientos en grano y aceite mantuvieron la misma tendencia. El CVg para rendimiento mostró a 'Cola de Caballo' con la mayor variación y a Enano CIA con uniformidad entre ambientes. A pesar de la interacción genotipo x ambiente, algunos cultivares destacaron por rendimiento de grano y aceite en varios de los ambientes probados.

Palabras clave: *Ricinus communis* L., cultivares, interacción genotipo x ambiente, adaptación.

ABSTRACT

Castor bean (*Ricinus communis* L.) is an industrial oil crop with optimal social and environmental benefits. Despite its wide adaptability, environmental influences the performance of cultivars, which led to establish regional comparative tests to select cultivars better adapted to specific areas based on their performance in grain and oil. Six cultivars were tested in five environments of Falcón and Aragua states (2008-2010). Each location and year were considered as an environment. Trials were planted in a randomized complete block with four replications. Traits evaluated were plant height at first harvest, main raceme length, 100 fruits weight, 100 seeds weight, number of fruits of primary raceme, seed weight of primary raceme, grain yield and oil yield. The combined analysis showed significant cultivar x environment interaction indicating differential performance of genotypes in tested environments. This led difficult to recommend a specific cultivar and it was necessary to use the general mean, the superior mean (%/Mean) and the genetic variation coefficient (CVg). The mean yield was higher in Maracay than in Falcon. Maracay (2009) was found to be the most favorable environment. Grain and oil yields of cultivars follow the same tendency. The performance showed cultivar Cola de Caballo with the greatest variation and Enano CIA with the most uniform behavior among environments. Despite the significant genotype x environment interaction, some cultivars distinguished for grain and oil yield in several tested environments.

Key words: *Ricinus communis* L., cultivars, genotype x environment interaction, adaptation.

INTRODUCCIÓN

El tártago (*Ricinus communis* L.) pertenece a la familia *Euphorbiaceae*. Es una planta cultivada como oleaginosa de uso industrial, promisoría por sus

amplios beneficios sociales y ambientales. El aceite de su semilla, contenido entre 40 y 60%, es utilizado en más de 700 aplicaciones industriales, y también como fuente de energía, siendo importante para la

obtención de agrodiesel, combustible no fósil, que puede sustituir aquellos derivados del petróleo, mitigando los efectos negativos que estos últimos tienen sobre el calentamiento global y el medio ambiente (Mazzani, 2007).

El tártao, a pesar de ser una planta cultivada como anual, es perenne y crece en regiones tropicales, subtropicales, y templadas de clima benigno (Weiss, 1983; Brigham, 1993). Weiss (1983) señala que el cultivo del tártao tiene la ventaja de poder sembrarse comercialmente en una amplia diversidad de suelos, ambientes y climas, por lo que su cultivo se puede encontrar desde el nivel del mar hasta 2000 m.s.n.m.; y entre latitudes desde los 40° S hasta los 52° N.

En el año 2011 se sembraron a nivel mundial 1.923.597 ha para la producción de 2.767.548 t, siendo el principal productor India, con el 84,5% de la producción mundial, seguido de China y Brasil con 180.000 y 120.166 t, respectivamente (FAO, 2013).

Para hacer del tártao un cultivo competitivo, se hace necesario el uso de tecnologías apropiadas y el desarrollo de cultivares con características agronómicas deseables como baja altura de planta que facilite la cosecha, ciclo corto de madurez, indehiscencia; teniendo importancia también otras características como la resistencia a enfermedades. Todo esto combinado con una mayor productividad y buen contenido de aceite en el grano (Brigham, 1993).

Sin embargo, y a pesar de la amplia adaptabilidad de la especie, existe una gran influencia del ambiente en el comportamiento de los cultivares, así como en los componentes del rendimiento. En este sentido, la información arrojada por la interacción genotipo x ambiente, es de importancia para el mejoramiento de los cultivos y además proporciona información pormenorizada sobre el comportamiento de cada genotipo frente a variaciones ambientales (Casagrande *et al.*, 1999).

Al respecto, Brigham (1993) señala que la disponibilidad de agua y los niveles de nutrientes en el suelo puede causar una considerable variación en la altura de las plantas. Severino *et al.*, (2006) atribuyeron las diferencias observadas en diez genotipos de tártao sembrados en tres localidades de altitudes por debajo de los 300 m.s.n.m., a diferencias de disponibilidad de agua, además de otros factores como características de suelo y clima (temperatura, luminosidad, vientos) que diferían entre los lugares.

Verrisimo *et al.* (2008), sobre la base de la interacción genotipo x ambiente significativa, observaron amplia variación en el comportamiento de materiales de tártao en un municipio del estado de Santa Catarina en Brasil, lo que evidenció la posibilidad de la identificación de genotipos adaptados a diferentes condiciones ambientales. Los autores señalan que las recomendaciones de genotipos en la región no se pueden generalizar.

También, Casagrande *et al.* (2008) evaluando cultivares de tártao en Río Grande del Sur, encontraron un comportamiento bastante variable con relación a las localidades probadas, indicando que fueron especialmente afectados por condiciones edafoclimáticas de la región.

Por su parte, Koutroubas *et al.* (1999) señalan poca variación en el rendimiento en grano de cultivares de tártao, entre localidades y que la misma fue menor del 20% en la mayoría de los genotipos, indicando una adaptación satisfactoria en el área de estudio. Con respecto al contenido de aceite, estos autores señalan que a pesar que el mismo depende del genotipo, fue afectado por las condiciones ambientales, prácticas culturales y la época de cosecha. Negretti *et al.* (2011) señalan una productividad media del cultivo en 1100 kg.ha⁻¹.

En Venezuela, en los últimos años se ha incrementado el interés por el cultivo por su alta adaptación a diversas condiciones ambientales, por su rentabilidad para pequeños y medianos productores y especialmente por su resistencia a la sequía, lo que hace que pueda ser cultivado en tierras marginales que no compiten con tierras para la producción de alimentos, ni con la de cultivos oleaginosos comestibles, incorporando actividades viables en tierras actualmente no productivas (Mazzani, 2007).

Los beneficios del cultivo del tártao llevaron a la necesidad de evaluar materiales genéticos en diferentes ambientes a través del establecimiento de ensayos comparativos regionales, con el objetivo de seleccionar los cultivares de mejor adaptación a zonas específicas, basándose en su rendimiento en grano y aceite.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos para la evaluación de seis cultivares de tártao se sembraron en Maracay, Estado Aragua, durante los años 2008, 2009 y 2010, y Coro y Cuabana (península de Paraguaná), en el Estado Falcón, durante el año 2009. Cada localidad y año agrícola fueron considerados como un ambiente.

El clima de Maracay corresponde a bosque seco tropical (Ewel y Madriz, 1968), con una precipitación pluvial media anual de alrededor de 1000 mm y temperaturas medias mensuales de 24 - 26 °C. La siembra se realizó en el campo Experimental del CENIAP ubicado a 455 m.s.n.m, y a 10°17' LN y 67°37' LO en suelos de textura franco-arenosa. Coro está ubicada a 11°24' LN y 69°40' LO y posee una zona de vida bioclimática correspondiente al monte espinoso tropical (Ewel y Madriz, 1968), con clima semiárido, precipitaciones escasas con promedio anual entre 250 y 500 mm, isoterma entre 27 y 28 °C y una temperatura media anual que no baja de los 24 °C. Los suelos son erosionados por los constantes vientos alisios. Por su parte, Cuabana se encuentra a una latitud de 11°57' N y una longitud de 69°55' O, aproximadamente a 80 m.s.n.m., con precipitaciones de 400 mm anual, y temperaturas entre 26 y 35 °C. Los suelos son ricos en calcio, con abundante pedregosidad, franco-arenosos y arenosos.

Los ensayos se llevaron a cabo con las labores propias del cultivo, con riego suplementario por gravedad, excepto en Cuabana donde se aplicó riego por goteo. El cultivo se fertilizó con fórmula completa con unos 250 kg.ha⁻¹ de 12-24-12 y un reabono con 55 kg.ha⁻¹ de urea a los 30 días después de la germinación.

Los genotipos probados fueron los cultivares Sin Espinas y Enano CIA (cultivares mejorados del INIA-CENIAP), Cola de Caballo y Palomero (cultivares tradicionales de pequeños agricultores de Curarigua, estado Lara, Venezuela), Paraguazú (cultivar mejorado de Brasil) y Santa Rosa (germoplasma nativo del estado Bolívar, Venezuela).

Los ensayos se sembraron en diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Las parcelas tuvieron cinco hileras de 6 metros de largo, con una distancia de siembra entre hileras de 1,20 m y entre plantas de 0,60 m; lo que corresponde a una unidad experimental de 36 m².

Las observaciones se realizaron en plantas con competencia completa de las tres hileras centrales de la parcela de siembra.

Las variables evaluadas fueron altura de planta a la primera cosecha (APLICOS, promedio de 10 plantas), longitud del racimo principal (LRPPAL, medido a la primera cosecha en promedio de 10 plantas), peso de 100 frutos (P100F, g), peso de 100 semillas (P100S, g), número de frutos del racimo

primario (NF/R1, promedio de 10), peso de semilla del racimo primario (PS/R1, g, promedio de 10) y los rendimientos de grano total (REND, kg.ha⁻¹ de grano seco al 7% de humedad) y en aceite (RENDACE, kg.ha⁻¹ de grano seco al 7% de humedad).

Los resultados obtenidos se sometieron a análisis de varianza en conjunto de los ensayos correspondientes a cada ambiente de siembra (combinado), así como para cada ambiente en particular. El análisis combinado se realizó previo a haberse cumplido el supuesto de homogeneidad de varianza (Steel y Torrie, 1999). En los casos donde se encontraron diferencias significativas entre tratamientos se procedió a hacer pruebas de medias de Tukey ($p < 0,05$).

Si la interacción genotipo x ambiente resultara significativa, hecho que dificultaría la recomendación de un material para todos los ambientes estudiados, se tomarán en cuenta las medias por localidades y por genotipo, el coeficiente de variación genética (indicador del grado de variabilidad debido al genotipo y calculado como $\sqrt{(\sigma_g^2 \times 100) / \bar{X}}$, donde σ_g^2 es la varianza genética y \bar{X} es la media general) y el desempeño por material tomando en cuenta la media general y la media superior (porcentaje por encima de la media general). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa INFOSTAT, versión 2008.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis de varianza combinado de los cinco ambientes, la interacción ambiente x cultivar resultó altamente significativa para todas las variables (Cuadro 1), indicando que los cultivares presentaron un comportamiento diferencial en los ambientes probados, es decir hubo cambios en las diferencias entre medias de los genotipos en su desempeño en los diferentes ambientes de siembra. Koutroubas *et al.*, (1999), Casagrande *et al.*, (2008) y Verrisimo *et al.*, (2008) también encontraron significativa la interacción genotipo x localidad en ensayos comparativos de tártao.

A pesar de no ser relevantes para su discusión, cabe mencionar que se encontraron diferencias altamente significativas entre cultivares y entre ambientes de siembra para todas las variables en estudio, excepto para el peso de la semilla del racimo primario para el cual no se observó diferencias entre cultivares.

El cultivar de mayor rendimiento en grano fue Paraguazú con 2.006 kg.ha⁻¹ en promedio de todos los ambientes de siembra, seguido del cultivar Sin Espinas con 1.603 kg.ha⁻¹ (Cuadro 2), siendo 149,8 y 119,7%, respectivamente, superiores a la media general (1.339,1 kg.ha⁻¹) (Cuadro 3). Severino *et al.* (2006) reportaron rendimientos de 1.500 kg.ha⁻¹ como aceptables para el cultivo en el nordeste de Brasil, este rendimiento no fue alcanzado por ningún cultivar en la localidades de Falcón, el mismo fue superado o llegó a ser satisfactorio en los ambientes de Maracay (Cuadro 4).

Los genotipos que se mostraron alrededor de la media general del rendimiento fueron Cola de

Caballo (1.330,00 kg.ha⁻¹), Enano CIA (1.162,7 kg.ha⁻¹) y Palomero (1.145,2 kg.ha⁻¹) (Cuadro 3). El menor rendimiento correspondió al tipo nativo seleccionado de la colección de germoplasma (Local de Santa Rosa) con 787,8 kg.ha⁻¹; este genotipo no mejorado se comportó con rendimientos muy por debajo de los demás genotipos (variedades mejoradas y de las tradicionales de Lara), por cuanto no se recomienda en futuras siembras.

El rendimiento promedio en los ambientes sembrados en Maracay fue 3,2 veces mayor que el encontrado en las dos localidades de Falcón, esto pudo ser debido a que en estas últimas se acortó el ciclo del cultivo y sólo se realizó una sola cosecha, la

Cuadro 1. Análisis de varianza combinado para ocho variables evaluadas en seis cultivares de tártago (*Ricinus communis* L.) sembrados en cinco ambientes de los estados Aragua y Falcón, Venezuela. Años 2008-2010.

F.V.	gl	REND	RENDACE	APLICOS	LRPPAL	P100F	P100S	NF/R1	PS/R1
Ambiente	4	15106050,43**	29968,65**	59343,66**	4114,82**	7727,37**	916**	5091,47**	8706,38**
REP	3	35681,47	8763,42	1618,54	13,66	250,12	5,13	28,38	77,41
cultivar	5	3548647,26**	13802,65**	15010,14**	307,87**	84045,56**	3664**	3312,62**	102,89
Amb*cult	20	455755,06**	13430,59**	3516,16**	147,46**	1501,84**	205,34**	1082,74**	5979,75**
CV		16,98	17,81	18,88	12,45	10,17	10,39	20,67	155,65

F. V.: Fuente de variación; REP: Repetición y CV: Coeficiente de variación (%)

REND: Rendimiento de grano total (kg ha⁻¹) seco al 7 % de humedad; RENDACE: Rendimiento en aceite (kg ha⁻¹); APLICOS: Altura de planta a la primera cosecha; LRPPAL: longitud del racimo principal; P100F: peso de 100 frutos; P100S: peso de 100 semillas; NF/R1: número de frutos del racimo primario y PS/R1: peso de semilla del racimo primario.

Cuadro 2. Prueba de medias para seis cultivares de tártago (*Ricinus communis* L.) evaluados en ensayos sembrados en cinco ambientes de los estados Aragua y Falcón, Venezuela. Años 2008-2010.

Cultivar	REND	RENDACE	APLICOS	LRPPAL	P100F	P100S	NF/R1	PS/R1
Local de Santa Rosa	787,78 A	373,95 A	151,49 B	27,10 A	81,49 A	16,44 A	66,36 A	31,4 A
Palomero	1145,24 B	513,46 B	163,51 BC	35,90 CD	153 C	29,63 B	60,40 A	45,4 B
Enano CIA	1162,65 B	562,64 B	102,26 A	32,33 BC	148,2 C	31,25 B	59,50 A	50,5 B
Cola de caballo	1329,95 B	609,07 BC	149,87 B	37,52 D	181,6 D	34,85 C	57,68 A	53,2 B
Sin Espina	1603,07 C	710,52 C	157,69 B	36,27 D	131,9 B	30,76 B	90,62 B	65,4 C
Paraguazú	2005,98 D	966,41 D	185,30 C	31,22 B	275,9 E	57,91 D	56,91 A	81,8 D

Valores seguidos por la misma letra no fueron estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de medias de Tukey (p < 0,05).

REND: Rendimiento de grano total (kg ha⁻¹) seco al 7 % de humedad; RENDACE: Rendimiento en aceite (kg ha⁻¹); APLICOS: Altura de planta a la primera cosecha; LRPPAL: longitud del racimo principal; P100F: peso de 100 frutos; P100S: peso de 100 semillas; NF/R1: número de frutos del racimo primario y PS/R1: peso de semilla del racimo primario.

Cuadro 3. Medias de rendimiento en grano (kg.ha⁻¹) por cultivar y ambiente, coeficiente de variación genética y media superior de seis cultivares de tártago (*Ricinus communis* L.) sembrados en cinco ambientes de los estados Aragua y Falcón, Venezuela. Años 2008-2010.

Cultivar	Falcón Coro 09	Falcón Parag	Maracay 2008	Maracay 2009	Maracay 2010	X cultivar	CVg(%)	%/Media
Paraguazú	668,8	948,8	2.170,2	3.742,0	2.500,1	2.006,0	62,0	149,8
Sin Espina	489,6	651,7	1.822,2	2.644,1	2.407,6	1.603,1	61,8	119,7
Cola de caballo	810,2	294,0	1.394,2	2.587,2	1.564,2	1.330,0	64,9	99,3
Enano CIA	331,9	788,4	1.249,6	1.977,1	1.466,3	1.162,7	54,3	86,8
Palomero	566,9	589,3	921,9	2.133,2	1.515,0	1.145,2	58,7	85,5
Local de Santa Rosa	248,7	508,9	782,7	1.500,2	898,5	787,8	59,8	58,8
X Localidad	519,4	630,2	1.390,1	2.430,6	1.725,3	1.339,1	64,8	100,0

del racimo principal, debido probablemente al manejo usado en la zona en condiciones de secano (Acevedo *et al.*, 2010), o a las condiciones edafoclimáticas de la zona (Casagrande *et al.*, 2008). Por su parte, Koutroubas *et al.* (1999) determinaron que aumentos en rendimientos fueron principalmente el resultado de los altos rendimientos de los racimos secundarios; afirman que el rendimiento en grano fue mayor en los sitios donde las plantas produjeron y maduraron más racimos secundarios. El porcentaje del rendimiento que se produjo por el racimo primario fue afectado por las localidades y por los genotipos y también su interacción fue significativa.

El ensayo de Maracay sembrado en 2008 fue el que presentó los rendimientos promedios más bajos de esa localidad con 1.390 kg.ha⁻¹ (Cuadro 4).

El ambiente sembrado en Maracay año 2009 resultó el más favorable para el cultivo y fue donde se obtuvieron los más altos rendimientos (a tres cosechas) con promedio de 2.572 kg.ha⁻¹, observándose un buen potencial de rendimiento. El cultivar procedente de Brasil, Paraguazú, tuvo los más altos rendimientos con 3.742 kg.ha⁻¹.

El rendimiento promedio de los cultivares probados en el ensayo de Maracay del año 2010 fue de 1.750 kg.ha⁻¹ en grano total de las tres cosechas y

801 kg.ha⁻¹ de aceite (Cuadros 3 y 5). De nuevo el menor rendimiento fue para el cultivar Santa Rosa. En cuanto al rendimiento en aceite se mantiene la misma tendencia en los cultivares.

La localidad de Coro, estado Falcón resultó ser el ambiente más desfavorable, con un rendimiento promedio de los cultivares de 519 kg.ha⁻¹ (Cuadro 4). El rendimiento en aceite presentó un promedio de 248 kg.ha⁻¹ (Cuadro 5). Se logró solo una cosecha en todos los cultivares probados, con un máximo para el cultivar Cola de Caballo de 810 kg.ha⁻¹, cultivar adaptado al semiárido del estado Lara; similar a los cultivares Paraguazú, Palomero y Sin Espinas.

En Cuabana, Paraguaná, estado Falcón el cultivar Paraguazú, de nuevo presentó los más altos rendimientos en grano con 949 kg.ha⁻¹, seguido del cultivar Enano CIA con 788 kg.ha⁻¹. A estos cultivares le siguieron el Sin Espinas, Palomero y Local de Santa Rosa con 652, 589 y 509 kg ha.⁻¹, respectivamente. Por último, en esta localidad el cultivar Cola de Caballo del semiárido de Lara obtuvo los menores rendimientos con sólo 294 kg.ha⁻¹.

El coeficiente de variación genética (Cvg) con respecto al rendimiento de grano (Cuadro 3) varió entre 64,9 y 54,3%, siendo el cultivar Cola de Caballo el de mayor variación genética y el cultivar

Cuadro 4. Prueba de medias por ambientes de siembra del análisis combinado para ocho variables estudiadas en seis cultivares de tártago (*Ricinus communis* L.) sembrados en cinco ambientes de los estados Aragua y Falcón, Venezuela. Años 2008-2010.

Ambiente	REND	RENDACE	APLICOS	LRPPAL	P100F	P100S	NF/R1	PS/R1
Falcón Coro 09	519,35 A	247,94 A	105,41 A	19,01 A	144,77 A	24,76 A	48,28 A	37,40 A
Falcón Paraguaná	630,18 A	277,73 A	128,61 A	22,33 A	148,62 A	29,76 B	72,20 C	45,37 AB
Maracay 08 09	1390,14 B	668,57 B	113,63 A	32,35 B	172,68 BC	37,01 C	57,30 AB	52,22 B
Maracay	1725,28 C	801,74 C	204,57 B	44,91 C	156,23 AB	35,59 C	62,23 BC	51,00 B
Maracay 09	2430,61 D	1117,39 D	206,20 B	48,33 C	187,78 C	40,25 D	86,22 D	87,02 C

Valores seguidos por la misma letra no fueron estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$).

REND: Rendimiento de grano total (kg ha⁻¹) seco al 7 % de humedad; RENDACE: Rendimiento en aceite (kg ha⁻¹); APLICOS: Altura de planta a la primera cosecha; LRPPAL: longitud del racimo principal; P100F: peso de 100 frutos; P100S: peso de 100 semillas; NF/R1: número de frutos del racimo primario y PS/R1: peso de semilla del racimo primario.

Cuadro 5. Medias de rendimiento (kg ha⁻¹) en aceite por cultivar y ambiente, coeficiente de variación genética y media superior de seis cultivares de tártago (*Ricinus communis* L.) sembrados en cinco ambientes de los estados Aragua y Falcón, Venezuela. Años 2008-2010.

Cultivar	Falcón Coro 09	Falcón Parag	Maracay 2008	Maracay 2009	Maracay 2010	X cultivar	CVg(%)	%/Media
Paraguazú	335,1	396,0	1.062,3	1.851,0	1.187,6	966,4	64,7	155,2
Sin Espina	243,7	317,2	847,1	1.037,1	1.107,5	710,5	57,0	114,1
Cola de caballo	393,0	126,6	669,4	1.138,5	717,9	609,1	62,3	97,8
Enano CIA	155,1	346,6	609,7	1.004,2	697,6	562,6	58,2	90,4
Palomero	244,3	261,7	438,2	945,1	678,1	513,5	58,0	82,5
Local de Santa Rosa	116,6	218,4	384,7	728,4	421,7	373,9	62,5	60,1
X Localidad	247,9	277,7	668,6	1.117,4	801,7	622,7	65,4	38,4

Enano CIA el de menor variación genética, indicando que este último cultivar tuvo un comportamiento más homogéneo en cuanto a rendimiento en todas las localidades de siembra, es decir mostró más estabilidad en cuanto a rendimiento en comparación a los demás cultivares estudiados.

El rendimiento en aceite siguió la misma tendencia que los rendimientos en grano (Cuadro 2), siendo esto reportado también por Koutroubas *et al.* (1999) y Negretti *et al.* (2011) quienes indican que el tártago presenta una mayor productividad en aceite en función de una mayor productividad en granos.

Los promedios de los rendimientos en aceite de Falcón también resultaron mucho menores que los encontrados en Maracay. Los ensayos cosechados en Maracay presentaron diferencias significativas entre ellos, siendo el más favorable el de 2009 con un promedio de 1.117,4 kg.ha⁻¹ de aceite (Cuadro 4). Severino *et al.* (2006) no detectaron diferencias significativas entre las tres localidades de baja altura en cuanto al tenor de aceite, pero si entre genotipos.

El cultivar brasileño Paraguazú, también obtuvo los mayores rendimientos en aceite en todos los ambientes probados con 335,1 y 396,0 kg.ha⁻¹ de aceite en los ambientes de Falcón (Coro y Paraganá, respectivamente) y entre 1.062,3 y 1.851,0 kg.ha⁻¹ en los ambientes de Maracay, estado Aragua (Cuadro 2).

Los cultivares Paraguazú (procedente de Brasil) y Sin Espinas se mostraron con medias de rendimiento en aceite de 155 y 114% superiores a la media general, respectivamente (Cuadro 5). La prueba de media (Cuadro 2) muestra al cultivar Paraguazú con el más alto rendimiento promedio en aceite con 966,4 kg.ha⁻¹ con diferencias significativas de los demás genotipos. A este le sigue el cultivar Sin Espinas y Cola de Caballo con 710,5 y 609,1 kg.ha⁻¹ de aceite, respectivamente. 'Enano CIA' y 'Palomero' presentaron rendimientos en aceite similares con 562,64 y 513,46 kg.ha⁻¹, respectivamente.

El cultivar Cola de Caballo, adaptado al semiárido larense, presentó el rendimiento en aceite más alto en el ambiente de Coro, estado Falcón y el segundo en Maracay 2009, comportándose sobre la media general de rendimiento en aceite (Cuadro 5).

Con respecto al rendimiento en aceite (Cuadro 5), el cultivar Sin Espinas también obtuvo la menor variación genética, seguido de los cultivares Palomero y Enano CIA. El cultivar Paraguazú

presentó la variación genética de las más altas en cuanto a rendimiento en grano y en aceite, muy posiblemente por la diferencias en rendimiento entre los ambientes de Maracay con respecto a los de Falcón, sin embargo, se mostró como el de mayor adaptación en todos los ambientes estudiados, destacándose de los demás cultivares probados.

Con respecto a la altura de planta en las condiciones donde se sembraron los ensayos, 'Paraguazú' alcanzó una altura promedio superior a 185 cm a la primera cosecha, lo cual no es recomendable por cuanto se dificulta la cosecha, al mismo le siguió Palomero con 163 cm. Con diferencias estadísticamente significativas se encuentra un grupo de cultivares con alrededor de 150 cm. El genotipo Enano CIA fue el de menor altura a la primera cosecha con 102 cm, lo cual era esperado por presentar el carácter enano (dwarf) dado por un gen recesivo (Cuadro 2). Las localidades de Falcón y el ensayo sembrado en Maracay en el ciclo 2008-2009, fue donde se presentó la menor altura a cosecha con 105 a 128 cm, en los otros dos ambientes de Maracay los genotipos sobrepasaron los 200 cm de altura (Cuadro 4). Koutroubas *et al.* (1999) también reportaron variación en la altura de la planta entre localidades y años. Por su parte, Brigham (1993) señala que la variación en la altura de la planta de genotipos de tártago puede deberse a la disponibilidad hídrica y fertilidad de los suelos de siembra.

Los cultivares con los racimos de mayor longitud fueron Cola de Caballo, Sin Espinas y Palomero con una variación entre 36 y 37 cm de largo (Cuadro 2). Mazzani y Rodríguez (2009) encontraron una longitud de racimo de hasta 55,9 cm para el cultivar Sin Espinas evaluado en el banco de germoplasma.

El peso de 100 semillas varió entre 16 y 57 g, para los cultivares Local de Santa Rosa y Paraguazu, respectivamente (Cuadro 2). Mazzani y Rodríguez (2009) encontraron una variación en el peso de 100 semillas entre 15 y 67 g en genotipos de tártago de una colección de germoplasma, similar a la encontrada en este estudio, en contraposición con el peso de 100 semillas reportado por Mazzani (1983) en 19 introducciones de tártago, el cual osciló entre 19 y 91,8 g.

Koutroubas *et al.* (1999) no encontraron diferencias estadísticas entre las localidades pero señalaron que el peso de la semilla depende del genotipo, sin embargo, en esta investigación si se

encontró diferencias entre los ambientes de siembra, siendo nuevamente el más favorable el de Maracay 2009 (Cuadro 4).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A pesar de encontrar interacción genotipo x ambiente, existieron claras tendencias sobre el comportamiento favorable de algunos cultivares en los ambientes bajo estudio. En todas las siembras se destacó el cultivar Paraguazú (Brasil) con los más altos rendimientos en grano y aceite.

El cultivar Sin Espinas mostró altos rendimientos todos los años de siembra en la localidad de Maracay, así como uniformidad genética en todos los ambientes probados.

Los cultivares tradicionales del estado Lara, Cola de Caballo y Palomero, en general, se presentaron intermedios en cuanto a rendimiento. El cultivar Cola de Caballo mostró una mayor interacción genotipo x ambiente y 'Palomero' se presentó con baja variabilidad genética.

Para las variables evaluadas, el cultivar silvestre, Local de Santa Rosa, se descarta definitivamente para fines de siembras comerciales.

Se deben seguir evaluando materiales genéticos que se adapten a las condiciones de siembras comerciales del cultivo, a fin de aprovechar al máximo su potencial genético en cada región.

LITERATURA CITADA

Acevedo, M.; E. Reyes, W. Castrillo, O. Torres, C. Marín, R. Álvarez, O. Moreno y E. Torres. 2010. Estabilidad fenotípica de arroz de riego en Venezuela utilizando los modelos Lin-Binns y AMMI. *Agronomía Tropical* 60 (2): 131-138.

Brigham, R. D. 1993. Castor: Return of an old crop. *In*: J. Janick and J. E. Simon (eds.), *New crops*. Wiley, New York. p. 380-383.

Casagrande Junior, J. G.; S. D. A Silva, E. D. Eicholz, L. Migom, L. L. Radunz, C. Steckling e L. L. Moreira. 2008. Ensaio regional de avaliação de variedades de mamona no Rio Grande do Sul, 2007-08. *In*: Simpósio Estadual de Agroenergia, 2., Reunião Técnica de Anual de Agroenergia R.S. Anais eletrônicos. Pelotas: EMBRAPA, 2008. Disponible en: http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/agroenergia_2008/Agroener/trabalhos/mamona/Joao_Casagrande_jr.pdf. Consultado: 10 de junio de 2013.

Ewel, J. J. y A. Madriz. 1968. Zonas de Vida de Venezuela. Memorias Explicativas sobre el Mapa Ecológico. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ed. Caracas.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2013. Estadísticas de la FAO. *En*: http://faostat3.fao.org/home/index_es.html. Consultado: 11 de julio de 2013.

Koutroubas, S. D.; D. K. Papakosta and A. Doitsinis. 1999. Adaptation and yielding ability of castor plant (*Ricinus communis* L.) genotypes in a Mediterranean climate. *European Journal of Agronomy* 11 (3-4): 227-237.

Mazzani, B. 1983. Euforbiaceas. *En*: Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas. Caracas, Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. p. 277-360.

Mazzani, E. 2007. El tártago: la planta, su importancia y usos. CENIAP HOY N° 14. *En*: www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos Consultado: 14 de junio de 2013.

Mazzani, E. y E. Rodríguez. 2009. Estudio de la variabilidad presente en germoplasma de tártago (*Ricinus communis* L.) en cuanto a racimos, frutos y semillas. *Revista UDO Agrícola* 9 (4): 764-769.

Negretti, R. R.; M. A. Nohatto, T. Tamiozzo, E. L. Gasparotto, L. Marini e C. F. Toescher. 2011. Potencial produtivo e rendimento do óleo de um grupo de culturas oleaginosas em Uruguaiana – RS. *R. Bras. Agrociência, Pelotas* 17 (2-4): 256-260.

Severino L. S.; M. Milani, C. R. de A. Moraes, T. M. de S. Gondim e G. D. Cardoso. 2006. Avaliação da produtividade e teor de óleo de dez genótipos de mamoneira cultivados em altitude inferior a 300 metros. *Revista Ciência Agronômica* 37 (2): 188-194.

Steel, R. y J. Torrie. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. Segunda edición. Mc Graw Hill. 622 p.

Veríssimo, M. A. A.; S. D. dos A. Silva, A. F. Guidolin, D. Stähelin, P. P. P. Morais e J. G. Casagrande. 2008. Interação genótipo x ambiente, estabilidade e adaptabilidade de mamona, no município de Lages, SC. Simpósio Estadual de Agroenergia, 2. Reunião Técnica Anual de Agroenergia, Porto Alegre. Pelotas. Disponible en: http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/agroenergia_2008/Agroener/trabalhos/mamona/Mar_io_Verissimo_2.pdf. Consultado: 13 de julio de 2013.

Weiss, E. A. 1983. Castor. *Oilseed Crops*, Longman, London, United Kingdom. 660 p.