

Estudio de la variabilidad presente en germoplasma de tártago (*Ricinus communis* L.) en cuanto a racimos, frutos y semillas

Study of the variability for racemes, fruits and seeds in castor bean (*Ricinus communis* L.) germplasm

Elena MAZZANI  y Edilyng RODRÍGUEZ

Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Apartado Postal. 4653. Maracay, 2101, estado Aragua, Venezuela. Email: emazzani@gmail.com

 Autor para correspondencia

Recibido: 23/03/2009
Primera revisión recibida: 15/12/2009

Fin de primer arbitraje: 18/08/2009
Aceptado: 28/12/2009

RESUMEN

El tártago (*Ricinus communis* L.) es cultivado como oleaginosa de uso industrial y planta ornamental. Tanto en Venezuela como a nivel mundial se ha aumentado el interés por esta especie, por ser materia prima para la producción de biodiesel, combustible ecológico menos contaminante. La resistencia a la sequía es su característica más destacada, pudiendo ser sembrado en zonas áridas y semiáridas. En el presente trabajo se reporta la variabilidad encontrada en 13 accesiones de tártago sobre la base de caracteres cualitativos y cuantitativos: forma del racimo, compactación de los frutos, longitud del racimo primario, número de frutos/racimo, peso de semilla/racimo, número de semillas/racimo, dehiscencia y espinosidad de los frutos, peso de 100 frutos, color de frutos inmaduros, peso de 100 semillas, peso de semilla en 100 frutos, ancho, largo, relación ancho/largo de las semillas y contenido de aceite de las semillas. El análisis de componentes principales explicó el 87% de la variabilidad encontrada en los primeros tres componentes. La clasificación jerárquica ascendente mostró cuatro grupos bien definidos de accesiones determinadas principalmente por caracteres de peso y dimensión de frutos y semillas. En los genotipos estudiados también se encontró una importante variabilidad sobre la base de caracteres cualitativos de frutos y racimos. La colección incluye accesiones de frutos sin acúleos (espinas) y lisos, de espinosidad densa a rala, frutos indehiscentes y persistentes, racimos cónicos, cilíndricos y globosos, desde muy ralos hasta muy compactos, con y sin cera. Esta variación puede hacer del germoplasma estudiado un material base para su uso directo y potencial en programas de mejoramiento del cultivo.

Palabras clave: Ricino, higuera, tártago, colección de germoplasma, métodos multivariados, variación

ABSTRACT

Castor bean (*Ricinus communis* L.) is an oil crop cultivated for industrial use and as an ornamental plant. Lately, the interest for this species has increased for being a raw material for the production of biodiesel, an ecological less pollutant fuel. The resistance to drought is its outstanding characteristic, standing as an opportunity for agricultural development in arid and semiarid areas. In this study the variability of 13 accessions of castor bean is reported based on qualitative and quantitative traits: raceme (shape, compaction, length of primary, number of fruits per raceme, weight of seeds per raceme, number seed per raceme), capsules (dehiscence, spines, 100 weight, color of immature fruits) and seeds (weight of 100, weight in 100 fruits, width, length, width/long and oil content). Principal components analysis explained 87% of the variability with the three first components. Hierarchic classification showed four clusters of accessions, grouping materials based mainly on seeds and fruits dimensions and weight. Variability was also found based on qualitative traits of fruit and racemes. This collection includes accessions of spineless, smooth and indehiscent capsules with different degrees of dehiscence and drop of capsules, waxy or not. The variability found in the studied collection can provide the base material to be used in breeding programs of the species.

Key words: Castor bean, germplasm collection, multivariate analysis, variability

INTRODUCCIÓN

El tártago ó ricino (*Ricinus communis* L.) es una planta perteneciente a la familia de las Euforbiaceas, cultivada como oleaginosa de uso

industrial y planta ornamental. El aceite de ricino tiene una gran cantidad de aplicaciones industriales, incluyendo lubricantes, plásticos, jabones, líquidos hidráulicos y de frenos, pinturas, colorantes, barnices, tintas, plásticos resistentes al frío, ceras, nylon y en la

producción de fibra óptica, productos farmacéuticos y perfumes (Bhardwaj *et al.*, 1996).

Últimamente, tanto en el país como a nivel mundial ha aumentado el interés por esta especie, debido a las actuales políticas de conservación del ambiente, por ser materia prima para la producción de biodiesel, combustible ecológico que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, el cual permitirá reducir el consumo de combustibles fósiles, minimizando los efectos negativos al medio ambiente. El biodiesel puro es completamente biodegradable, no tóxico a las plantas, a los animales y a los seres humanos. Para su utilización no se requiere realizar transformaciones en los vehículos, ni cambiar la infraestructura de distribución de combustibles instalada actualmente, con el consecuente ahorro de inversión (Stachetti-Rodrigues *et al.*, 2007). El tártago tiene grandes posibilidades de producción en Venezuela por tener una amplia adaptación a diversas condiciones agroecológicas en el país. La característica más destacada del cultivo es la resistencia a la sequía, pudiendo ser sembrado en zonas áridas y semiáridas, marginales para otros cultivos, de manera tal que no compite con otras oleaginosas de uso comestible. El cultivo del tártago es importante para el desarrollo de zonas rurales por demandar mano de obra para las plantaciones, así como para el procesamiento de sus productos. El desarrollo del tártago puede originar una cadena de nuevos negocios, tecnologías y productos (Mazzani, 1983; Brigham, 1993; Stachetti-Rodrigues *et al.*, 2007).

Diversos estudios en germoplasma de tártago han reportado importante variabilidad en cuanto a diferentes aspectos de la planta (Bhardwaj *et al.*, 1996; Albuquerque y Villalobos, 1996). En ensayo comparativo de tres variedades y cuatro híbridos en Maracay, Venezuela se encontró contenidos de aceite entre 41,7 y 48,8 %, pesos de 100 semillas entre 14 y 37 g, desde 11,1 hasta 47,9 g de semilla por planta, rendimientos de 354 hasta 1668 kg ha⁻¹. En la misma localidad, el peso de 100 semillas en 19 introducciones de tártago osciló entre 19 y 91,8 g (Mazzani, 1983).

En 51 accesiones de la colección de ricino de los Estados Unidos se encontró variación en cuanto a altura de planta desde 64 a 242 cm, peso de 100 semillas de 10 a 44 g, contenido de aceite de 22% a 41% y rendimientos promedios desde 1000 a 2800 kg ha⁻¹ (Bhardwaj *et al.*, 1996). Por otra parte,

Albuquerque y Villalobos (1996) estudiando 9 accesiones encontraron diferencias significativas entre precocidad, altura de planta, peso de 1.000 semillas, rendimiento, espinosidad y dehiscencia de las cápsulas. Una alta variabilidad en el porcentaje de aceite de la semilla (39,6 hasta 59,5%) fue encontrada en 36 variedades, existiendo la posibilidad de seleccionar materiales promisorios en cuanto a esta característica (Da Silva *et al.*, 1984).

En Grecia, un estudio de adaptación de 19 cultivares modernos de tártago en dos localidades y tres años, mostró variación en altura de planta de 79 a 278 cm y de 44,5 a 54,2% en el contenido de aceite; esta última consistente con la variación encontrada en el rendimiento. Los autores señalan que ésta variación fue debida principalmente al genotipo mas que al ambiente (Koutroubas *et al.*, 1999). En el cultivo han sido creados índices de selección tomando en cuenta componentes de rendimiento, siendo éstos 54% más efectivos que la selección directa basada solo en rendimiento (Salih y Khidir, 1975).

Estudiando la variación en la semilla de 49 accesiones de una colección de tártago de Brasil, a través de análisis de componentes principales, se encontró una varianza acumulada de 96,54% en los primeros dos componentes principales, observándose que el largo de la semilla y el peso de 100 semillas fueron las características mas importantes, correlacionándose positiva y significativamente entre ellas (0,96) (Figueiredo-Neto *et al.*, 2004). Por otra parte, se han reportado correlaciones positivas y significativas entre rendimiento y el peso de 100 semillas y entre rendimiento y contenido de aceite (Salih y Khidir, 1975; Bhardwaj *et al.*, 1996). Otros autores señalan que para la selección de variantes altamente productivas de ricino se debe hacer énfasis en el número de racimos y peso de cápsulas; así como en la longitud de los racimos y peso de 100 semillas (Sarwar y Boota-Chaudhry, 2008).

En Venezuela se hace necesaria la creación de nuevos cultivares de altos rendimientos y con atributos necesarios para la producción de semilla comercial de tártago con altos contenidos de aceite; y para tal fin fue creada una colección de germoplasma en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas en Maracay, Venezuela como fuente de variabilidad a ser utilizada en un programa de mejoramiento genético del cultivo. Los tipos nativos de tártago encontrados a lo largo del territorio nacional podrían proveer un amplio espectro de genes útiles para el

mejoramiento del cultivo. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue describir la variabilidad de la colección de tártago sobre la base de caracteres de racimo, fruto y semilla de importancia agronómica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las trece accesiones de la colección de tártago incluidas en este estudio son procedentes de los Estados Aragua, Bolívar, Sucre, Lara y dos variedades mejoradas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)-Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Las poblaciones espontáneas se recolectaron a orilla de carretera, en patios caseros, riberas de ríos y a orilla de playa, entre altitudes que oscilaron entre los 0 y 430 metros sobre el nivel del mar.

La siembra del germoplasma fue realizada en Maracay, Estado Aragua, Venezuela, a 450 metros sobre el nivel del mar, a 10°17' LN y 67°37' LO, en suelos francos. La zona presenta una precipitación media anual de alrededor de 1000 mm y temperaturas medias mensuales de 24 - 26 ° C. De acuerdo a las zonas de vida de Venezuela el clima de la región corresponde a bosque seco tropical (Ewel y Madriz, 1968). La siembra de las accesiones fue realizada bajo condiciones de riego por gravedad, en parcelas de 16,66 m² de cada material, a distancias de 1,20 m entre hileras y 1,00 m entre plantas, a razón de tres semillas por punto. A los 15 días después de la emergencia se efectuó un raleo dejando una sola planta por punto.

El germoplasma fue evaluado sobre 10 plantas de cada material, y sobre la base de 11 caracteres cuantitativos y 5 cualitativos correspondientes a racimos, frutos y semillas, utilizando descriptores elaborados de acuerdo a las características de la especie, a saber:

- Infrutescencia o racimo:
 - Forma del racimo (globoso; cónico; cónico-cilíndrico; cilíndrico)
 - Compactación de los frutos en el racimo (1 = muy ralo, 2 = ralo; 3 = intermedio; 4 = compacto; 5 = muy compacto)
 - Longitud del racimo primario (Lrac1ro, promedio de 10, en cm)
 - Número de frutos/racimo (Nfr/rac)
 - Peso de semilla/racimo (Psem/rac, en g),
 - Número de semillas/racimo (Nsem/rac, promedio de 10)

- Frutos:
 - Dehiscencia
 - Espinosidad
 - Peso de 100 (P100fr, en g)
 - Color de frutos inmaduros
- Semillas:
 - Peso de 100 (P100sem, en g)
 - Peso en 100 frutos (PS100fr, en g)
 - Ancho (AS, promedio de 10, en cm)
 - Largo (LS, promedio de 10, en cm)
 - Relación largo/ancho de la semilla (L/A)
 - Contenido de aceite (% de aceite expresado en base seca, método Weende, AOAC, 1980).

Los caracteres cuantitativos fueron estudiados a través del análisis de componentes principales (ACP). La contribución de cada carácter en la explicación de la variabilidad de los individuos (variedades ó accesiones) fue determinada a través de los vectores propios derivados de la matriz de correlación entre los 11 caracteres. Los grupos de accesiones semejantes fueron determinados a través del análisis de clasificación jerárquica ascendente (CJA), utilizando como criterio la distancia euclidiana entre individuos y con cálculos basados en momentos de segundo orden (M2). Se realizó estadística descriptiva y se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre pares de caracteres cuantitativos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estadística descriptiva de los once caracteres cuantitativos es presentada en el Cuadro 1. Se encontró variabilidad en las 13 accesiones de la colección de germoplasma en cuanto a los caracteres estudiados. La variación mas importante fue encontrada para los caracteres relacionados a racimos (Psem/rac, Nsem/rac, Nfr/rac), peso de semilla en 100 frutos (Psem100fr) y peso de semillas (P100Sem). Estos caracteres de racimo han sido reportados por otros autores mostrando una correlación positiva y significativa con el rendimiento (Anjani *et al.*, 2002). El P100fr se correlacionó positiva y significativamente ($p \leq 0,01$) con el P100sem, con el largo y ancho de la semilla y el Psem100fr. También fueron encontradas correlaciones positivas y altamente significativas entre el Nfr/rac con el número de semilla/rac y Psem/rac; el P100sem con las dimensiones largo y ancho de semilla; el largo de la semilla con Psem100fr y el número de

semilla/racimo con el P100sem. Figueiredo-Neto *et al.* (2004) encontraron relaciones similares entre caracteres de semilla y el peso de 100 semillas. Por otra parte, también Sarwar y Boota-Chaudhry (2008) relacionaron caracteres de racimo y el peso de 100 semillas del tártago, indicando que los mismos pueden ser indicativos de alta productividad en la especie.

En este estudio fue observada poca variabilidad en cuanto al aceite de la semilla de las 13 accesiones, fluctuando entre 26,89 y 39,73%. Otros autores (da Silva *et al.*, 1984; Bhardwaj *et al.*, 1996) han reportado germoplasma con mayores variaciones (entre 22 y 59,5%) en el contenido de aceite. Las correlaciones significativas entre componentes de rendimiento y los contenidos de aceite de la semilla reportados por otros autores en la especie (Salih y Khidir, 1975; Bhardwaj *et al.*, 1996) no fueron encontradas en este estudio. Las accesiones que presentaron los mas altos contenidos de aceite correspondieron a uno de los cultivares tradicionales sembrados por los pequeños agricultores del Estado Lara (39,73 %), y a otras dos selecciones recolectadas en la misma zona (33,63% y 32,51%). Esto podría indicar que, con los años, los agricultores han hecho selección hacia los tipos con más contenidos de aceite y/o que el material original que dio origen a esta introducción tenía altos contenidos de aceite y/o que las condiciones ambientales favorecieron la síntesis de aceite de este material sobre los otros. La variedad 'Enano CIA' presentó el 32,51% de aceite.

Según el análisis de componentes principales (Cuadro 2) el primer componente explicó el 47% de la variabilidad, el segundo el 30% y el tercero 10%, lo cual acumulado representó el 87% de la variabilidad total. En el primer componente quedaron bien expresados los caracteres P100fr, P100sem, LS, AS y Psem100fr. Los caracteres de racimo (Lrac1ro, Nfr/rac Nsem/rac y Psem/rac) se correlacionaron bien con el segundo eje o componente. En el tercer componente quedaron expresados los caracteres L/A y % aceite.

Al 57 % de la distancia, la CJA mostró la formación de 4 grupos de individuos (Figura 1), los cuales se describen a continuación:

Grupo I: incluyó las accesiones 11, 9, 10 y 8; de semillas pequeñas (bajos valores de AS, LS), así

Cuadro 2. Autovalores y variabilidad explicada por los Componentes Principales de 11 caracteres de tártago (*Ricinus communis* L.) en Maracay, estado Aragua, Venezuela.

Lambda	Valor	Proporción	Proporción Acumulada
1	5,14	0,47	0,47
2	3,30	0,30	0,77
3	1,08	0,10	0,87
4	0,69	0,06	0,93
5	0,57	0,05	0,98
6	0,15	0,01	0,99

Cuadro 1. Estadística básica de los caracteres cuantitativos estudiados en la colección de germoplasma de tártago (*Ricinus communis* L.) en Maracay, estado Aragua, Venezuela.

Carácter	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mínimo	Máximo
Lrac1ro (cm)	36,9	9,74	26,40	22,14	55,9
PS100fr (g)	149,53	46,6	31,16	104,57	265,24
Nfr/rac	61,68	39,22	63,59	23,86	145,75
P100sem (g)	29,37	15,19	51,72	14,76	67,94
AS10 (cm)	0,86	0,20	23,26	0,63	1,24
LS 10 (cm)	1,35	0,24	17,78	1,07	1,94
L/A	1,14	0,51	44,74	0,56	1,75
Psem100fr (g)	87,48	45,13	51,59	44,27	203,84
Nsem/rac	178,98	114,29	63,86	71,57	416,1
Psem/rac (g)	54,31	43,08	79,32	10,02	162,43
% Aceite	31,47	3,29	10,45	26,89	39,73

Lrac1ro: Longitud del racimo primario, PS100fr: Peso en 100 frutos, Nfr/rac: Número de frutos/racimo, P100sem: Peso de 100 semillas, AS: Ancho de semilla, LS: Largo de semilla, L/A: Relación largo/ancho de la semilla, Psem100fr: Peso de semilla en 100 frutos, Nsem/rac: Número de semillas/racimo, Psem/rac: Peso de semilla/racimo y % Aceite: Contenido de aceite de la semilla.

como de bajos pesos de semillas (P100sem y PS100fr).

Grupo II: estuvo compuesto por las accesiones 13, 7, 6, 5 y 2 con las mayores relaciones L/A de la semilla (semillas alargadas), y de mayor tamaño (altos valores de AS, LS) y P100fr intermedios.

Grupo III: fue constituido solamente por la accesión 12 (variedad ‘Sin Espinas’). La misma es separada de las demás por las características de sus racimos, los cuales presentan altos valores de Lrac1ro, Nfr/rac, Psem/rac, g, NSem/rac y Psem/rac. Estas características se reportan con altas correlaciones con el rendimiento, lo que podría indicar esta accesión como promisoría (Anjani *et al.*, 2002; Figueiredo-Neto *et al.*, 2004)

Grupo IV: agrupó 3 accesiones correspondientes a cultivares locales de Curarigua, Estado Lara (4, 3 y 1), de altos P100fr y P100sem y semillas mas largas (mayor LS). Esta agrupación podría indicar una estrecha relación entre los cultivares sembrados por pequeños productores de esa localidad, que pudieran ser selecciones de un mismo material.

En los genotipos estudiados también se encontró una importante variabilidad sobre la base de

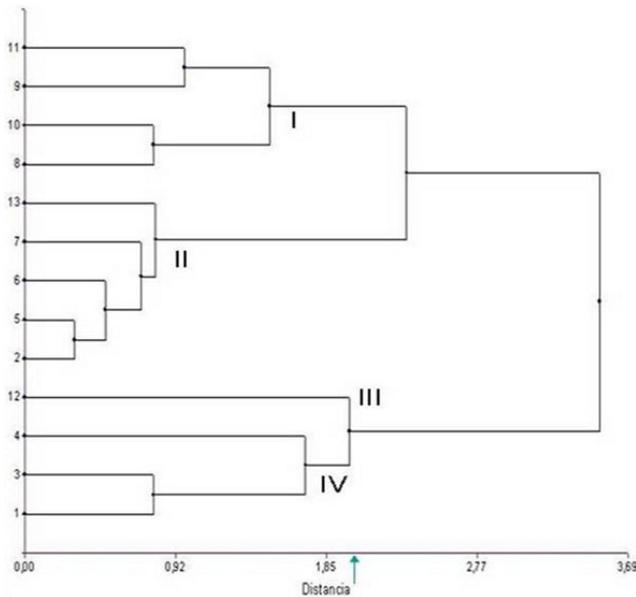


Figura 1. Clasificación jerárquica ascendente de 13 accesiones de la colección de tártago sobre la base de 11 caracteres de fruto y racimos de tártago (*Ricinus communis* L.) en Maracay, estado Aragua, Venezuela.

caracteres cualitativos de frutos y racimos.

La correlación cofenética del CJA presentó un valor de 0,984 indicando que la reducción de la dimensionalidad no produjo pérdida de información, siendo confiables los resultados obtenidos.

De acuerdo a la densidad de los frutos en los racimos, generalmente en los programas de mejoramiento del cultivo son preferidos los racimos ralos, ya que los mismos evitan daños por insectos perforadores del fruto, como pudriciones del racimo causadas por hongos como *Botrytis* (Anjani *et al.*, 2002). En la colección bajo estudio el 10% de los materiales poseen racimos muy ralos, el 30% presentan racimos ralos, 40% compactación intermedia y el 20% tienen racimos compactos. En cuanto a la forma del racimo, la colección presenta en su mayoría accesiones con racimos de forma cónica (62%), seguido por aquellas con racimos de forma globosa (15%) y cilíndrica (15%), y solo una accesión presenta una forma cónica intermedia (8%).

La indehiscencia de las cápsulas es una característica de importancia agronómica para evitar las pérdidas de semillas que ocurren por la apertura de las cápsulas, lo cual repercute significativamente en los rendimientos finales del cultivo. En la colección analizada los únicos materiales no dehiscentes correspondieron a los cultivares producto del mejoramiento genético (‘Enano’ y ‘Sin espinas’). El resto, incluyendo los cultivares de pequeños agricultores del Estado Lara, presentaron marcada dehiscencia indicando que en la región los agricultores no han hecho selección en cuanto a esta característica, posiblemente por no contar con equipos adecuados para la trilla. La dehiscencia es común en materiales silvestres ya que contribuye a una fácil dispersión de la semilla para la sobrevivencia de la especie (Anjani *et al.*, 2002). Además de la apertura de las cápsulas, la caducidad o desprendimiento de los frutos del racimo es otro carácter de importancia que influye en el rendimiento por ocasionar importantes pérdidas de semilla. En los materiales estudiados la mayor caducidad fue encontrada en una selección de los agricultores de Lara, con hasta el 65% de frutos caídos.

Una notable variación fue encontrada para el color de los frutos inmaduros encontrándose accesiones de frutos morados, verde grisáceo, verde azulado; reportada como típica de la especie (Albuquerque y Villalobos, 1996; Anjani *et al.*,

2002), con y sin cera. Solo 2 de los trece genotipos presentan cera (15,4%) el resto sin cera.

La colección incluye accesiones de frutos sin acúleos (espinas) y lisos (Var. Sin Espinas), de espinosidad densa a rara, frutos indehiscentes (variedades 'Sin espinas' y 'Enano CIA') y con distintos grados de dehiscencia y caducidad de frutos (Albuquerque y Villalobos, 1996.). Racimos de forma cónica, cilíndrica-cónica, globosa, con diferentes grados de compactación de los frutos en el racimo (desde muy ralos hasta muy compactos). Se ha encontrado una amplia variación morfológica en colecciones de germoplasma de esta especie (Albuquerque y Villalobos, 1996; Anjani *et al.*, 2002; Bhardwaj *et al.*, 1996).

Solo dos materiales de la colección (procedentes del estado Lara) mostraron variación dentro de la misma accesión, principalmente en cuanto a caracteres morfológicos de racimo (forma y compactación). Las demás accesiones, incluyendo las asilvestradas, mostraron alta uniformidad, pudiendo indicar aislamiento entre poblaciones en los sitios de colecta y abundancia de polen de la misma planta cerca de las flores femeninas evitando polinización cruzada (Anjani *et al.*, 2002).

CONCLUSIONES

En la colección de germoplasma de tártago sujeta a estudio fue encontrada variabilidad sobre la base de los caracteres cuantitativos estudiados de importancia, como componentes de rendimiento. Los caracteres morfológicos cualitativos de frutos y racimos también mostraron una importante diferenciación en los genotipos estudiados. La variación encontrada en la colección de tártago puede hacer del germoplasma estudiado un material base para su aprovechamiento directo y potencial en programas de mejoramiento del cultivo.

LITERATURA CITADA

Albuquerque, N. y M. J. Villalobos. 1996. Estudio de la variación en plantas de una colección de ricino. *Grasas y Aceites* 47(4): 237-241.

Anjani, K.; P. A. Vardhana-Reddy and S. Manikyam. 2002. Collecting castor (*Ricinus communis* L.) landraces from Tamil Nadu, India. *Plant Genetic Resources Newsletter* 132: 60-62.

Bhardwaj, H.L.; A.I. Mohamed; C.L. Webber and G.R. Lovell. 1996. Evaluation of castor germplasm for agronomic and oil characteristics. p. 342-346. *In* J. Janick (ed.), *Progress in new crops*. ASHS Press, VA. USA.

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

da Silva, R.; L. C. J. S. Tango; A. Savi and N. R. Leal. 1984. Variability for oil and fatty acid composition in castorbean varieties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. (Online) 61 (12): 1841-1843.

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.

Figueiredo-Neto, A.; F. de Assis; C. Almeida; J. P.G. de Gouveia; M. B. M. Nóbrega; R. M. Carneiro e J. P. Pedroza. 2004. Divergência genética em acessos de mamona (*Ricinus communis* L.) baseada nas características das sementes. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 4 (2): 15-20.

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. Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas. Caracas, Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. p. 277-360.

Salih, S.H. and M. O. Khidir. 1975. Correlations, path analyses and selection indices for castorbean (*Ricinus communis* L.). *Experimental Agriculture* 11:145-154.

Sarwar, G. and M. Boota-Chaudhry. 2008. Evaluation of castor (*Ricinus communis* L.) induced mutants for possible selection in the improvement of seed yield. *Span. J. Agric. Res.* 6 (4): 629-634.

Stachetti-Rodrigues, G.; I. Aparecida-Rodrigues; C.C. de Almeida-Buschinelli; M. A. Viera-Ligo; A. M. Moreno-Pires; R. T. S. Frighetto and L. J. M. Irias. 2007. Socio-environmental impact of biodiesel production in Brazil *J. Technol. Manag. Innov.* 2 (2): 46-66.