

Descriptorios botánicos para caracterizar germoplasmas de *Ricinus communis* de diferentes zonas de Costa Rica

Botanical descriptors for *Ricinus communis* germplasm characterization obtained from different Costa Rica's regions

Paola Solera-Steller¹, Ileana Moreira-González²,
Jesús Hernández-López³

Fecha de recepción: 29 de mayo del 2014
Fecha de aprobación: 16 de agosto del 2014

Solera-Steller, P; Moreira-González, I; Hernández-López, J.
Descriptorios botánicos para caracterizar germoplasmas de *Ricinus communis* de diferentes zonas de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 28, N° 1, Enero-Marzo. Pág 37-46.

- 1 Escuela de Biología, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Bióloga, docente e investigadora con maestría en Biotecnología. Teléfono: (506)2550-9028. Correo electrónico: psolera@itcr.ac.cr.
- 2 Escuela de Biología, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Bióloga, docente e investigadora con maestría en Ecología. Teléfono: (506)2550-9028. Correo electrónico: imoreira@itcr.ac.cr
- 3 Ministerio de Agricultura y Ganadería Convenio MAG UCR Programa de Bioenergía. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Teléfono: (506)2433-9086. Correo electrónico: jesus_hernandez_lopez@yahoo.com

Palabras clave

Ricinus communis; descriptores; germoplasma; semillas; frutos; hojas; racimo; análisis de componentes principales; clasificación jerárquica ascendente.

Resumen

La higuierilla o ricino (*Ricinus communis*) es una planta oleaginosa utilizada en diferentes industrias debido a la alta calidad de sus aceites. Ante la problemática sobre el uso de los combustibles fósiles y la creciente necesidad de buscar fuentes alternativas de energía, el ricino muestra un alto potencial como materia prima para la producción de biodiésel. Países como Brasil, Ecuador, Venezuela, Colombia y México han realizado investigaciones dirigidas a mejorar variedades de esta especie que muestren niveles óptimos de producción y manejo para su industrialización. El presente estudio tiene como objetivo evaluar y seleccionar los descriptores botánicos y morfológicos adecuados para la caracterización del germoplasma de *Ricinus communis* proveniente de varias poblaciones de Costa Rica. Para esto se realizó un análisis de Estadística Descriptiva, un Análisis de Componentes Principales (ACP) y una Clasificación Jerárquica Ascendente (CJA) de 28 caracteres morfológicos (vegetativos y reproductivos) de 50 accesiones de higuierilla recolectada en nueve zonas de vida del país.

Los resultados mostraron valores significativos para la longitud del racimo y el número de frutos por racimo, la razón largo/ancho del fruto, peso del fruto, la razón del largo/ancho de la semilla y el peso de la semilla, con correlaciones superiores a un 45%. Sin embargo, el ACP mostró que existe una alta variabilidad entre los datos, algo muy común entre individuos silvestres, debido principalmente a su forma de dispersión y a la gran cantidad de zonas de vida muestreadas. Para la CJA, se pudieron observar tres grupos ordenados principalmente por las correlaciones entre el tamaño del racimo y el número de frutos, la razón largo/ancho y el peso del fruto y la razón largo/ancho y peso de la semilla, los cuales pueden usarse como indicadores para la caracterización morfológica de la higuierilla proveniente de todo el país.

Keywords

Ricinus communis; descriptors; germplasm; seeds; fruits; leaves; cluste; principal component analysis; hierarchical ascending classification.

Abstract

Castor's oil (*Ricinus communis*) is an oilseed plant. It's used in various industries due to the high quality of its oil. Faced with the problem of the use of fossil fuels and growing needs to find alternative energy sources, castor's oil shows high potential as a feedstock for biodiesel production. Countries like Brazil, Ecuador, Venezuela, Colombia and Mexico have been improving varieties of this specie presenting optimal levels of production and management research for industrialization. The major goal of this study was the evaluation and selection of botanical and morphological descriptors appropriated for germplasm characterization of *Ricinus communis* obtained from different country locations. Descriptive statistics analysis were performed including Principal Component Analysis (PCA) and Hierarchical Ascendant Classification (CJA) analysis of 28 morphological characters (vegetative and reproductive) from 50 accessions of castor's oil samples collected from nine Costa Rica' life zones. The results showed significant statistics values for length of cluster and number of fruits per cluster, length/width ratio fruit, weight fruit, length/width ratio seed and weight seed, all these with higher correlations values (>45%).

However, PCA showed high variability data, which is frequent among wild individuals; mainly due to their seed's dispersion mechanisms and the diversity of the different collected areas. CJA showed three main groups ordered by correlations between size and number of fruits, length/width ratio fruit, fruit weight, length/width ratio seed and seed weight, all these variables can be used as indicators for the castor oil morphological characterization for this country.

Introducción

Según un informe publicado por Earth System Science Data, para el año 2013 se produjo un aumento en las emisiones de CO₂ a un 2,1%, lo que implica un 61% por encima de los niveles de 1990, año de referencia del Protocolo de Kyoto. Estos resultados, que sugieren un aumento de los efectos decisivos del calentamiento global en el planeta y las actividades humanas, aunados a las consecuencias económicas y sociales que implica la reducción de las reservas probadas de petróleo, fortalecen las decisiones políticas en pro de investigaciones que buscan aumentar el uso y producción de energías alternativas renovables.

Además del aprovechamiento de la energía eléctrica, transformada a partir de la fuerza del viento, el agua o generada por la actividad solar, el uso de biomasa se perfila como una de las fuentes con mayor potencial para suplir las necesidades energéticas mundiales (Silva y Guimaraes, 2006).

Entre las fuentes alternativas de biomasa se cuenta con especies como colza, maní, maíz, palma africana y jatrofa. En Alemania, España, Brasil, Argentina, Colombia, Estados Unidos, India y Malasia existen experiencias con estos cultivos, siendo Alemania el país con mayor producción de biocombustibles del mundo y Estados Unidos el que más produce en América (Elbehri, Segerstedt y Liu, 2013).

Según datos de Johnson y colaboradores (2009), la higuera es una planta oleaginosa con uno de los más altos contenidos de conversión de aceite en biodiésel, casi duplicando el obtenido para la soja (ver cuadro 1.)

Cuadro 1. Conversión de aceite a biodiésel de cada cultivo o materia prima. Fuente: Johnston et al., 2009.

Cultivo	Conversión a biodiésel (l/ton)
Sésamo	440
Girasol	418
Ricino	393
Colza	392
Mostaza	370
Maní	309
Aceite de palma	223
Soja	183
Cocotero	130
Algodón	103

La higuierilla (*Ricinus communis* L) es un arbusto de la familia de las euforbiáceas que cumple las altas expectativas de la industria de los biocombustibles, ya que sus semillas presentan una alta concentración de aceites, del orden de hasta el 55%, una alta densidad, conservan su viscosidad a diferentes temperaturas, su congelamiento ocurre después de -10 °C (Ramírez, 2006) y tienen la capacidad de desarrollarse en ambientes áridos y semiáridos de zonas marginales (Mazzini y Rodríguez, 2009). Además, esta especie no atenta contra la base alimentaria de los pueblos, como es el caso de otros cultivos oleaginosos como el maíz (Botega et al., 2011).

Sin embargo, el uso de la higuierilla no se limita a su valor como biocombustible. *R. communis* ha sido cultivada por diferentes civilizaciones en zonas tropicales y templadas. Su centro de origen es Etiopía, debido a la gran diversidad de especies presentes en ese país (Severino et al., 2012). Entre sus usos industriales, los aceites de las semillas han sido aprovechados en la preparación de lubricantes, pinturas, aislantes eléctricos, líquidos para frenos, cosméticos, plásticos, barnices, tintas, ceras, nylon y en la producción de fibra óptica, productos farmacéuticos y perfumes. Todos estos usos se deben la composición lipídica del aceite de higuierilla, que presenta una mezcla de aceites neutros, lípidos polares, cerca de un 85%, ácidos grasos, esteroides y triacilglicéridos y aceites polinsaturados (Yuldasheva, Ulchenko y Glushenkova, 2002). Además, los residuos del proceso de extracción de aceites pueden introducirse en otros sistemas de producción, por ejemplo, en la industria agrícola como fertilizantes de suelos o como alimento para animales, gracias a su alto contenido de nitrógeno (Botega et al., 2011).

Para Costa Rica, un país en vías de desarrollo del trópico húmedo, se vuelve un desafío la generación de procesos productivos sostenibles que hagan uso de la diversidad de los recursos locales para producir fuentes de energía alternativa y desarrollar nuevas industrias. La higuierilla puede originar una cadena de negocios, tecnologías y productos con un alto potencial social, económico y ambiental (Mazzini y Rodríguez, 2009), que logren solventar una eventual crisis energética. La alta adaptación de la especie a sitios intervenidos, su resistencia a la sequía, un periodo de producción de 4-5 meses, la posibilidad de rotarla en conjunto con cultivos como frijol, linaza, maní o algodón y la calidad de los aceites son factores de gran interés para el desarrollo económico de este cultivo (Mazzini y Rodríguez, 2009; Sankpal y Naikwade, 2013).

De manera que resulta relevante recolectar, categorizar y conservar el germoplasma silvestre de *R. communis* presente en el país, con miras al mejoramiento de nuevos cultivares con potencial económico en cuanto a crecimiento, manejo y productividad.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar y seleccionar los descriptores botánicos y morfológicos para la caracterización del germoplasma de *R. communis* proveniente de diferentes regiones del país.

Materiales y métodos

Se recolectaron 50 accesiones de diferentes áreas del país, que incluyen ocho zonas de vida: bosque seco, bosque húmedo, bosque húmedo montano, bosque muy húmedo premontano, bosque muy húmedo montano bajo, bosque pluvial premontano y bosque premontano húmedo. Los individuos muestreados se encontraban solitarios o en poblaciones establecidas de forma espontánea a la orilla de carreteras, en patios, riberas de ríos o espacios abiertos entre 0 y 1400 msnm.

Las plantas fueron georreferenciadas y se evaluaron algunas de sus características en el campo; otras se analizaron en los laboratorios de la Escuela de Biología del Instituto Tecnológico de Costa Rica (cuadro 2).

Cuadro 2. Descriptores botánicos propuestos para la caracterización de *Ricinus communis*.

Descriptores propuestos	Tipo de característica	
	Cuantitativa	Cualitativa
Rendimiento		
Características botánicas		
Caracteres vegetativos		
Razón altura/grosor	X	
Razón ancho/largo de la hoja	X	
Forma de la hoja		X
Color de la hoja		X
Largo del peciolo	X	
Color del peciolo	X	
Presencia de pubescencia		X
Color de tricomas		X
Tamaño de glándulas	X	
Color de glándulas		X
Infrutescencia		
Inicio de floración	X	
Número de racimos por rama	X	
Número de frutos por racimo	X	
Longitud del racimo primario	X	
Forma del racimo	X	
Compactación de los frutos en el racimo	X	
Periodo de fructificación		X
Fruto		
Dehiscencia		X
Número de lóbulos	X	
Espinoidad		X
Color del fruto		X
Peso 100fr/g	X	
Peso del fruto	X	
Razón longitud de frutos/anchura de frutos	X	
Semillas		
Número de semillas por fruto	X	
Peso de la semilla	X	
Peso de 100 (P100sem, en g).	X	
Razón longitud de semilla/anchura de semilla	X	

El establecimiento de un banco de germoplasma del material recolectado se inició en la Estación Experimental Fabio Baudrit, de la Universidad de Costa Rica, en La Garita de Alajuela. La introducción se realizó por semilla directa, con una densidad de siembra de un metro por un metro. Se introdujeron inicialmente seis individuos por 100 accesiones muestreadas. Sin embargo, es necesario mejorar el sistema de siembra debido al impacto que tiene el nuevo ambiente sobre muchas de las plántulas en crecimiento y, posiblemente, sobre la calidad de la semilla.

El estudio de los caracteres se hizo con un Análisis de Componentes Principales (ACP) mediante la correlación de Pearson, en el cual cada uno de los 28 caracteres generaría un aporte para la determinación de la variabilidad presente entre los individuos evaluados. Sin embargo, algunos de ellos se mantuvieron constantes durante la investigación y al no generar una contribución se eliminaron, como es el caso del color de la hoja y el número de lóculos. También se eliminó el inicio de la floración, porque solo se hizo un muestreo por área.

Las accesiones también se evaluaron con el análisis de Clasificación Jerárquica Ascendente (CJA), para determinar la similitud entre ellas. Por último, se realizó una estadística descriptiva utilizando el Programa Estadístico XLSTAT (on line).

Resultados

Los resultados obtenidos mostraron una mayor variación tanto en los caracteres vegetativos como en los reproductivos. Para los primeros, las variables más significativa fueron la razón entre largo/ancho de la hoja y el largo del peciolo. Para los caracteres sexuales, las variables fueron el número de frutos por racimo, la longitud del racimo, la razón largo/ancho de fruto, peso del fruto y peso de 100 frutos, la razón ancho/largo de la semilla y el peso de una semilla. La correlaciones de los valores cuantitativos que indican significancia estadística ($p \leq 0,01$) fueron primordialmente positivas, con valores superiores a 65%. Para los caracteres vegetativos, la razón largo/ancho de la hoja y largo del peciolo mostró una correlación positiva perfecta. De las variables reproductivas y con el mismo grado de significancia, se observaron relaciones correlaciones positivas superiores a 45% para las variables número de frutos por racimo y longitud del racimo. Para las observaciones sobre el fruto, las correlaciones para la razón largo/ancho del fruto, el peso por fruto y el peso de 100 frutos, dieron valores interesantes; siendo la alta la correlación para el peso de un fruto (69%). En el caso de la semilla, la correlación fue más fuerte entre la razón del ancho/largo de la semilla por el peso unitario de la semilla, en el orden del 71%, pero ésta indicó un relación negativa. Las relaciones entre el sitio de muestreo y las variables evaluadas indicaron una correlación solo menor al 40%.

Mediante el ACP (ver cuadro 3) se observa que el primer componente (la razón del largo/ancho de la semilla) explica el 15,04% de la variabilidad, el segundo el 11,4% (el peso de la semilla) y el tercero el 9,49% (la longitud del racimo); lo cual, acumulado, representó el 36,4%. El valor del 80% indica la incidencia de hasta 10 variables que influyen en la variabilidad total.

Cuadro 3. Valores y variabilidad explicada por los componentes principales de 28 caracteres de plantas de higuierilla (*Ricinus communis* L.) de diferentes zonas de Costa Rica.

	Valor propio	Variabilidad (%)	% acumulado
1	3,152	15,007	15,007
2	2,403	11,445	26,453
3	2,016	9,602	36,054
4	1,904	9,067	45,121
5	1,562	7,438	52,559
6	1,421	6,766	59,325
7	1,292	6,153	65,478
8	1,189	5,662	71,139
9	1,124	5,352	76,491
10	0,845	4,024	80,515
11	0,767	3,651	84,167
12	0,705	3,355	87,521
13	0,578	2,752	90,274
14	0,476	2,265	92,538
15	0,422	2,010	94,548
16	0,349	1,663	96,211
17	0,304	1,447	97,657
18	0,219	1,045	98,702
19	0,163	0,775	99,478
20	0,110	0,522	100,000

El análisis de CJA indica una distancia del 54%, que marca una clara tendencia de los datos de establecer tres grupos. (figura 1) Las características ecológicas de las zonas de muestreadas, las características vegetativas y reproductivas con mayor incidencia sobre los grupos y los individuos de cada grupo se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4. Caracterización de los tres grupos establecidos por la CJA, para los valores muestrados en 50 accesiones de *R. communis* silvestre de Costa Rica

Grupo	Ambiente	Características vegetativas y reproductivas	Individuos
C1	Zonas altas con mayor humedad relativa y suelos fértiles (bosque premontano, bosque premontano bajo, bosque muy húmedo premontano, bosque pluvial premontano)	<ul style="list-style-type: none"> - Racimos cortos (29,35 cm) con 32,85 frutos - Frutos de mayor relación largo/ancho (1,15) con peso de promedio de 1,5 g - Semillas de mayor peso (0,37 g) y menor relación de altura/ancho (1,21) 	1; 4; 7; 12; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 27; 29; 31; 36; 39; 41; 42; 43; 44; 45; 46; 47; 48; 49
C2	Zonas bajas o altas pero con humedad constante (bosque tropical y premontano húmedo montano bajo)	<ul style="list-style-type: none"> - Racimos más largos (34,35 cm) con más frutos (38,5 unidades) - Frutos con una relación largo/ancho (1,18), no significativa y con peso promedio de 1,16 g - Semillas de mayor peso (0,282 g) y menor relación de altura/ancho (1,33) 	2; 14; 15; 16; 28; 33; 34; 37; 38; 40
C3	Bosques de poca altura o bosque seco	<ul style="list-style-type: none"> - Racimos cortos (29,81 cm) con menos frutos (27,39 unidades) - Frutos con menor peso (0,99 g) y una mayor razón largo/ancho (1,19), no significativa - Semilla con un peso menor (0,14) y una mayor relación largo/ancho (1,60) 	3; 5; 6; 8; 9; 10; 11; 13; 17; 23; 30; 32; 35

Factores de alta importancia agronómica, como la dehiscencia del fruto, no mostraron valores de correlación o significancia estadística, ya que en su mayoría los frutos de las plantas recolectadas presentaron baja dehiscencia.

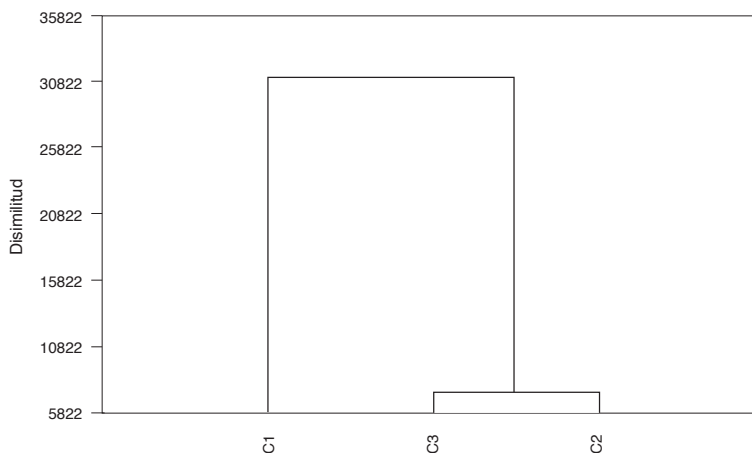


Figura 1. Clasificación jerárquica ascendente de 50 accesiones de la recolección de higuierilla (*Ricinus communis* L.) nativa de varias zonas de Costa Rica, para 26 caracteres vegetativos y reproductivos. Programa Estadístico XLSTAT (<http://www.xlstat.com/e>).

Otros caracteres cualitativos, como la densidad de los frutos en el racimo, la forma del racimo, la presencia de espinas del fruto, la serosidad y la presencia de tricomas, presentaron también una alta variabilidad entre las accesiones recolectadas y arrojaron valores de correlación menores a 40%.

Discusión

Los resultados indican una gran variabilidad para la mayoría de los caracteres evaluados, lo que es propio de materiales silvestres debido a su facilidad de polinización y dispersión (Dueñas y Uscocovich, 2012). Las características que mostraron una mayor significancia fueron la relación largo/ancho y peso de la semilla, al igual que la relación largo/ancho y peso del fruto, sin embargo, para ambas la correlación fue negativa en un orden superior al 40%. Mazzini y Rodríguez (2009) obtuvieron resultados similares en un material mejorado, proveniente del departamento de Lara en Venezuela y comparado con material brasileño que indicaba una alta productividad

Sin embargo, es evidente la alta variabilidad de los datos obtenidos en este estudio, lo que se refleja en el ACP, que muestra valores de 15,04% para el primer componente, 11,4% para el segundo y 9,49% para el tercero; con un acumulado final de 36,4%. El 80% de los datos implicó la relación de 12 variables de las variables estudiadas. Estos resultados indican de nuevo una alta variabilidad, debido sin duda a la gran capacidad de dispersión que presenta la especie (Dueñas y Uscocovich, 2012). No obstante, también puede estar relacionado con el amplio espectro geográfico que se tomó en cuenta durante la colecta realizada y que implica material ubicado entre 800 y 1300 msnm y ocho de las 12 zonas de vida del país (http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/diagnostico_biofisico_para_costa_rica..pdf 2014).

Los resultados obtenidos en la CJA formaron tres grupos claramente definidos, donde los factores decisivos fueron la relación largo/ancho de la semilla y peso de la semilla; la relación largo/ancho y peso del fruto y el largo del racimo con el número de frutos. De forma incidental, los grupos se pudieron ordenar por zona de vida, aunque este no fue un factor de correlación con un nivel menor al 40%. Sin embargo, se debe rescatar que la humedad, los suelos fértiles y la luminosidad del sitio son factores decisivos para el desarrollo de flores y el llenado de aceite de los frutos (Dueñas y Uscocovich, 2012). Muchas de las accesiones evaluadas se encontraron en este tipo de condiciones en bosques premontanos y montanos entre 800 y 1300 msnm, propios del Valle Central (http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/diagnostico_biofisico_para_costa_rica..pdf 2014).

Conclusiones

Según los datos obtenidos, es posible que la longitud del racimo, el número de frutos por racimo, la relación largo/ancho del fruto, el peso del fruto, la relación largo/ancho de la semilla y el peso de la semilla puedan ser empleados como variables para la caracterización de la higuera, ya que presentan correlaciones significativas entre las accesiones evaluadas y, según la literatura, pueden indicar alta productividad.

Bibliografía

- Botega Baldoni, A., Holanda, M., Lima, N., Barreto, M., Milani, M. & Lima, F. (2011). Variability of ricin content in mature seeds of castor bean. *Pesq. Agropec. Bras.* 46(7), 776-779,
- Carlson, D. & Pfeiffenberger, H. (2013). *Earth System Science Data (ESSD)*. Open Access – Public Peer-Review & Interactive Public Discussion. Obtenido de <http://www.earth-system-science-data.net/>

- Dueñas V. & Uscocovich, J. (2012) *Evaluación de 10 cultivares promisorios de Higuierilla (Ricinus communis L.)*. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/3410/1/EVALUACION%20DE%20DIEZ%20CULTIVARES%20PROMISORIOS%20DE%20HIGUERILLA%20RICINUS%20COMMUNIS%20L.pdf>
- ECOTEC. Consultoría Ecológica y Técnica de Costa Rica SA. PNUD-IMN-MINAET (Actual MINAE) (2009) Diagnóstico Biogeofísico para Costa Rica. Obtenido de http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/diagnostico_biofisico_para_costa_rica..pdf
- Elbehri, A., Segerstedt, A. & Liu, P. (2013). *Biofuels and the Sustainability: A global assessment of sustainability issues, trends and policies for biofuels and related feedstocks challenge*. Trade and markets division. Roma: Food and Agriculture Organization (FAO). Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/017/i3126e/i3126e.pdf>
- Johnston, M., Foley, J. A., Holloway, T., Kucharik, C. & Monfreda, C. (2009). Resetting global expectations from agricultural biofuels. (En línea). *Environmental Research Letters*, no. 4. Obtenido de http://www.iop.org/EJ/article/1748-9326/4/1/014004/erl9_1_014004.pdf?requestid=f7eaac1d-97fb-4eee-bf7d-5e47648f07ea
- Mazzani, E. & Rodríguez, E. (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.
- Sankpal, S.T. & Naikwade, P. V. (diciembre, 2013). Important Bio-fuel Crops: Advantages and Disadvantages. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(12).
- Severino, L., Auld, D., Magno, M., Cândido, J., Chen, G., Crosby, W., Tan, D., Xiaohua, H., Lakshamma, P., Lavanya, C., Machado, O., Mielke, T., Milani, M., Miller, T., Morris, J., Morse, S., Navas, A., Soares, D., Soffiate, V., Wang, M., Zonota, M. & Zieler, H. (2012). A Review on the challenges for increased production of castor. *Agronomy Journal*, 104(4), 853-880.
- Silva, P. C. G. da & Guimaraes F., E. (2006). Agricultura familiar na dinâmica da pesquisa agropecuária. (Ed. I.S.F. de Sousa). Tecnológico da ecorregião Nordeste. En *Embrapa Informação Tecnológica*. Brasília.
- Vega, O. (Ed.). (2010). *Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Américas: II Biodiésel*. IICA, Programa Hemisférico en Agroenergía y Biocombustibles. San José: IICA.
- XLSTAT. Registrared trademark of Addinsoft SARL. Microsoft Corporation in the United States and/or other countries. Obtenido de <http://www.xlstat.com/en/>
- Yuldasheva, N. K., Ulchenko, N. T. & Glushenkova, A. I. (2002). Lipids of *Ricinus communis* seeds. *Chemistry of Natural Compounds*, 38(5), 413-415.