

Características morfológicas y productivas de plantas silvestres de *Jatropha macrocarpa* Griseb.

Patt, G.S. (1)

Morphological and productive traits of *Jatropha macrocarpa* Griseb. wild plants.

Abstract

Current needs in energy security, rural development, and sustainable use of resources call for the generation of alternative ways of production useful for the achievement of such aims. A possible option is the development of technologies for the utilization of oilseed species which are not currently used. One of these species is *Jatropha macrocarpa*, which inhabits areas where traditional species cannot be cultivated without a substantial input of resources.

The objective of this work is to describe its morphological and production characteristics in wild plants. The evaluated plants show a maximum of 11cm in diameter, 2.7m of height, and 70 apices; the minimum size of a plant bearing fruit is 3.5cm in diameter and height of 0.7m; the maximum amount of fruits found is 100 in 72 clusters with a maximum of 7 fruits per cluster. The morphological and production characteristics are directly related to the increase of the base diameter minus the amount of fruits per cluster and fruit per stem that does not present significant differences ($p>0.01$).

The highest production was that of plants without interspecific competition (15.5 fruits). Production diminished when there was competition against shrubs (13.0 fruits) and even more when they grew in the shade (11.3 fruits). Intraspecific competition has shown increases in production variables (12.5 to 10.2 fruits per plant). The information obtained will allow estimating the potential of the species in cultivation and high dispersion of the data allows assuming a genetic variability usable in selection programs.

Key word: oilseeds, morphology, fruiting, *Jatropha*.

Resumen

Las necesidades actuales en materia de seguridad energética, desarrollo rural y uso sustentable de recursos demandan generar alternativas productivas que aporten a conseguir estas metas. Dentro de las opciones posibles está el desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de especies oleaginosas que en la actualidad no son objeto de uso. Una de ellas es *Jatropha macrocarpa*, la cual habita en áreas donde no pueden cultivarse las tradicionales sin un importante aporte de recursos. El objetivo de este trabajo fue describir características morfológicas y productivas de plantas silvestres.

Las plantas evaluadas presentaron máximos de 11cm de diámetro, 2.7m de altura y 70 ápices; el menor tamaño de planta con frutos tuvo 3.5cm de diámetro y 0.7m de altura; la mayor cantidad de frutos fue de 100, en 72 racimos con un máximo de 7 frutos por racimo. Las características morfológicas y productivas tienen una relación directa con el aumento del diámetro basal, no así la cantidad de frutos por racimo y frutos por ápice que no presenta diferencias significativas ($p>0.01$). Las mayores producciones (15.5 frutos) se encontraron en plantas sin competencia interespecífica, disminuyendo cuando competían con arbustos (13.0 frutos) y más aún cuando crecían a la sombra (11.3 frutos).

Las plantas con mayor competencia intraespecífica tuvieron mayor cantidad de frutos (12.5) que las solitarias (10.2 frutos). La información obtenida permite estimar la potencialidad de la especie en cultivo, y la elevada dispersión de los datos hace suponer una alta variabilidad genética aprovechable en programas de selección.

Palabras clave: oleaginosa, morfología, fructificación, *Jatropha*.

(1) Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT) - Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR) Av. Luis Vernet y Apóstol Felipe - La Rioja - Argentina. Email: pattgerman01@yahoo.com.ar

Introducción

Las demandas globales de bioenergía o combustibles renovables se incrementan en forma permanente como una herramienta necesaria de diversificación de la matriz energética que permita disminuir el uso y la dependencia de combustibles fósiles (ONU 2007). En la actualidad la materia prima utilizada en la producción de biodiesel son los cultivos oleaginosos tradicionales como soja, girasol, maní, palma y colza (FAO 2010).

Una de las especies vegetales considerada apropiada para zonas áridas es *Jatropha curcas*, planta que tolera bien suelos pobres y sequías, sin embargo para una adecuada producción necesita precipitaciones o riego de 1.000 a 1.500mm (FACT 2007). Esto se convierte en una seria limitante para su cultivo al competir con otros de uso alimentario que podrían cultivarse con esa cantidad de agua. En ambientes más áridos se encuentran otras especies del mismo género, como son, para la zona del Chaco Árido de la provincia de La Rioja, *J. macrocarpa*, *J. hieronymi* y *J. excisa* (Instituto Darwinion 2009). Estas especies acumulan en sus semillas aceite de adecuada calidad y en buena cantidad (Aranda-Rickert et al. 2011) lo que las determina como potencialmente aprovechables como productoras de materia prima para la producción de biodiesel.

Jatropha macrocarpa Griseb, pertenece a la Familia Euphorbiaceae, es un arbusto perenne nativo de Argentina donde se le asignan nombres locales como "higuerilla", "higuera del zorro" y "sacha higuera", habita el Chaco Árido y Semiárido, su área de distribución incluye las provincias de San Luis, La Rioja, Catamarca, Santiago del Estero, Tucumán, Salta y Jujuy extendiéndose a Bolivia y Paraguay (Fernández Casas y Pizarro Domínguez, 2007). Produce semillas con alto contenido de ácidos grasos (35% del peso seco de la semilla) y una composición apropiada para su transformación en biodiesel con mayor proporción de ácido oleico que *J. excisa* y *J. hieronymi* (Aranda-Rickert et al. 2011).

Las descripciones de la especie se circunscriben a las encontradas en los registros de colecta, centrándose en caracteres florales y foliares aplicables a la taxonomía. Se mencionan portes de hasta 3m de altura y diámetros que superan los 10cm, con una mención de 40cm; ramas engrosadas, suculentas con cicatrices foliares prominentes y corteza papirácea (Fernández Casas y Pizarro Domínguez, 2007). Morello (1985) la describe con tallos suculentos carnosos y grandes hojas estacionales. Wassner et al. (2012) informan una productividad media de 87g (entre 35 y 150g) de semilla por planta, en individuos de 1,8m de altura en el Chaco Árido, lo que produce un máximo estimado de 756 kg ha⁻¹, con una densidad de 5.000 plantas por hectárea.

La descripción morfológica de las plantas es necesaria para los programas de mejoramiento al permitir detectar variabilidad aprovechable en la selección e individualizar cultivares, así los descriptores son estandarizados y publicados para cada especie (Bioversity Int. 2007).

Dado el reciente interés en *J. macrocarpa* como fuente de aceite, no existe una descripción morfológica que contemple características de aplicación agronómica. En el caso de *J. curcas*, recientemente se comenzaron a definir descriptores (Guerrero Pinilla y cols. 2011). En los que se incluyen características del rendimiento como racimos por ramas, frutos por racimo, y arquitecturales como diámetro de tallo, ramificación y proyección de copa, entre otras.

Para iniciar el programa de domesticación de *J. macrocarpa* se realizó un estudio de tipo exploratorio/descriptivo con el objetivo de cuantificar la producción de frutos en individuos silvestres y relacionarla con características morfológicas de los especímenes y del ambiente en que se desarrollaron. Se justifica esta actividad por el hecho de que, a pesar de que existen informes de calidad y contenido de aceite en semillas, no hay publicaciones disponibles sobre morfología de las plantas y solo la mencionada de producción de frutos, factor que determinará la viabilidad de avanzar en la domesticación de la especie.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la provincia de La Rioja, Argentina, sobre las márgenes del río Talamuyuna en las inmediaciones de la RN 38 (29° 42' 36" S; 66° 51' 04" O) durante el mes de abril de 2011, momento en que los frutos se encontraban en el inicio de la dehiscencia. Estos correspondieron a la segunda fructificación anual, lograda en respuesta a los eventos de precipitación ocurridos durante enero-marzo, luego de una primavera particularmente seca. Fitogeográficamente, el área corresponde al Chaco Árido (Morello et al. 1985). El clima es subtropical seco; los datos estadísticos de temperaturas corresponden a la ciudad de La Rioja, distante 35 km del área: temperatura media anual 21°C, media de los seis meses más cálidos 25,3°C, de los seis meses más fríos 14,7°C, con valores extremos de 46,4°C y -7,2°C. El régimen de precipitaciones es unimodal con un promedio anual de 411mm, concentrándose el 86% de las lluvias en el período noviembre-marzo (SMN 2011).

En el área de estudio el relieve es normal a subnormal con una pendiente entre 1 y 3%; los suelos se desarrollan en un material de origen eólico, aluvial loessoides. La textura es franco limosa a franco arenosa y debido a su escaso desarrollo genético pertenecen al Orden Entisol (Callella y Corzo 2006).

Se tomaron como muestras ejemplares seleccionados con el criterio de capturar la mayor cantidad de situaciones ambientales y tamaños de plantas existentes en 137 individuos analizados, en un área de aproximadamente 3ha. Para describir la morfología de cada planta se tomaron las medidas de: perímetro basal a una distancia de 0.30m de la superficie del suelo, que se transformó para obtener el diámetro a la base; altura total de la planta desde la superficie del suelo hasta el ápice más alto. Se contó los ápices totales en cada individuo.

Para evaluar la producción, se cosecharon todos los racimos existentes en cada planta, individualizándolos en envases perfectamente rotulados. Posteriormente se cuantificaron los racimos por planta; cantidad de frutos totales, y cantidad mínima, máxima y media de frutos por racimo en cada planta. Con el objeto de identificar posibles influencias del ambiente sobre la producción, se relevaron factores que determinan competencia interespecífica, considerando a individuos creciendo bajo cubierta de una copa; individuos creciendo con arbustos cercanos (distancia <1m) e individuos sin competencia cuando no se cumplían los requisitos anteriores. También se registró el tipo de agrupamiento de las plantas de *J. macrocarpa* como indicador de competencia intraespecífica considerando dos categorías: plantas agrupadas estimando como tales las que tenían por lo menos 2 plantas vecinas en un radio de 2m y plantas aisladas cuando esta condición no se cumplió.

Los datos morfológicos y productivos se analizaron mediante estadística descriptiva de la muestra total. También se categorizaron los diámetros en cinco (5) clases de 2cm, como indicador de variaciones debidas a la edad de los individuos, tomándolas como factor y realizando un análisis de varianza y test de comparaciones de medias para las variables relevadas.

Para evaluar los efectos de la competencia sobre la producción, se seleccionaron las muestras en función de su diámetro con el objeto de homogeneizarlas y hacerlas comparables. El método seguido fue ordenar los diámetros por categoría de competencia y en base al número de muestras más pequeño desactivar los casos correspondientes a los diámetros más representados. Con los datos comparables según la distribución diamétrica se realizó el análisis de la varianza y el test de diferencias de medias correspondiente.

Los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat (Di Rienzo et al. 2011).

Resultados y discusión

Aunque el muestreo realizado fue selectivo, se considera que la variabilidad individual de la población es descripta por los valores presentados en la tabla 1.

	Característica	Min	Máx	Med	D.E.
Fru/Rac/planta	Diámetro (cm)	2.5	11.1	6.25	1.59
	Altura (m)	0.4	2.7	1.54	0.45
	Ápices (ud)	1	70	8.51	9.72
	Racimos (ud)	0	72	6.03	7.87
	Frutos (ud)	0	100	9.55	12.18
	Mínimo (ud)	0	4	1.04	0.58
	Medio (ud)	0	4	1.48	0.70
	Máximo (ud)	0	7	2.34	1.23

Tabla 1. Valores de las características morfológicas y productivas de plantas de *Jatropha macrocarpa* Griseb. de una población silvestre. Valores mínimos, máximos, medios y desviación estándar. N=137. (cm) centímetro; (m) metros; (ud) unidades.

En las plantas relevadas no se incluyó el regenerado existente, considerando este como plantas por debajo de los 0.40m de altura.

Dado que la finalidad del estudio es aportar información inicial para programas de domesticación y selección de la especie, es oportuno destacar dentro de los valores hallados algunos máximos a tener en cuenta como el diámetro de 11.1cm, que a pesar de no contar con información sobre curvas de crecimiento induce a pensar en individuos con un prolongado ciclo de vida. Asimismo la altura máxima registrada de 2.7m, debe analizarse como un indicador de la necesidad de considerar un sistema de podas y conducción que permitan un fácil acceso a todos los sectores de la planta. Los tamaños encontrados coinciden con lo descrito por Fernández Casas y Pizarro Domínguez (2007).

La cantidad de ápices máxima fue de 70 en una misma planta, ordenados de acuerdo a un sistema de ramificación simpodial. No todos presentaron crecimiento reproductivo y/o vegetativo en el hemiclo húmedo relevado, evidenciándose por la ausencia de hojas aun cuando su apariencia turgente y verde indicó que estaban vivos, siendo necesario en futuros estudios evaluar el crecimiento en relación a la disponibilidad hídrica.

Relacionado a la producción, se cuantificó la cantidad de racimos por planta como un parámetro de potencialidad de obtención de frutos, que dependerá de la cantidad de flores fecundadas por racimo y de la disponibilidad de factores de crecimiento para desarrollar las semillas. Como máximo se contaron 72 racimos en un mismo pie; relacionando este valor con el máximo número de frutos por racimo (7ud) puede generarse una idea de la capacidad potencial de producción de la especie. En el presente relevamiento la cantidad máxima de frutos por planta fue de 100 ud, mientras que el promedio, incluyendo las plantas sin frutos fue de 9.55 por planta, elevándose a 10.47 considerando solo las productivas (N=125). Como la población es naturalmente disetanea y en plantaciones necesariamente debemos implantar y mantener stocks de plantas lo más uniformes posibles, y considerando que en general las especies con crecimiento secundario ajustan satisfactoriamente su edad al diámetro de fuste, se categorizó esta variable generando rangos de 2cm, componiendo 5 categorías diamétricas cuyas características se muestran en la tabla 2.

Todas las variables simples se ajustan de forma directa con el aumento de los diámetros de las categorías. Los frutos por racimo muestra un patrón distinto estando las dos primeras categorías en valores similares ($p>0.01$) y las tres mayores en otro grupo sin diferencia con C2. Si se sustraen los individuos sin frutos del Test, no se detectan diferencias en ninguna categoría, lo que indicaría que la cantidad de frutos por racimo es independiente del tamaño de la planta. Esta misma situación se presenta en la cantidad de racimos por ápice.

Cat. diamétricas	C1	C2	C3	C4	C5
Rango (cm)	2 - 3.9	4 - 5.9	6 - 7.9	8 - 9.9	10 - 11.9
n	9	47	64	12	5
Diámetro (cm)*	3.31 (0.49) A	5.15 (0.55) B	6.69 (0.52) C	8.71 (0.43) D	10.50 (0.42) E
Altura (m)*	0.88 (0.32) A	1.37 (0.37) B	1.64 (0.38) BC	1.89 (0.25) C	2.24 (0.34) D
Ápices (ud)*	1.33 (0.71) A	3.96 (2.52) AB	8.73 (5.89) B	15.83 (6.35) C	43.80 (20.10) D
Racimos (ud)*	0.67 (0.71) A	2.77 (2.46) AB	5.92 (3.73) B	13.00 (3.57) C	31.00 (25.79) D
Racimos/ápices (ud)*	0.69 (0.97) A	1.17 (0.94) AB	1.36 (0.91) AB	1.59 (1.03) B	1.08 (0.45) AB
Frutos (ud)*	0.89 (1.05) A	4.23 (3.67) AB	9.42 (6.41) B	20.75 (5.99) C	50.00 (34.84) D
Frutos/Racimo (ud)*	0.78 (0.97) A	1.35 (0.81) AB	1.63 (0.57) B	1.63 (0.33) B	1.76 (0.22) B

Se encontraron plantas improductivas en las dos categorías menores (C1 y C2), el tamaño mínimo de plantas fructificadas fue de 3.5cm de diámetro y una altura de 0.7m. También se hallaron plantas de 5.4cm y 2m, diámetro y altura respectivamente, sin frutos. Esto indica una alta variabilidad en la precocidad de la especie que se presenta como un carácter susceptible de ser mejorado mediante selección. La cantidad de ápices, racimos y frutos muestran una tendencia muy similar entre ellos, presentando valores significativamente diferentes entre las categorías con excepción de la C2 que no se diferencia de C1 y C3. Es de destacar la importante variabilidad en todas las categorías, lo que correspondería a variaciones ambientales o genéticas posibles de ser aprovechadas en las técnicas agronómicas, y/o en la selección de germoplasma para multiplicar.

La competencia interespecífica por la cercanía de arbustos y la sombra sobre la producción (n=66), no producen diferencias significativas ($p>0.01$) en la morfología ni en la producción, y sí en la cantidad de frutos por racimos (Tabla 3). Existen tendencias que indican una mayor cantidad de ápices en plantas sombreadas y menor en aisladas, estando las cercanas a arbustos en una posición intermedia; la altura se comporta de manera análoga y muestra una disminución en el mismo sentido; de manera inversa se comportan la cantidad de racimos y frutos con mayores valores en plantas aisladas. Este mismo patrón se manifiesta en la cantidad de frutos por racimo presentando los extremos significativamente diferentes entre sombra y aisladas con un intermedio indiferenciado cuando compete con arbustos.

Característica	Sombra	Arbustos	Aisladas
Altura (m)	1.82 (0.39) A	1.70 (0.40) A	1.66 (0.41) A
Ápices (ud)	12.09 (11.22) A	11.0 (10.25) A	10.86 (7.82) A
Racimos (ud)	7.41 (5.43) A	7.55 (8.06) A	8.91 (5.84) A
Frutos (ud)	11.32 (8.87) A	13.00 (14.64) A	15.5 (9.26) A
Fru/Rac (ud)	1.49 (0.27) A	1.70 (0.37) AB	1.99 (0.70) B

Tabla 3. Valores medios de características morfológicas y productivas de plantas silvestres de *Jatropha macrocarpa* Griseb. creciendo en diferentes condiciones de competencia interespecífica. Letras distintas en filas indican diferencias significativas según test de Duncan $p<=0.01$. N=66 para todas las categorías de competencia. (m) metros; (ud) unidades.

Al evaluar el efecto de la competencia intraespecífica el número de muestras útiles se redujo a n=44, estadísticamente no existen diferencias en ninguna de las variables consideradas medidas en plantas creciendo agrupadas comparándolas con las solitarias.

Los valores medios presentan una tendencia en todas las variables, siempre con aumentos en la situación agrupadas, que puede interpretarse como que esta condición favorecería el desarrollo y producción de frutos de la especie (Tabla 4).

Característica	Solitarias	Agrupadas
Altura (m)	1.49 (0.38) A	1.70 (0.35) A
Ápices (ud)	7.95 (7.27) A	11.55 (10.58) A
Racimos (ud)	6.14 (5.44) A	7.91 (8.06) A
Frutos (ud)	10.23 (8.52) A	12.50 (14.50) A
Fru/Rac (ud)	1.49 (0.85) A	1.79 (0.37) A

Tabla 4. Valores medios de características morfológicas y productivas de plantas silvestres de *Jatropha macrocarpa* Griseb. en diferentes condiciones de competencia intraespecífica. Letras distintas en filas indican diferencias significativas según test de Duncan $p<=0.01$. N=44 para todas las categorías de competencia. (m) metros; (ud) unidades.

La información elaborada contribuye a estimar la potencialidad de *J. macrocarpa* como productora de materia prima para biodiesel, considerando los datos cuantitativos de producción en condiciones silvestres como parámetros en evaluaciones que tiendan a la intensificación de su uso en plantaciones.

Las relaciones de las condiciones de competencia y la producción encontradas, indicarían la conveniencia de plantaciones monofíticas con densidades elevadas.

La alta dispersión en los datos permite asumir variabilidad genética intrapoblacional potencialmente aprovechable en programas de selección, y/o efectos microambientales que deberán ser evaluados.

Agradecimientos

Al programa Estancias Científicas 2011-2012 de la Universidad Nacional de La Rioja, por el financiamiento del presente estudio. Al Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT)-UNLaR, por las facilidades brindadas.

A los colegas Investigadores del CENIIT, Inés Redolfi y Nahuel Romero, por la revisión y sugerencias al presente trabajo.

Referencias

Aranda-Rickert, A.; Morzán, L. y S. Fracchia. 2011. Seed oil content and fatty acid profiles of five Euphorbiaceae species from arid regions in Argentina with potential as biodiesel source. *Seed Science Research*. 21, 63-68.

Bioversity International. 2007. Guidelines for the development of crop descriptor lists. *Bioversity Technical Bulletin Series*. Bioversity International, Rome, Italy. xii+72p

Calella, H.F. y R.F. Corzo. (Eds.). 2006. El Chaco árido de La Rioja. Vegetación y suelo. Pastizales naturales. INTA, Buenos Aires: 37-44.

Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M. y C.W. Robledo. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

FACT. 2007. Position Paper on *Jatropha curcas* L. State of the art, small and large scale project development. *Fuels from Agriculture in Communal Technology* (Disponible en: <http://www.fact-fuels.org>).

FAO. 2010. *Jatropha: A Smallholder Bioenergy Crop. The Potential for Pro-Poor Development*. Roma. 96 pp. (Disponible en: <http://www.fao.org>).

Fernández Casas, F.J. y J.M. Pizarro Domínguez. 2007. Otras dos *Jatrophae* (Euphorbiaceae) de Paraguay. *Adumbrationes ad Summae Editionem*. 19: 1-32.

Guerrero Pinilla, J.A.; Campuzano, L.F.; Rojas, S. y J. Pachon-García. 2011. Caracterización Morfológica y Agronómica de la Colección Nacional de Germoplasma de *Jatropha curcas* L. *Orinoquia*. 15:2 131-147.

Gómez, K.A.; Almeida, T.C.; Gesteira, A.S.; Lobo, I.P.; Guimaraes, A.C.R.; de Miranda, A.B.; Van Stuys, M.; da Cruz, R.S.; Cascardo, J.C.M. y N. Carels. 2010. ESTs from Seeds to Assist the Selective Breeding of *Jatropha curcas* L. for Oil and Active Compounds. *Genomics Insights*. 3 29-56. Doi: 10.4137/GEI.S4340.

Instituto Darwinion. 2009. Flora del cono Sur, Catálogo de plantas vasculares. (Disponible en: <http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina>)

Morello, J. 1958. La provincia fitogeográfica del Monte. *Opera Lilloana II*. Tucumán.

Morello, J.H.; Protomastro, J.; Sancholuz, L.A. y C. Blanco. 1985. Estudio macroecológico de los Llanos de La Rioja. APN. Serie del Cincuentenario 5. Buenos Aires.

ONU. 2007. Bioenergía sostenible: Un marco para la toma de decisiones. (Disponible en: <http://www.rlc.fao.org>)

Rossi, A. y Y. Lambrou. 2009. Making sustainable biofuels work for smallholder farmers and rural households. FAO, Roma. 24 pp.

Secretaría de Energía. 2010. Resolución N° 554. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Argentina.

Servicio Meteorológico Nacional. 2011. Climatología. Estadísticas La Rioja, período 1981-1990. (Disponible en: <http://www.smn.gov.ar/>)

Wassner D.; Larran A. y D. Rondanini. 2012. Evaluation of *Jatropha macrocarpa* as an oil crop for biodiesel production in arid lands of the Dry Chaco, Argentina. *Journal of Arid Environments*, 77: 153-156.