

## Variabilidad en semillas de accesiones de *Jatropha macrocarpa* Grisebach (*Euphorbiaceae*)

Patt, G.S. (1)

### Variability of *Jatropha macrocarpa* Grisebach (*Euphorbiaceae*) accessions seeds.

---

#### Abstract

*Jatropha macrocarpa*, is a succulent tree which builds up oil in the seeds at a rate of 36% of the dry weight. Grow in areas with 900 mm annually water deficit and absolute minimum temperatures of  $-7^{\circ}\text{C}$ . These features enable you to boast about his fitness as bioenergy oilseed crop for arid environments. The objective of the study was to detect variability in seeds traits of different geographical origins.

The fruits were harvested during March and April 2012 in pre-dehiscence in eleven places of natural distribution in the Arid Chaco, obtaining measures of color, mass and its distribution, size, and dry matter of seeds. These show considerable variation in some of the evaluated characteristics, that allow to associate the accessions to different geographical areas characterized by belonging to three separate topography elements, variables with greater discriminating power are the color, the size, mass and lesser extent the proportions of dry matter. Found variability may be due to genetic or environmental differences.

**Key word:** Accessions, geographical origins, seed characteristics, oilseed.

---

#### Resumen

*Jatropha macrocarpa*, es un árbol suculento que acumula aceite en las semillas en una proporción de 36% del peso seco, desarrollándose en zonas con déficit hídricos de 900mm anuales y temperaturas mínimas absolutas de  $-7^{\circ}\text{C}$ . Estas características permiten presumir su aptitud como cultivo oleaginoso bioenergético para zonas áridas. El objetivo del trabajo fue detectar variabilidad en características de semillas de distinto origen geográfico.

Se cosecharon los frutos durante marzo y abril de 2012 en pre-dehiscencia en los lugares de distribución natural de once poblaciones del Chaco Árido, de los que se extrajeron las semillas. Se midió color, masa y su distribución, tamaño y materia seca. Las semillas presentaron considerable variación en algunas de las características evaluadas, que permiten asociar las accesiones a distintas zonas geográficas caracterizadas por pertenecer a tres elementos orográficos independientes, las variables con mayor poder discriminante son el color, las de tamaño, masa y en menor medida las proporciones de materia seca. La variabilidad podría deberse a diferencias genéticas o ambientales.

**Palabras clave:** Accesiones, orígenes geográficos, oleaginosas, características de semillas.

---

(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

En la actualidad existe la necesidad de encontrar sustitutos de los combustibles líquidos fósiles, dada la disponibilidad finita de las fuentes utilizadas. Una de las opciones para satisfacer esta necesidad es la generación de combustibles con características similares que posibiliten el uso de la tecnología instalada, a partir de recursos naturales renovables (ONU, 2007). Las principales materias primas utilizadas para la producción de biocombustibles líquidos son el maíz, caña de azúcar y remolacha azucarera, en el caso del bioetanol y la soja, colza y palma aceitera para producir biodiesel (FAO, 2010).

Para regiones áridas no existen cultivos energéticos apropiados para producción de aceite. *Jatropha curcas* L., considerado como posible cultivo para estas zonas requiere aportes hídricos de 1000 a 1500mm anuales para producir cosechas aceptables (FACT, 2007) y no soporta heladas (Andrade et al., 2008), lo que lo hace inviable en estas regiones.

*Jatropha macrocarpa* Grisebach (*Euphorbiaceae*), es un árbol suculento que acumula aceite en las semillas en una proporción de 36% del peso seco (Aranda-Rickert et al., 2011; Wassner et al., 2012). Las semillas presentan un peso seco promedio entre 520mg (Wassner et al., 2012) y 557,69mg (Aranda-Rickert et al., 2011); estos autores informan también sobre las medidas de largo (15,67mm) y ancho (11,18mm) para poblaciones del faldeo Oriental de la Sierra del Velazco en la provincia de La Rioja, Argentina.

El área de distribución es la Región fitogeográfica Chaqueña, en Bolivia, Paraguay y Argentina (Fernández Casas y Pizarro Domínguez, 2007). En el extremo austral de su distribución se desarrolla en zonas con precipitaciones de 400mm con déficits hídricos de 900mm anuales y temperaturas mínimas absolutas de -7°C (elaborado en base a datos de SMN, estadísticas La Rioja).

La domesticación de especies para su uso en cultivos comerciales requiere un conocimiento acabado de sus características biológicas, productivas y de la diversidad intraespecífica presente en la población. Así diversos autores informan sobre las diferencias de características morfológicas entre orígenes geográficos de *J. curcas*, aportando conocimiento para los programas de mejoramiento de la especie (Guerrero et al., 2011; Machado, 2011; Salinas et al., 2011; Umamaheswari et al., 2010; Kaushik et al., 2007; Ginwal, et al., 2005). No se conocen aún estudios en *J. macrocarpa*.

El objetivo del trabajo fue detectar variabilidad en tamaño, morfología y proporciones de componentes de semillas de *Jatropha macrocarpa*, debida a origen geográfico en la provincia de La Rioja.

## Materiales y métodos

En el estudio se incluyeron 11 orígenes geográficos de *J. macrocarpa* localizados en la Provincia de La Rioja (Argentina) (Tabla 1). Fitogeográficamente la zona corresponde al Chaco Árido (Morello et al., 1985).

Entre marzo y abril de 2012, se cosecharon los frutos en pre-dehiscencia en los lugares de distribución natural de las poblaciones, en al menos 100 plantas por población. Los frutos fueron acondicionados en bandejas plásticas aireadas hasta la dispersión de las semillas. Estas se incorporaron a la colección del Banco de Germoplasma de la especie, en la Universidad Nacional de La Rioja, Argentina.

Para adquirir las dimensiones se utilizaron 50 semillas obtenidas por cuarteo de la muestra total por origen. Se tomaron medidas de largo total (incluida la carúncula), ancho y alto con pie de rey a una aproximación de 0,1mm; la masa individual de las semillas se obtuvo en una balanza analítica (Ohaus) con una aproximación de 0,0001g. Con las medidas obtenidas se construyeron los coeficientes de forma: ancho sobre alto, largo sobre ancho y largo sobre alto. El color y su uniformidad se estimaron en una muestra de 10 semillas comparándolas con la carta de colores Munsell para suelos.

En una submuestra de 10 semillas por accesión se evaluó, individualmente, la masa de los distintos componentes; carúncula, tegumento y embrión y con estos valores las proporciones correspondientes a cada uno. Cada componente, en una muestra compuesta, fue secado en estufa a 85°C durante 48hs para obtener la proporción de materia seca. Con los valores medios encontrados se realizó un ACP identificando las variables originales con mayor poder discriminante en los componentes principales 1 y 2, y posteriormente un análisis de conglomerados para identificar asociaciones entre accesiones. Se utilizó el método jerárquico de encadenamiento promedio, con distancia Euclídea, identificando “a priori” tres conglomerados.

## Resultados

El color de las semillas coincidió con el “Reddish yellow” y “Pink” de la carta HUE 7,5YR de Munsell (Tabla 1). En ocho orígenes el color fue uniforme, mientras que en tres de ellas se detectan semillas de diferentes colores. Dentro de los lotes uniformes siete corresponden a un nivel de Chroma 8, que pertenece a las poblaciones ubicadas en el piedemonte Oriental de la Sierra de Velazco, y uno al nivel 3 que es el origen más austral, ubicado en las Sierras de Los Llanos; los lotes heterogéneos corresponden a una mezcla de ambos niveles (Chroma 3 y 8) con una ubicación geográfica intermedia a las anteriores, en la zona de Salina La Antigua y Sierra Brava.

Población	Código BG-UNLaR	Latitud S	Longitud O	Asnm (m)	Color 1 (%)	Color 2 (%)
Ampiza	(JM.UNLaR-104)	29°45'	66°51'	425	7.5YR 7/8 (100)	-
Villa Nueva	(JM.UNLaR-101)	29°44'	66°51'	444	7.5YR 6/8 (100)	-
Talamuyuna	(JM.UNLaR-105)	29°42'	66°51'	453	7.5YR 7/8 (100)	-
La Rioja Sur	(JM.UNLaR-110)	29°30'	66°52'	493	7.5YR 6/8 (100)	-
Vargas	(JM.UNLaR-112)	29°22'	66°51'	493	7.5YR 7/8 (100)	-
La Rioja Norte	(JM.UNLaR-102)	29°20'	66°47'	463	7.5YR 6/8 (100)	-
Cantadero	(JM.UNLaR-106)	29°12'	66°46'	630	7.5YR 7/8 (100)	-
Puerto del Valle	(JM.UNLaR-107)	29°47'	65°51'	412	7.5YR 7/8 (70)	7.5YR 7/3 (30)
Cerrillos	(JM.UNLaR-108)	29°56'	65°52'	389	7.5YR 6/8 (40)	7.5YR 7/3 (60)
Retamo	(JM.UNLaR-109)	30°08'	65°52'	277	7.5YR 6/8 (60)	7.5YR 7/3 (40)
Cisco	(JM.UNLaR-111)	30°43'	66°11'	489	-	7.5YR 7/3 (100)

Tabla 1. Ubicación geográfica de las accesiones de *J. macrocarpa*, código de accesión en el banco de germoplasma UNLaR y código de color Munsell de las semillas.

Para la caracterización de las semillas de los distintos orígenes geográficos también se utilizaron 19 variables cuantitativas, los valores medios y variabilidad interpoblacional se muestran en la Tabla 2.

Las variables que describen el tamaño de las semillas (alto, ancho y largo) y los coeficientes de forma obtenidos de sus combinaciones (ancho sobre alto, largo sobre ancho y largo sobre alto), muestran baja variabilidad entre las poblaciones con CV menores a 5%, destacándose el indicador ancho/alto con un valor de 1,56 y CV=2% como el más uniforme entre las accesiones; el alto de la semilla (7,17mm) es la dimensión con mayor variabilidad (CV=4,5%).

La masa total y de fracciones de las semillas (carúncula, tegumento y embrión) presentan variaciones moderadas a altas; en el extremo mayor se ubica la masa de la carúncula (0,0635g) con CV=24% que indica una amplia diferencia entre las accesiones consideradas, mientras que la fracción más constante es el tegumento (34,07%, CV=5,2%). La mayor variación en la distribución de la masa total en las fracciones es la de la carúncula (CV=14,7%) con un 11,7% de participación en el peso total de la semilla; el componente de mayor importancia es el embrión que representa el 54% del total, con una muy baja variación (CV=1,8%).

La proporción de materia seca de las semillas es de 92,7%, la fracción con menor humedad es el embrión (95,4% MS) mientras que el tegumento es la que presenta la menor proporción de materia seca (88,9%); los coeficientes de variación encontrados son muy bajos con valores menores a 2%. Este es el grupo de características con menor variación entre las accesiones.

Mediante el análisis de componentes principales la variabilidad total es reducida a diez componentes, un 72% de la misma es explicada en los primeros dos, 51,3% en CP1 y 20,8% en CP2.

Las correlaciones de los CP con las variables originales (Tabla 3) son altas en la mayoría de las variables consideradas ( $\geq 0,6$ ), con las excepciones del coeficiente Ancho/Alto (CP1 0,1; CP2 0,1) y la proporción de materia seca de la carúncula (CP1 0,4; CP2 0,2).

Se destacan como de mayor peso (correlación  $\geq 0,8$ ) el alto y ancho de la semilla dentro de las variables morfométricas; la masa total, de la carúncula y del embrión, y todas las proporciones consideradas dentro de las variables de masa y la suma de carúncula y embrión, en las proporciones de materia seca.

Variable	Media	CV (%)	Min	Máx
Alto (mm)	7,17	4,5	6,73	7,56
Ancho (mm)	11,18	4,3	10,51	11,78
Largo (mm)	14,98	3,7	14	15,88
Anc/Alt	1,56	2	1,51	1,61
Lar/Anc	1,34	3,1	1,28	1,43
Lar/Alt	2,09	2,9	2,04	2,23
Masa (g)	0,537	11,9	0,4525	0,6212
Carúncula (g)	0,0635	24,1	0,0372	0,0849
Tegumento (g)	0,1821	9,5	0,157	0,2083
Embrión (g)	0,2911	12,2	0,24	0,341
Carúncula (%)	11,7	14,7	8,22	13,68
Tegumento (%)	34,07	5,2	32,3	38,78
Embrión (%)	54,24	1,8	52,77	56,12
Car+Emb (%)	65,93	2,7	61,22	67,7
Materia seca (%)	92,73	0,6	91,92	93,57
MS Carúncula (%)	91,54	1,9	86,66	92,98
MS Tegumento (%)	88,93	1,4	86,51	90,74
MS Embrión (%)	95,4	0,7	94,08	96,27
MS Car+Emb (%)	94,71	0,7	93,7	95,83

Tabla 2. Variabilidad en características de semillas de *J. macrocarpa* de 11 accesiones del Chaco Árido.

Mediante el análisis de componentes principales la variabilidad total es reducida a diez componentes, un 72% de la misma es explicada en los primeros dos, 51,3% en CP1 y 20,8% en CP2.

Las correlaciones de los CP con las variables originales (Tabla 3) son altas en la mayoría de las variables consideradas ( $\geq 0,6$ ), con las excepciones del coeficiente Ancho/Alto (CP1 0,1; CP2 0,1) y la proporción de materia seca de la carúncula (CP1 0,4; CP2 0,2).

Se destacan como de mayor peso (correlación  $\geq 0,8$ ) el alto y ancho de la semilla dentro de las variables morfométricas; la masa total, de la carúncula y del embrión, y todas las proporciones consideradas dentro de las variables de masa y la suma de carúncula y embrión, en las proporciones de materia seca.

Variables	CP 1	CP 2
Alto (mm)	0,9	-0,3
Ancho (mm)	0,9	-0,2
Largo (mm)	0,6	-0,7
Anc/Alt	-0,1	0,1
Lar/Anc	-0,6	-0,6
Lar/Alt	-0,7	-0,5
Masa (g)	0,9	-0,3
Carúncula (g)	0,9	-0,3
Tegumento (g)	0,7	-0,5
Embrión (g)	0,9	-0,2
Carúncula (%)	0,9	-0,2
Tegumento (%)	-0,9	-0,2
Embrión (%)	0,1	0,8
Car + Emb (%)	0,9	0,2
Materia seca (%)	-0,6	-0,7
MS Carúncula (%)	-0,4	0,2
MS Tegumento (%)	-0,1	-0,7
MS Embrión (%)	-0,6	-0,5
MS Car + Emb (%)	-0,8	-0,3
Valor propio	9,74	3,95
Proporción acumulada	0,51	0,72

En el Biplot construido (Figura 1) se observa que el CP1 separa el origen más austral (Cisco) de manera clara, asociado a mayor participación del tegumento en la masa total, proporción de materia seca del embrión, de la carúncula más embrión y total, y a coeficientes de forma que describen unidades más alargadas.

En sentido opuesto se agrupan las procedencias del faldeo del Velazco (Ampiza, Villa Nueva, Talamuyuna, La Rioja Sur, Vargas, La Rioja Norte y Cantadero) asociadas a semillas de mayor tamaño, masa y proporción de carúncula, con la excepción de Cantadero que no se asocia a ninguna característica particular. En una posición intermedia se encuentran las poblaciones de la Sierra Brava (Retamo, Cerrillos y Puerto del Valle) con la misma tendencia que la procedencia Cisco.

El CP2 discrimina principalmente por la participación del embrión en la masa total (correlación = 0,8), y en sentido inverso por la materia seca del tegumento (correlación = -0,7), las poblaciones asociadas a estas características son Cerrillos, en el primer caso y Cisco y La Rioja Norte en el segundo.

Tabla 3. Análisis de componentes principales, correlaciones con las variables originales, valores propios y variación explicada por los componentes 1 y 2, en 19 características cuantitativas de semillas de *J. macrocarpa*.

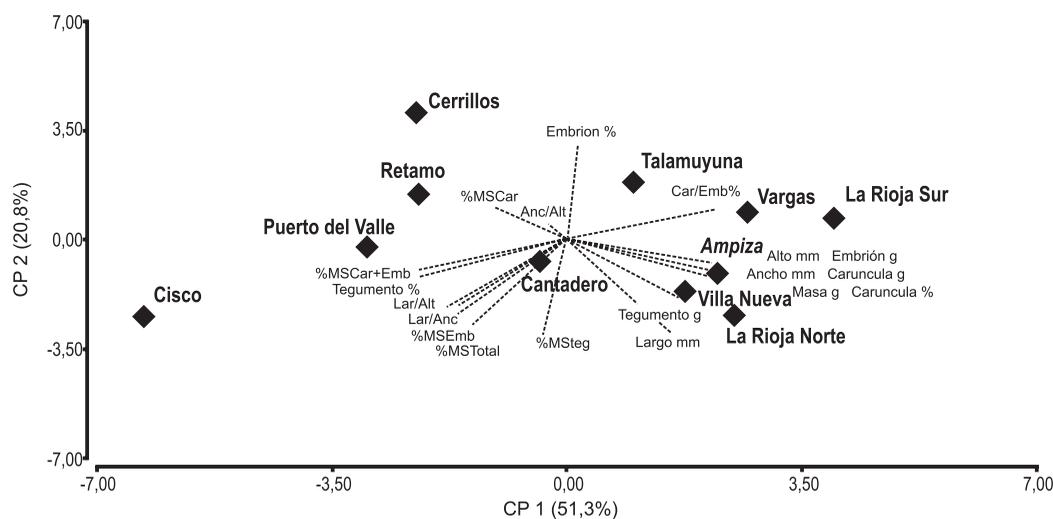


Figura 1. Representación de la variación explicada y ubicación de las accesiones de *J. macrocarpa* en el Chaco Árido

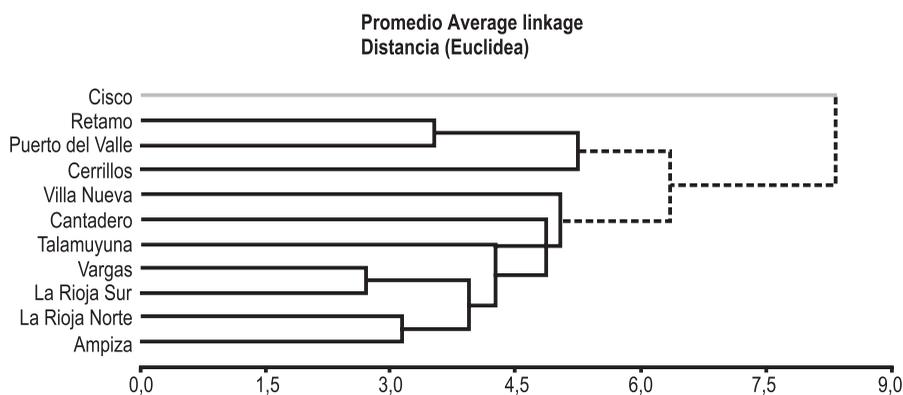


Figura 2. Conglomerados de orígenes geográficos de *J. macrocarpa*, construidos a partir de 19 características cuantitativas de semillas

Para realizar el análisis de conglomerados se utilizaron todas las variables, considerando que solo dos de los caracteres presentan escasos aportes a la variabilidad total (Tabla 3), por lo que la reducción de dimensiones posible no es significativa. La correlación cofenética fue de 0,835, lo que indica un buen ajuste en la definición de los conglomerados. En el dendrograma obtenido (Figura 2) se observa que la procedencia Cisco se diferencia de todas las demás en una distancia de 8,34, las demás procedencias se agrupan en dos conjuntos a una distancia de 6,36. Uno conformado por Retamo, Puerto del Valle y Cerrillos y el otro por las demás accesiones con procedencia geográfica en el faldeo oriental de la Sierra de Velazco.

## Discusión

Las semillas de diversos lugares de *Jatropha macrocarpa* mostraron considerable variación en algunas de las características evaluadas, y asociaron las accesiones a distintas zonas geográficas separadas aproximadamente 150 km una de otra. Pertenecen a tres elementos orográficos independientes, Sierras de: Velazco, Brava y de Los Llanos. Estas formaciones circundan por el Oeste, Este y Sur, respectivamente, al nivel basal subregional conformado por Salina La Antigua y Sur Oeste de Salina Grande en el caso de la accesión más austral.

La variabilidad encontrada coincide con lo informado por diversos autores que han encontrado alta variabilidad entre accesiones de *Jatropha curcas* (Guerrero et al., 2011; Machado, 2011; Umamaheswari et al., 2010; Kaushik et al., 2007; Ginwal et al., 2005) evaluadas con descriptores morfológicos y productivos como en algunos casos marcadores moleculares. En contraposición con estos resultados Salinas et al. (2011) reportaron en procedencias geográficas de Ecuador una baja variación entre las localidades y alta dentro de cada procedencia.

Tanto el descriptor cualitativo como los 19 cuantitativos utilizados en el análisis multivariado, separan las procedencias del faldeo oriental de la Sierra de Velazco de la de la Sierra de Los Llanos, estando las de Sierra Brava en un intermedio. En estas procedencias el color de las semillas es heterogéneo, compuesto por distintas proporciones de colores que son característicos de los otros orígenes en las que se manifiesta una homogeneidad en este carácter.

Los caracteres cuantitativos que reflejan tamaño de simiente (masa total, de embrión, de carúncula, ancho, alto y largo) se asocian en forma positiva a las procedencias de la Sierra de Velazco identificando las semillas más grandes.

Las restantes procedencias se caracterizan por mayores coeficientes de forma (largo/ancho, largo/alto) y proporciones de materia seca, que indican semillas más alargadas y de menor tamaño.

Las variaciones encontradas pueden interpretarse como resultado de un aislamiento geográfico que permitió la segregación genética independiente de las metapoblaciones y su diferenciación, aunque las características evaluadas pueden también ser influenciadas por variables ambientales como suelo o precipitación (Salazar y Quesada, 1987), lo que deberá ser evaluado en plantaciones experimentales.

## Agradecimientos

Al programa Estancias Científicas 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

- Andrade, G.A.; Caramori, P.H.; De Souza, F.S.; Marur, C.J. y A. de Arruda Ribeiro. 2008. Temperatura mínima letal para plantas jóvenes de pinhão-manso. *Bragantia* 67, 3, 799-803.
- 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.
- 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.
- Ginwal, H.S.; Phartyal, S.S.; Rawat, P.S. y R.L. Srivastava. 2005. Seed Source Variation in Morphology, Germination and Seedling Growth of *Jatropha curcas* Linn. in *Central India Silvae Genetica*, 54, 2: 76-80.
- 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: 131-147.

Kaushik, N.; Krishan Kumar; Sushil Kumar, Nutan Kaushik y S. Roy. 2007. Genetic variability and divergence studies in seed traits and oil content of *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) accessions. *Biomass & Bioenergy*, 31,7, 497-502.

Machado, R. 2011. Caracterización morfológica y productiva de procedencias de *Jatropha curcas* L. *Pastos y Forrajes*, 34, 3: 267-280.

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>)

Salazar, R. y M. Quesada. 1987. Provenance variation in *Guazuma ulmifolia* L. in Costa Rica. *Commonwealth Forestry Review*, 66: 317-324.

Salinas, N.; Armijos, V.; Jiménez, P. y K. Proaño. 2011. Caracterización y estudio de la diversidad genética del piñón (*Jatropha curcas*) mediante el uso de marcadores moleculares. *Ciencia*, 14, 1: 31-40.

Umamaheswari, M.; Paramathma, M. y N. Manivannan. 2010. Molecular genetic diversity analysis in seed sources of *Jatropha* (*Jatropha curcas* L) using ISSR markers. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 1, 3: 268-278.

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.