

AVANCES EN EL MEJORAMIENTO GENÉTICO EN PLANTAS CON POTENCIAL BIOENERGÉTICO

Caso: tempate (*Jatropha curcas*).



**HACIA LA GENERACIÓN DE
NUEVOS MATERIALES
GENÉTICOS DE SIEMBRA DE
Jatropha curcas
EN COSTA RICA**

Escuela de Biología. TEC
Estación Experimental Fabio Baudrit. UCR
Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas
(CENIBiot. CeNAT-CONARE)

Costa Rica, 2018

Introducción:

El interés a nivel mundial en el cultivo de la *Jatropha* se debe principalmente al uso como fuente de energía, ya que las buenas características del aceite se pueden aprovechar para la producción de biodiesel aunque tiene otros usos (medicinal, cosmético, etc). Los residuos del prensado de las semillas durante el proceso de extracción se pueden usar como fertilizante y también para la producción de biogás (Fact, 2010). Empresas en Europa demandan la *Jatropha* como materia prima para la elaboración de productos cosméticos y alimenticios a partir del tempate (Hernández, 2018). La mejora genética y las técnicas agrícolas en este cultivo, son parte de una estrategia integral que permitirá el establecimiento de nuevos cultivares que cumplan con una validación científica del germoplasma producido por mejoramiento genético, en una amplia gama de entornos y por períodos prolongados. Se requieren prácticas agronómicas eficientes para optimizar los resultados del mejoramiento. Así como herramientas moleculares para el estudio de la diversidad genética y como apoyo a los esfuerzos de mejoramiento genético.

Cómo es *Jatropha curcas* (tempate)

El tempate (*Jatropha curcas*) es una planta arbustiva de la familia Euphorbiaceae, que produce semillas con alto contenido de aceite. La fracción total de aceite, grasas y carbohidratos es de aproximadamente 30 a 35% en la semilla y de 50 a 55% en la almendra. Del total de aceite, el 99% se almacena en este último compartimiento. Además del alto porcentaje de aceite en la semilla, la *Jatropha* tiene de 30% a 50% de ácido oleico y de 30 a 50% de ácido linoleico (FACT 2010).

Distribución del tempate.

El centro de origen de esta especie se encuentra en México. Se encuentra en México, América Central, Sudamérica, Sureste de Asia, India y África (Montes & Melchinger 2016).

Tempate es una planta de múltiples usos:

El aceite obtenido de la semilla se puede aprovechar para la producción de biodiesel, para uso cosmético e insecticida. Los residuos del prensado de las semillas es un buen fertilizante y también se puede utilizar para la producción de biogás (FACT 2010). Entre las especies oleaginosas, *J. curcas* es idónea debido a su resistencia a la sequía, es de rápido crecimiento, la propagación es fácil y el ciclo de vida es corto (Kumar y Singh 2014). Además, la *Jatropha* es capaz de adaptarse a condiciones edafoclimáticas muy variables, desde regiones tropicales secas, hasta zonas ecuatoriales húmedas (Loaiza et al. 2012, Jongschaap et al. 2007). Una de las características que presenta el tempate es un alto contenido de proteína que se puede usar para alimentación animal y humano, sin embargo existen variedades de estas plantas que presentan compuestos que limitan el uso para estos fines, principalmente la presencia de ésteres de forbol, los cuales son un grupo de compuestos que pueden conllevar a favorecer el crecimiento de tumores, irritación y hemorragia gastrointestinal entre otros.

Y por qué biocombustibles?

Los combustibles fósiles están formados por sustancias como el carbón, el petróleo, el gas natural y otros productos. Estos materiales con el paso del tiempo se han convertido en sustancias de uso indispensable para los habitantes. Sin embargo, la utilización excesiva de los mismos no solo genera beneficios para el consumidor, sino que se ha comprobado que afectan significativamente la vida terrestre.

Estas sustancias representan una problemática para el ambiente debido a que se desarrollan procesos de combustión en la atmósfera, propiciando una contaminación de aire, agua y suelo. Por esta razón, es importante desarrollar métodos que garanticen la obtención de energía por medio de material orgánico que no altere la composición atmosférica y presente propiedades biológicas ventajosas. La bioenergía, con base en esto, promete mejorar las consecuencias medioambientales provocadas por gases de efecto invernadero; así como abrir nuevas fuentes de empleo a los agricultores y demás comunidades rurales del área. Además, corresponde a un campo científico que pretende solucionar la problemática de los precios crecientes de la energía a nivel mundial, esto por medio de la compra de biocombustible producido localmente en vez de pagar grandes cantidades por el petróleo importado. Entre las fuentes primarias de bioenergía se encuentran los residuos o desechos agrícolas, los cultivos sembrados con este propósito en específico, y la vegetación silvestre.

En Costa Rica, el Programa Nacional de energía 2015-2030 se establece un eje denominado “En la ruta hacia combustibles más limpios”, el cual incluye acciones “para mejorar la calidad de los combustibles con el fin de reducir las emisiones derivadas de su uso, desarrollar la industria de biocombustibles y combustibles alternativos tales como el biodiesel o el hidrógeno y efectuar los cambios normativos necesarios para su incorporación en la matriz energética nacional”.

(VII Plan Nacional de Energía 2015-2030, MINAE 2015)

Por qué es importante el mejoramiento genético?

El mejoramiento genético se encarga de manipular la genética de las especies para dar lugar a mejores cultivares, y de esta forma, aumentar el rendimiento, incrementar la tolerancia del material vegetal a factores que podrían afectar su desarrollo, y mejorar la calidad del producto.

En este sentido, al mejorar una especie se desarrolla un organismo apto para las condiciones de trabajo necesarias del cultivo, facilitando su manipulación, su comercio y su consumo.

Por qué buscar el mejoramiento genético en tempate?

Dentro de las principales limitantes encontradas en el manejo del tempate se encuentra que es una especie que en Costa Rica aún no está domesticada. Desde el 2010 un grupo interdisciplinario de investigadores de tres universidades estatales (Universidad de Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica y Universidad Nacional) han venido realizando estudios sistemáticos sobre el cultivo de *Jatropha curcas* (Tempate), de donde ya se obtiene información sobre su manejo agronómico (Loaiza et al, 2012). Sin embargo, existen varios aspectos que limitan el manejo de la especie para producción, relacionado con la estacionalidad de producción de la producción de flores, ya que hay plantas que florecen dos veces al año y otras que producen varias veces al año. En las investigaciones desarrolladas hasta el momento, se han encontrado plantas que producen muchos frutos, otras que producen solamente flores femeninas y otras que sus frutos no tienen ésteres de forbol. Por lo que la selección de estas plantas con características deseables amerita el desarrollo de métodos de selección para la adecuada evaluación del germoplasma. El ideotipo que se busca comprende rasgos tales como: alta cantidad de frutos, alto contenido de aceite en las semillas y que no sea tóxico (ausencia de ésteres de forbol).

Avances en los estudios de tempate en Costa Rica:

Se cuenta con información sobre el manejo agronómico del cultivo: métodos de propagación, manejo en vivero, manejo del cultivo, podas, fertilización, inventario de factores bióticos que afectan las plantas (plagas, enfermedades, arvenses) y pruebas de plantaciones establecidas en diferentes zonas del país (Loaiza et al, 2012).

Establecimiento de un banco de germoplasma:

Desde el año 2010, se colectó material proveniente de estacas y de semillas de plantas ubicadas en diferentes zonas del país y con ese material se estableció un banco de germoplasma ubicado en la Estación Experimental Fabio Baudrit (UCR), dicho material se encuentra caracterizado morfológica y genéticamente.



Colecta de materiales de *Jatropha* en Orotina y Esparza. 2009 y 2010.



*Banco de germoplasma de tempate (*Jatropha curcas*)
ubicado en la Estación Experimental Fabio Baudrit (UCR).
La Garita. Alajuela.*

Selección de los progenitores:

Entre las labores orientadas hacia el mejoramiento genético, con miras hacia obtener cruzamientos controlados, se seleccionaron progenitores en dos de las accesiones del banco de germoplasma. En una de las accesiones se seleccionaron dos árboles por su alta producción de flores y frutos, la cual se está usando como árbol padre. En otra accesión se encontraron plantas que no contienen ésteres de forbol en las semillas. Estas plantas se están usando como árboles madre para la generación de la primera generación filial (F1), en la cual se buscarán plantas con alta cantidad de frutos y que sean no tóxicas. Adicionalmente, se está siguiendo una estrategia de selección por familias de medios hermanos en una accesión con alto potencial de producción de frutos.

Ensayos realizados:

1. Determinación del momento en que la flor está receptiva (antesis), a partir de ahí se toman flores masculinas y se incorpora el polen a las flores femeninas.



Flores masculinas de tempate.

2. Pruebas para determinar el porcentaje de germinación y viabilidad del polen.

3. Pruebas de entrecruzamiento en el campo y bajo condiciones controladas, se siembran estacas de los progenitores bajo una estructura protegida por malla antiáfidos.

4. Las flores polinizadas se protegen con una bolsa para evitar contaminación de polen proveniente de otras plantas.

5. Pruebas de medios hermanos, a partir de estacas de plantas muy productoras.

6. Valoración de un marcador molecular asociado a la presencia de ésteres de forbol.

7. Dentro de las evaluaciones que se realizan para valorar las características de la descendencia están:

- Altura de las plantas
- Número de ejes de crecimiento
- Cantidad total de semillas
- Porcentaje de aceite en la semilla

8. Establecer un jardín clonal a partir de estacas provenientes de los progenitores, para conservar el material genético élite.

9. Caracterizar la segregación en la F1 de los rasgos relacionados con el crecimiento vegetal, la biología floral, la producción de semilla y de aceite.



Aislamiento de plantas e inflorescencias

Literatura relacionada que se puede consultar:

Ausín, I; Alonso, C; Jarillo,J; Ruiz, L; Martínez, J. 2004. Regulation of flowering time by FVE a retinoblastoma associated protein. Nature genetics. 36 (2):162-165

Basha, S.D; Francis G; Makkar,H; Becker, K; Sujatha, M. 2009. A comparative study of biochemical traits and molecular markers for assessment of genetic relationships between *Jatropha curcas* L. germplasm from different countries. Plant Science. 176:812-823

Briceño-Elizondo, E., Castillo-Ugalde, M. Arias-Aguilar, D., Arnaez Serrano, E., Moreira-Gonzalez, I., Hernandez , J.2016. Light-Response Curves for *Jatropha curcas* Provenances under Field Conditions in Costa Rica. Journal of Agriculture and Life Sciences ISSN 2375-4214 (Print), 2375-4222 (Online) Vol. 3, No. 2; December 2016

Carranza, M. 2014. Utilización de la espectro radiometría para el estudio del estado nutricional y fisiológico en plántulas de *Jatropha curcas* L. (tempate). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Proyecto

final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 39 p.

Castillo-Ugalde, M. ; Briceño-Elizondo, E.; Arias-Aguilar, D.; Moreira-González, I.; Arnáez-Serrano, E. 2018. Análisis fenológico comparativo de las accesiones más productivas de un banco de germoplasma de *Jatropha curcas* (tempate), en Costa Rica. *Tecnología en Marcha* 31 (3): Julio-setiembre

Claims and Facts on *Jatropha curcas* L. (158, 2007, Wageningen UR, The Netherlands). 2007. Ed. Jongschaap, REE; Corré, W; Bindraban, P; Brandenburg, E. Wageningen UR, The Netherlands, v.158, 66 p.

Chikara, J; Prakash, A; Mastan, S; Ghosh, A. 2013. *Jatropha*, Challenges for a New Energy Crop. *Jatropha*, Challenges for a New Energy Crop. New York, USA, Springer Science+Business Media, v.2, p.119-133.

CYTED. Manual de Técnicas de Investigación. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. 1995.

Domínguez S, Xorge A Métodos de investigación fitoquímica. Limusa; 1973. pp 39-44.

He, Yuehui. 2012. Trends in Plant Science, Volume 17, Issue 9, 556-562, 04 June 2012 Copyright © 2012 Elsevier Ltd All rights reserved. 10.1016/j.tplants.2012.05.001

FACT. . 2010. The *Jatropha* Handbook: from cultivation to application. Eindhoven, The Netherlands, FACT Foundation, p.172. .

Fresnedo-Ramírez, J. 2013. The Floral Biology of *Jatropha curcas* L.-A Review. *Tropical Plant Biology* 6(January): 1-15.

Gu, K; Yi, C; Tian, D; Sangha, J; Hong, Y; Yin, Z. . 2012. Expression of fatty acid and lipid biosynthetic genes in developing endosperm of *Jatropha curcas*. *Biotechnology for Biofuels* 5: 47.

Heese, M; Mayer, U and Jürgens, G. 1998. Cytokinesis in flowering plants: cellular process and development integration. *Plant Biology* 1:486-491

Hernández, L. 2018. <http://www.jatrosolutions.com> <http://www.chuta.de>
IICA, 2014. Investigaciones en *Jatropha* alcanzan vuelo en América Latina y el Caribe. Innovación para cosechar prosperidad. IICA-Conexión Abril 2014. #10.

King, AJ; Montes, LR; Clarke, JG; Affleck, J; Li, Y; Witsenboer, H; van der Vossen, E; van der Linde, P; Tripathi, Y; Tavares, E; Shukla, P; Rajasekaran, T; van Loo, En; Graham, I a. . 2013. Linkage mapping in the oilseed crop *Jatropha curcas* L. reveals a locus controlling the biosynthesis of phorbol esters which cause seed toxicity. *Plant Biotechnology Journal* 11: 986-996.

Kumar, S; Singh, S. . 2014. Variability assessment of seed traits in *Jatropha curcas* L. for improvement of oil yield. *International Journal of Genetics and Molecular Biology* 6(January): 8-15.

Liu, P; Wang, C; Li, L; Sun, F; Liu, P; Yue, G. . 2011. Mapping QTLs for oil traits and eQTLs for oleosin genes in *Jatropha*. *BMC Plant Biology* 11(1): 132.

Loaiza, J.; E. Arnáez; I. Moreira; F. Herrera; A. Ureña; J. Hernández. 2012. Guía técnica para el establecimiento y producción del cultivo de *Jatropha curcas* (tempate) en Costa Rica. Editorial tecnológica. Costa Rica. 92 p. (ISBN 978-9977-66-244-2).

Lock de Ugaz, O. Investigación fotoquímica: Métodos en el estudio de productos naturales. 2da ed. Pontificia Universidad Católica del Perú Fondo Editorial; 1994. pp 3-8

Martin, M; Montes, JM. . 2014. Quantitative genetic parameters of agronomic and quality traits in a global germplasm collection reveal excellent breeding perspectives for *Jatropha curcas* L. *GCB Bioenergy* 2014.

Mathieu J, Yant LJ, Mürdter F, Küttner F, Schmid M . 2009. Repression of Flowering by the miR172 Target SMZ *PLoS Biol.* (2009).

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) 1991. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.

Montes, JM; Technow, F; Bohlinger, B; Becker, K. . 2013. Seed quality diversity, trait associations and grouping of accessions in *Jatropha curcas* L. *Industrial Crops and Products* 51: 178-185.

Montes Osorio, LR; Torres Salvador, AF; Jongschaap, REE; Azurdia Perez, CA; Berduo Sandoval, JE; Trindade, LM; Visser, RGF; van Loo, EN. . 2014. High level of molecular and phenotypic biodiversity in *Jatropha curcas* from Central America compared to Africa, Asia and South America. *BMC plant biology* 14(1): 77

Mukherjee, P; Ponnusankar, S; Pandit S; Hazam, P;Ahmmed, M; Mukherjee, K. 2011. Botanical as medicinal food and their effects on drug metabolizing enzymes. *Food and Chemical Toxicology.* (doi:10.1016/j.fct.2011.09.015)

Programa Nacional de Biocombustibles. 2008 . PROGRAMA NACIONAL DE BIOCOMBUSTIBLES. República de Costa Rica. Ministerio del Ambiente y Energía. Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Sun, X;Qin, Q; Zhang J; Zhang Ch; Zhou M ;Paek, K; Cui Y. 2012. Isolation and characterization of the FVE gene of a *Doritaenopsis* hybrid involved in the regulation of flowering. *Plant Growth Regul* 68:77-86

Sunil, N; Kumar V; Sujatha, M; Rajeswara, G;Siva,K. 2013. Minimal descriptors for characterization and evaluation of *Jatropha curcas* L. germplasm for utilization in crop improvement. *Biomass and Bioenergy*, 48 :239-249

Thomas, B. 2006. Light signals and flowering. *Journal of Experimental Botany*. 57(13): 3387-3393.

Vázquez, M. et al. 2016. Molecular characterization and genetic diversity of *Jatropha curcas* L. in Costa Rica". *Revista Peer J*. 17th November 2016.

Wang, CM; Liu, P; Yi, C; Gu, K; Sun, F; Li, L; Lo, LC; Liu, X; Feng, F; Lin, G; Cao, S; Hong, Y; Yin, Z; Yue, GH. . 2011. A first generation microsatellite- and SNP-based linkage map of *Jatropha*. *PLoS ONE* 6(8): 4-11.

Wu.Sh. 2011. The extraordinary Collapse of *Jatropha* as a Global Biofuel. *Environmental Science and Technology*. Dx.doi.org/10.1021/es 201943v

Wu, P; Zhou, C; Cheng, S; Wu, Z; Lu, W; Han, J; Chen, Y; Chen, Y; Ni, P; Wang, Y; Xu, X; Huang, Y; Song, C; Wang, Z; Shi, N; Zhang, X; Fang, X; Yang, Q; Jiang, H; Chen, Y; Li, M; Wang, Y; Chen, F; Wang, J; Wu, G. . 2015. Integrated genome sequence and linkage map of physic nut (*Jatropha curcas* L.), a biodiesel plant. *The Plant Journal* 81: 810-821.

Yi, C; Reddy, C; Varghese, K; Bui, T; Zhang, S; Kallath, M; Kunjachen, B; Ramachandran, S; Hong, Y. . 2014. A New *Jatropha curcas* Variety (JO S2) with Improved Seed Productivity. *Sustainability* 6: 4355-4368.

<http://agro.unc.edu.ar/~mejogeve/Intro2016.pdf>

<http://agriculturers.com/como-funciona-el-mejoramiento-genetico-vegetal/>

<http://agriculturers.com/como-funciona-el-mejoramiento-genetico-vegetal>

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626190900302X>

http://www.cicy.mx/posgrado/Doc_ER/6.%20vinculaci%C3%B3n/18.2%20Convenios/Conv8_Conacyt.PDF

http://intainforma.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2010/09/bio_WEB.pdf
Impacto de combustibles fósiles en el ambiente

<http://redbioargentina.org.ar/simposio2013/pdf/conferencistas/Loyola.pdf>

http://www.fgcsic.es/lychnos/es_es/articulos/cultivos_energeticos_y_biocombustibles

<http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/Biocombustibles/CultivosEnergeticos.asp>

http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/bioenergia%20y%20agricultura.pdf

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/idigoras_p_j/capitulo2.pdf

Este material fue preparado por:

- Emanuel Araya Valverde Escuela de Biología del Instituto Tecnológico de Costa Rica y del Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas (CENIBiot-CeNAT)
- Elizabeth Arnáez Serrano Escuela de Biología. Instituto Tecnológico de Costa Rica
- Ileana Moreira González Escuela de Biología. Instituto Tecnológico de Costa Rica
- Franklin Herrera Murillo. Estación Experimental Fabio Baudrit. Universidad de Costa Rica
- Guillermo Vargas Hernández Estación Experimental Fabio Baudrit. Universidad de Costa Rica
- Katherine Sánchez Zúñiga Escuela de Biología. Instituto Tecnológico de Costa Rica
- Elemer Briceño Elizondo Escuela de Biología. Instituto Tecnológico de Costa Rica

Para mayor información consulte a:

Emanuel Araya V.

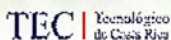
Guillermo Vargas.

Elizabeth Arnáez S.

earaya@itcr.ac.cr. Telf. 2519-5700 ext. 6090

guillermo.vargas@ucr.ac.cr Telf: 2511-7793

earnaez@itcr.ac.cr 2550-9159



Este documento ha sido impreso gracias al aporte de la Fundación para el Fomento de la Investigación y la Transferencia de Tecnología Agropecuaria en Costa Rica (FITTACORI), como parte del proyecto F06-17. El contenido es responsabilidad de los autores.

