

Consideraciones sobre la importancia del muestreo en los estudios de la domesticación de plantas: el caso del frijol Lima (*Phaseolus lunatus*) en México

JAIME MARTÍNEZ-CASTILLO

Unidad de Recursos Naturales
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY).
Calle 43, No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, 97200, Mérida, Yucatán, México
jmartinez@cicy.mx

Con los avances en el desarrollo de nuevos marcadores moleculares o en las técnicas de secuenciación de ADN, muchos de los estudios que abordan la domesticación de plantas intentan basar su éxito en la utilización de este tipo de técnicas. Sin duda alguna, el uso de las nuevas tecnologías puede incrementar el muestro a nivel del genoma. Sin embargo, un error muy común en estos estudios es incluir en su investigación solamente el material vegetal depositado en los bancos de germoplasma los cuales, en la mayoría de los casos, no poseen una muestra representativa de la distribución geográfica y la composición genética de las especies domesticadas bajo estudio, especialmente para el caso de los parientes silvestres de estas especies. Esta estrategia de investigación termina generando, casi siempre, resultados similares a los previamente reportados.

Palabras clave: domesticación, estructura genética, frijol Lima, Mesoamérica, *Phaseolus lunatus*.

Cuando ingrese al CICY en el 2007, decidí continuar mi investigación con el frijol Lima (*Phaseolus lunatus* L.) (Figura 1), especie que fue mi modelo de estudio durante mi Doctorado. En ese año presenté mi primera solicitud en la convocatoria de Ciencia Básica-CONACYT proponiendo el estudio de la domesticación del acervo genético Mesoamericano (AGM) del frijol Lima del cual se desconocía hasta ese momento su centro de domesticación. Como investigador principiante quería impresionar a los evaluadores del CONACYT proponiendo técnicas moleculares avanzadas para demostrar donde se domesticó el AGM. Un acierto en mi incipiente carrera científica fue invitar al proyecto a investigadores con experiencia

en el tema. Uno de estos, el Dr. Daniel G. Debouck (CIAT-Colombia) experto en la domesticación del género *Phaseolus*, me dio la mejor recomendación: "... Jaime, si quieres encontrar resultados novedosos no estudies únicamente a los mismos individuos/poblaciones que han sido usados en trabajos previos...". Creo que esta sugerencia, y no el uso de técnicas moleculares, fue lo que a la larga llevo a mi proyecto a ser considerado por CONACYT como un caso de éxito y cuyos resultados principales resumo a continuación.

Aunque se reconoce que la domesticación de cultivos es un proceso dinámico y en desarrollo, hallar las áreas de domesticación original así como conocer la organización de la diversidad genética de

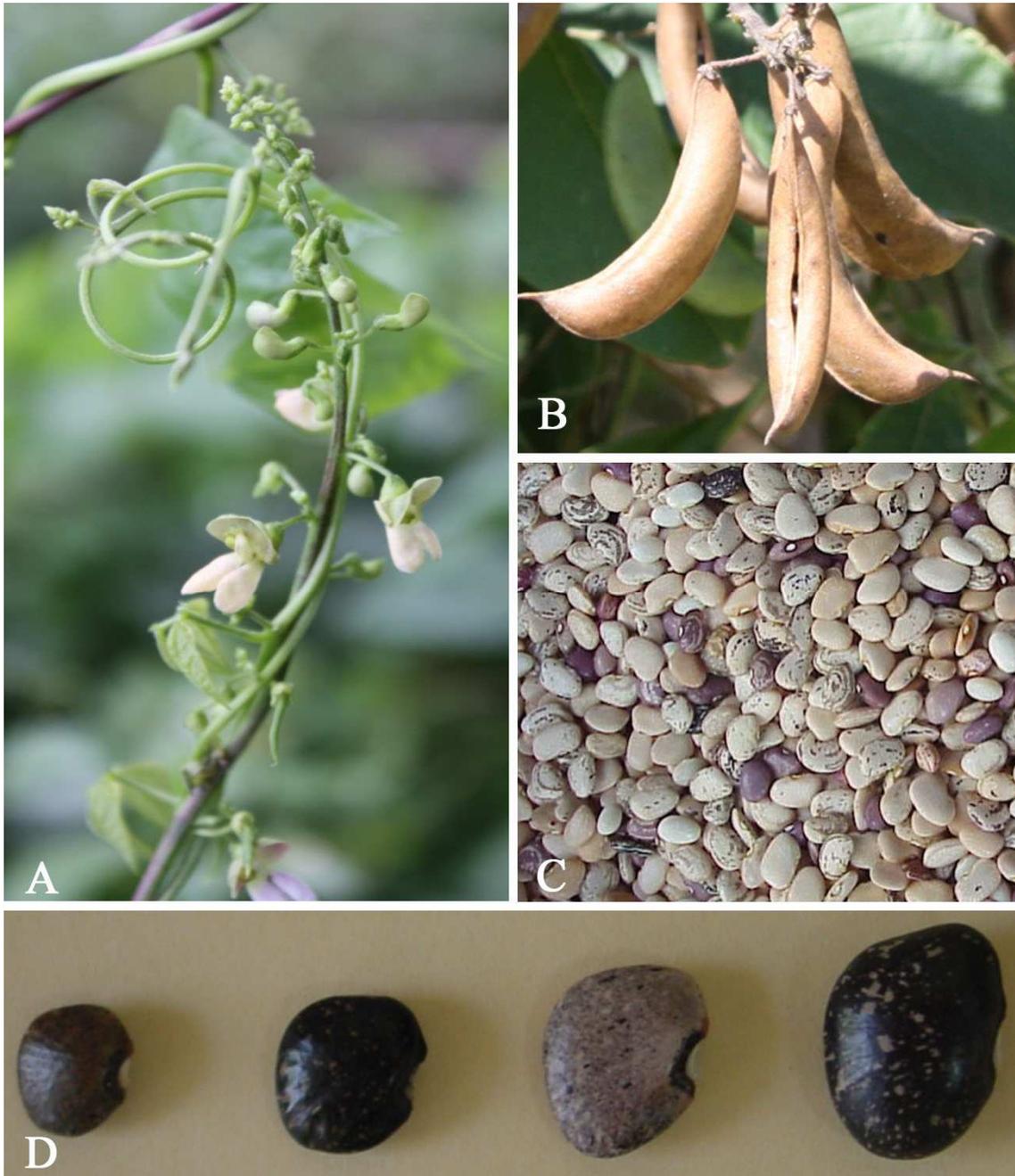


Figura 1. Características morfológicas del frijol Lima (*Phaseolus lunatus* L.) Mesoamericano. **A.** Inflorescencia. **B.** Vaina. **C.** Semillas domesticadas. **D.** Variación en semillas silvestres.

los cultivos y de sus parientes silvestres es de gran importancia práctica para los fitomejoradores y los conservacionistas. Uno de los grupos de plantas de mayor importancia en la alimentación humana que fue domesticado son los frijoles

(*Phaseolus* sp.). Este género es de origen neotropical y posee aproximadamente 50 especies, pero solo cinco de estas fueron domesticadas por el humano. El frijol Lima es una de estas plantas domesticadas, representando la segunda especie



comercial más importante de frijol en el mundo, solo después del frijol común (*P. vulgaris* L.). Aunque en algunos países el frijol Lima tiene gran importancia comercial (p. ej., Estados Unidos de América o Perú), en México su importancia radica en ser un cultivo de subsistencia para algunos grupos étnicos, como por ejemplo en la agricultura tradicional de los Mayas de la Península de Yucatán, en donde el frijol Lima (llamado Ib o Ibe en Maya) representa el cuarto cultivo más importante.

Hasta el año del 2009 se consideraba que el acervo genético primario de *P. lunatus* estaba dividido en dos grandes grupos: el Andino y el Mesoamericano, cada uno de estos integrando tanto formas silvestres como cultivadas, así como presentando al interior un único evento de domesticación. Para el acervo Andino, el centro de domesticación fue ubicado en los valles de altitud media presentes entre Perú y Ecuador, lugar en donde solo existen sus poblaciones silvestres. Para el caso del AGM, este se consideraba genéticamente compacto a pesar de abarcar una amplia área geográfica que va desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de Argentina. Debido a esto y a la carencia de colectas en muchas zonas de esta distribución, el centro de domesticación de AGM no había sido encontrado y solo algunas hipótesis habían sido sugeridas. Toda esta información había sido generada usando accesiones provenientes del banco de germoplasma del CIAT, el cual alberga la mayor colección de semillas de *P. lunatus* en el mundo. Además, existía la interrogante de si la gran diversidad de variedades cultivadas existentes en el AGM eran el resultado de uno o varios eventos de domesticación. Fue hasta el 2010 cuando se reportaron avances importantes sobre la evolución y domesticación del AGM por el grupo de trabajo de la Dra. Isabel Chacón (Universidad Nacional de Colombia), quienes encontraron

evidencias moleculares (polimorfismos en secuencias de ADN de cloroplasto y de núcleo) sobre la existencia de dos grandes grupos al interior de AGM a los cuales nombraron MI y MII, así como la existencia de un evento de domesticación para AGM en el sur-occidente de México (Motta-Aldana *et al.* 2010; Serrano-Serrano *et al.* 2010). Sin embargo, todas estas evidencias seguían siendo generadas a partir de colectas presentes en el banco de germoplasma del CIAT.

Siguiendo la recomendación del Dr. Debouck, una de las actividades más importantes realizadas dentro de mi proyecto fue la colecta de más de 100 poblaciones silvestres de *P. lunatus* en toda su área de distribución natural en México y en el Petén Guatemalteco (Figura 2), la gran mayoría de estas nunca antes analizadas. Este gran esfuerzo de colecta, sumado a la donación de accesiones por parte del CIAT, ayudó a extender el muestreo desde México hasta Centro y Sur América, permitiendo confirmar la existencia de los grupos MI y MII dentro de AGM, ya reportado previamente. Pero además, este amplio muestreo generó resultados novedosos sobre la evolución y domesticación de *P. lunatus*, entre los que resaltan los siguientes (Serrano-Serrano *et al.* 2012; Andueza-Noh *et al.* 2013; Martínez-Castillo *et al.* 2014):

- 1) Las poblaciones silvestres y cultivadas del grupo MI solo se distribuyen en México, siendo que al interior de las poblaciones silvestres existen dos subgrupos genéticamente diferentes.
- 2) El grupo MII se distribuye desde el sureste de México hasta Argentina.
- 3) El Istmo de Tehuantepec es el área alrededor de la cual se llevó a cabo la diferenciación genética de MI y MII.

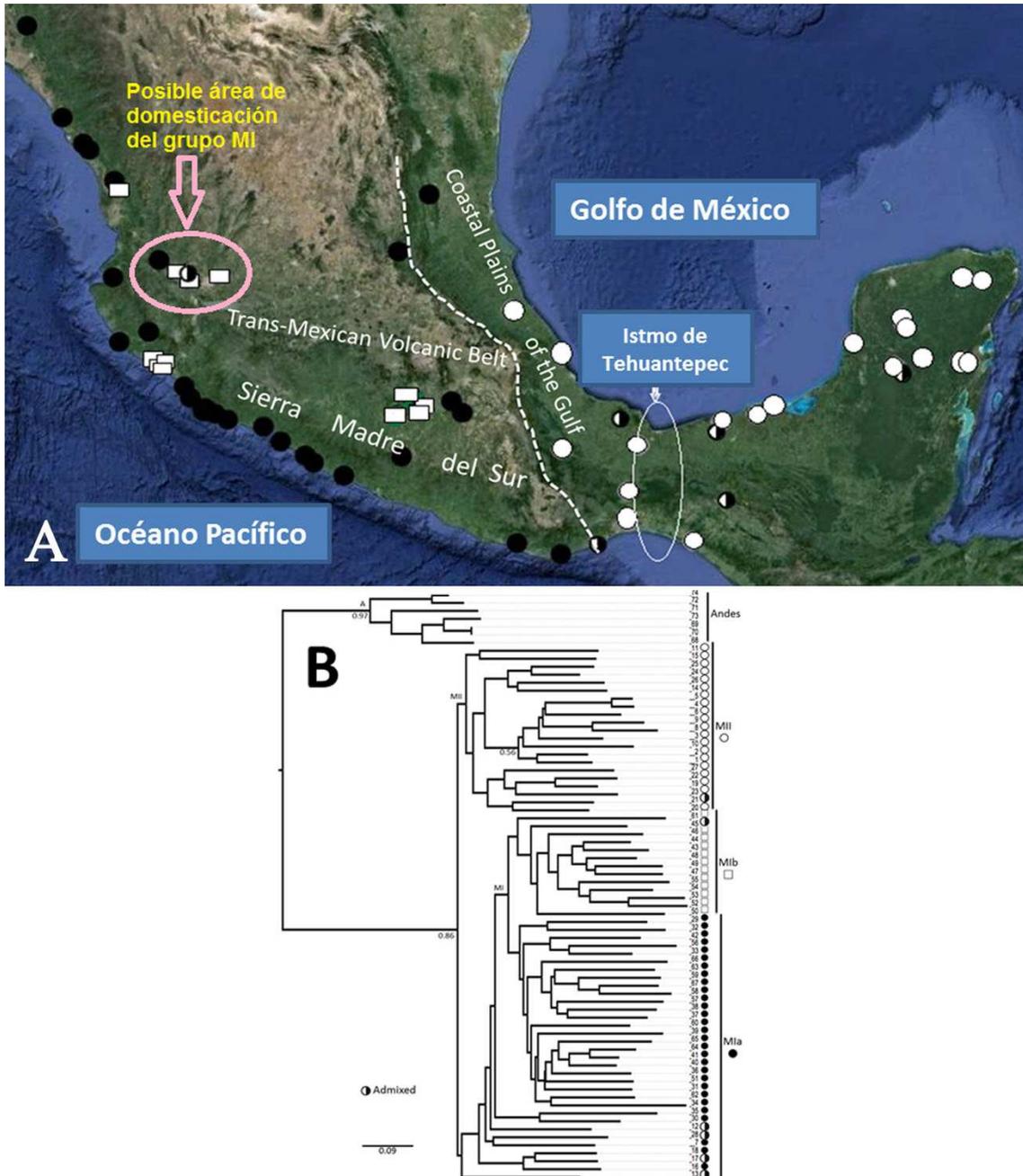


Figura 2. Organización de la diversidad genética del acervo genético Mesoamericano del frijol Lima (*Phaseolus lunatus* L.) silvestre en México y su posible área de domesticación. **A.** Mapa de la distribución natural de las poblaciones silvestres del frijol lima en México. **B.** Dendrograma de las poblaciones silvestres de *P. lunatus* presentes en México. Para ambas figuras: grupo MIa (círculos negros), grupo MIb (cuadros blancos) y grupo MII (círculos blancos), poblaciones intermedias (círculos en negro y blanco). Modificado de Martínez-Castillo *et al.* (2014).

4) La domesticación de MI sucedió en el centro-occidente de México, posible-

mente en el área abarcada actualmente por los estados de Jalisco y Colima.



- 5) La domesticación de MII se dio en Centroamérica, en el área abarcada entre Guatemala y Costa Rica.
- 6) La Península de Yucatán es un centro de diversidad genética para el cultivo, pero no es un área de domesticación.
- 7) El material domesticado procedente de Sur América no tiene relación genética con el material silvestre Mesoamericano analizado, abriendo la hipótesis de un tercer evento de domesticación en Sur América.

Tanto la diferenciación genética entre MI y MII en el Istmo de Tehuantepec, así como la presencia de 2 subgrupos silvestres dentro de MI, son dos aspectos que deben de ser estudiados más a profundidad. Un punto central en el estudio de la evolución de las especies domesticadas es examinar cómo está organizada la diversidad genética en sus parientes silvestres a lo largo de su rango geográfico, ya que la adaptación y especiación dependen de los patrones genéticos existentes entre las poblaciones que pueden surgir como una consecuencia de procesos como el flujo génico, la deriva genética, la mutación y la selección. Además, el estudio de la estructura genética en los parientes silvestres de las especies domesticadas es relevante para diseñar estrategias efectivas de muestreo que permitan retener los niveles máximos de diversidad genética y para generar información genética básica sobre la domesticación de los cultivos. Así, un mejor entendimiento de la subestructura de *P. lunatus* silvestre al interior de MI podrá definir mejor el sitio de domesticación de este acervo y determinar de qué poblaciones silvestres fue domesticado. Además, este conocimiento ayudará a determinar la dispersión postdomesticación de las variedades cultivadas de frijol Lima en México, lo que permitirá determinar la estructura genética del ger-

plasma cultivado y conocer los factores que han generado que la Península de Yucatán sea actualmente un centro de diversidad genética para las variedades cultivadas del frijol Lima sin ser esta región un centro de domesticación para la especie.

En resumen, aunque es muy importante tomar en cuenta el esfuerzo de nuestro realizado por los investigadores que nos antecedieron y el cual se ve reflejado en el material depositado en los bancos de germoplasma, este material solo debe de ser una parte de nuestra estrategia de muestreo. Si de verdad queremos aportar nuevo conocimiento sobre nuestros modelos de estudio, es necesario la realización de un muestreo más completo de la distribución natural de las poblaciones silvestres y cultivadas ya que este puede arrojar resultados novedosos sobre la domesticación de las especies, así como generar nuevas interrogantes que permitan profundizar más en el tema y/o redirigir el trabajo hacia nuevos enfoques o estrategias de investigación.

Referencias

- Andueza-Noh R.H., Serrano-Serrano M.L., Chacón Sánchez M.I., Sánchez del Pino I., Camacho-Pérez L., Coello-Coello J., Mijangos Cortés J., Debouck D.G. y Martínez-Castillo J. 2012. Multiple domestications of the Mesoamerican gene pool of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.): evidence from chloroplast DNA sequences. *Genetic Resources and Crop Evolution* 60: 1069-1086.
- Martínez-Castillo J., Camacho-Pérez L., Villanueva-Viramontes S., Andueza-Noh R. H. y Chacón Sánchez M.I. 2014. Genetic structure within the Mesoamerican gene pool of wild *Phaseolus lunatus* L. (Fabaceae) from Mexico as revealed by microsatellite markers: Implications for conservation



- and domestication of the species. *American Journal of Botany* 101(5): 851-864.
- Motta-Aldana J., Serrano-Serrano M.L., Torres H.J., Villamizar C.G., Debouck D.G. y Chacón Sánchez M.I. 2010. Multiple origins of Lima bean landraces in the Americas: evidence from chloroplast and nuclear DNA polymorphisms. *Crop Science* 50: 1773-1787.
- Serrano-Serrano M.L., Hernández-Torres J., Castillo-Villamizar G., Debouck D.G. y Chacón Sánchez M.I. 2010. Gene pools in wild Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) from the Americas: Evidences for an Andean origin and past migrations. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 54: 76-87.
- Serrano-Serrano M.L., Andueza-Noh R., Martínez-Castillo J., Debouck D.G. y Chacón Sánchez M.I. 2012. Evolution and domestication of Lima Bean (*Phaseolus lunatus* L.) in Mexico: evidence from Ribosomal DNA. *Crop Science* 52: 1698-1712.

Desde el Herbario CICY, 7: 17–22 (05-Febrero-2015), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 232, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editor responsable: William Cetzal-Ix. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2014-082714011600-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: en trámite. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 18 de septiembre de 2014.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin el permiso previo por escrito del Herbario CICY.