

AVANCES SOBRE LOS RECURSOS GENÉTICOS DE FRIJOL (*Phaseolus* sp.) EN PANAMÁ¹

Daniel Gabriel Debouck²; Emigdio Rodríguez-Quiel³

RESUMEN

Una bioprospección en el occidente de la provincia de Chiriquí, Panamá, permitió encontrar 15 poblaciones para las cuatro especies de frijol (*Phaseolus*) reportadas en estado no cultivado o silvestre en este país: *P. costaricensis*, *P. dumosus*, *P. lunatus* y *P. tuerckheimii*. Se discuten unos aspectos de conservación de estas especies, empezando con la pequeña extensión territorial del nicho ecológico original de tres especies. Mientras los hábitats de *P. lunatus* se van reduciendo por la ganadería en la parte por debajo de 1,300 m, el bosque tropical altimontano con estación seca donde crecen las otras tres, se reduce por los cultivos de hortalizas de clima templado y la expansión urbana. Los materiales de *P. dumosus* presentaron una variación poco común en sus semillas, posiblemente como resultado de cruces con otras especies, con la perspectiva de usarlos como puente en mejoramiento.

Palabras claves: Bioprospección, mejoramiento, parientes silvestres del cultivo.

¹Recepción: 13 de febrero de 2019. Aceptación: 6 de agosto de 2019. Proyecto cooperativo entre el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), con el apoyo del Global Crop Diversity Trust (GCDDT).

²Programa de Recursos Genéticos, CIAT, Cali, Colombia. e-mail: d.debouck@cgiar.org.

³Proyecto de Fríjol, IDIAP, David, Panamá. e-mail: erodriguez@gmail.com.



PROGRESS IN THE STUDY OF GENETIC RESOURCES OF *Phaseolus* BEANS IN PANAMA

ABSTRACT

A germplasm exploration carried out in the western part of the Chiriqui province in Panama resulted in the disclosure of 15 populations for the four *Phaseolus* bean species reported as non-cultivated or wild for this country: *P. costaricensis*, *P. dumosus*, *P. lunatus* and *P. tuerckheimii*. Some aspects of conservation of these species are discussed starting with the small acreage of the original habitat for three species. While the areas of natural occurrence of *P. lunatus* below 1,300 m are being reduced because of cattle ranching, the tropical montane forest with dry season where the other three are thriving, is being replaced by cool climate vegetable crops and urban expansion. The collections of *P. dumosus* displayed an unusual variation in seed traits, possibly resulting from natural crosses with other species, thus offering the possibility for use as bridge in breeding.

Key words: Breeding, crop wild relatives, germplasm exploration.

INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la agricultura en el trópico americano hace 8-10,000 años y desde la aplicación del mejoramiento científico en el último siglo, la diversidad genética de los cultivos existente en miles de variedades nativas ha sido un factor clave para la sostenibilidad y los aumentos de productividad de los mismos. En el caso del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), esencial en la dieta de los pueblos centroamericanos (Broughton et al., 2003), los recursos genéticos han permitido superar las destrucciones ocasionadas por las enfermedades (Singh y Schwartz, 2010), las plagas (Miklas et al., 2006), o las limitaciones severas debidas a la baja fertilidad del suelo (Beebe, 2012), la sequía (Beebe et al., 2008), o las deficiencias en hierro (Blair et al., 2011). La selección asistida por marcadores y la disponibilidad de recursos genéticos más allá de las variedades tradicionales del agricultor están motivando a los fitomejoradores a considerar los parientes silvestres de cultivo (Lobaton et al., 2018). La forma silvestre del frijol común puede aportar genes interesantes contra gorgojos (Zaugg et al., 2013), sequía (Cortés et al., 2013), o para aumentar el rendimiento (Acosta-Gallegos et al., 2007) o la proteína de reserva en las semillas (Sotelo et al., 1995). Especies del acervo secundario contribuyen a la resistencia contra enfermedades tales como antracnosis (Mahuku et al., 2002), mancha por *Ascochyta* (Schmit y Baudoin, 1992) y moho blanco (Singh et al., 2013), o a mejorar la reacción contra toxicidad alumínica en suelos ácidos (Butare et al., 2012). El interés de los parientes



silvestres está también en estudios evolutivos (Chacón-Sánchez et al., 2007; Ariani et al., 2017) que tienen impacto en mejoramiento (¿cuáles materiales debemos cruzar para obtener heterosis?) y en conservación (¿cuáles materiales debemos conservar en prioridad?), Pero antes de poder ampliar todas estas evaluaciones y el uso de estas especies, hay que reunir las y conocerlas.

El género *Phaseolus* (Leguminosae, Phaseoleae) cuenta con 80-85 especies silvestres en el continente americano (Porch et al., 2013), desde la región de Nueva York en los EE.-UU. (Freytag y Debouck, 2002) hasta la provincia de Córdoba en Argentina (Drewes, 2006). Más de 50 especies se encuentran en México (Delgado-Salinas y Gama-López, 2015), unas 15 especies en América Central (Araya-Villalobos et al., 2015), y sólo seis especies en América del Sur (Beebe y Debouck, 2019). Debido a esta distribución, y siendo Panamá el corredor biológico de referencia a nivel continental (Graham, 2010), entonces surgen las preguntas: ¿Cuáles especies silvestres de *Phaseolus* pueden encontrarse en Panamá? y luego: ¿Cuál ha sido el papel del Istmo en las migraciones de estas especies, ya que sabemos que hubo migraciones (para el frijol Lima: Serrano-Serrano et al., 2010; para el frijol común: Rendón-Anaya et al., 2017)?

La consulta de trabajos especializados y listados florísticos (Freytag y Debouck, 2002; Correa et al., 2004), y de los registros existentes en Herbarios y Museos de Historia Natural (86 visitados por uno de los autores en el período 1978-2018) y en bancos de germoplasma como el del CIAT, indican que las especies de *Phaseolus* conocidas para la República de Panamá son: *P. costaricensis* Freytag y Debouck (silvestre), *P. dumosus* Macfadyen (escape), *P. lunatus* L. (cultivado y silvestre), *P. tuerckheimii* Donnell-Smith (silvestre) y *P. vulgaris* (cultivado).

Con relación al frijol común en Panamá, es importante señalar que ha sido reportado en estado cultivado (Lackey y D'Arcy, 1980; Correa et al., 2004) y efectivamente hay muchos cultivos comerciales para grano seco del llamado 'poroto' en el occidente de la provincia de Chiriquí (ANATI, 2016), y observaciones personales en esta bioprospección). Como parte de la flora nativa, *P. vulgaris* en estado silvestre existe en Costa Rica (Araya-Villalobos et al., 2001) y en Colombia (Toro-Chica et al., 1990). Entonces surge la pregunta: ¿existe o no en Panamá? Heinz Brücher (1988, p. 205) escribió: "In



Panamá, I found *P. aborigineus* in the Chiriqui mountains in the northernmost part of that country; plants grew at 1,600 m altitude in an *Alnus* forest – a habitat similar to the one in the Andes”. Y volvió a escribir (1989, p. 94): “Brücher found *P. aborigineus* in Costa Rica and in the Chiriqui mountains of NW Panamá”. En el estudio de los 86 Herbarios, particularmente en Kew, München y Buenos Aires (San Isidro), hemos encontrado algunas muestras colectadas por Brücher, pero son de *P. dumosus* en Colombia y Venezuela, y de *P. vulgaris* silvestre (sinónimo = *P. aborigineus*) en Argentina y Venezuela (Debouck, 2018), pero no de Panamá y tampoco de Costa Rica. Entonces: ¿hubo realmente colectas de Heinz Brücher en Panamá, y en caso positivo, cuándo? ¿O acaso lo confundió con *P. costaricensis* (ver abajo)? Esta duda por aclarar vuelve a resaltar la importancia de dejar buenos especímenes como prueba en Museos de Historia Natural.

Los materiales actualmente conservados en el banco de germoplasma del CIAT con país de origen Panamá (Cuadro 1) para lo cual se puede hacer la consulta en línea en el siguiente URL: <https://ciat.cgiar.org/what-we-do/crop-conservation-and-use/>.

Cuadro 1. Inventario de materiales de Panamá existentes en la colección conservada en CIAT.

Especies	Estado biológico	Número de materiales
<i>lunatus</i>	cultivado	3
<i>lunatus</i>	silvestre	1
<i>vulgaris</i>	cultivado	7
Total: taxa	3	11

Fuente: CIAT, 2019.

Son en total 11 materiales de *Phaseolus* de Panamá conservados en el CIAT, representando dos especies, 10 materiales en estado cultivado, y un material en estado silvestre. Estas cifras pueden considerarse más bien bajas en comparación a las de otros países centroamericanos, por ejemplo, Costa Rica, en el mismo banco de germoplasma. Por lo tanto, se presentó una solicitud de estudio y colección de muestras, con fines de conservación, al Ministerio del Ambiente de Panamá, cuyos objetivos específicos eran: determinar las especies de *Phaseolus* existentes en Panamá, conocer su distribución geográfica y ecología, precisar el nivel de amenaza de extinción de poblaciones de *Phaseolus in situ* e informar a la Autoridad Ambiental Competente, y conservar muestras de semillas de poblaciones de *Phaseolus* en bancos de germoplasma.



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

MATERIALES Y MÉTODOS

Para encontrar las poblaciones silvestres de frijol en esta bioprospección, se aplicó una metodología de cruzar varios pisos altitudinales con fines de encontrar distintos tipos de vegetación y categorías de suelos (Debouck, 1988). En el mismo piso altitudinal, se tomó precaución en observar si cambiaba el tipo de suelo o la humedad (p.ej. presencia, densidad y clase de plantas epifitas) para decidir si se hace nueva colecta. Se trató de coleccionar semilla en varias plantas a lo largo de la población, considerando la búsqueda posterior de características útiles (Schwartz et al., 2014). Los datos recogidos en los Herbarios eran pocos para poder aplicar una tecnología de Sistema de Información Geográfica, la cual ha sido útil para buscar parientes silvestres (en frijol: Jones et al., 1997; y en ají: Jarvis et al., 2005). Efectivamente se necesita una docena de poblaciones georeferenciadas de distintos sitios para construir el modelo matemático. Las coordenadas fueron obtenidas mediante un GPSmap 62S de Garmin; la altitud fue también obtenida desde un altímetro Thommen (0-5,000 m). Se usaron mapas producidos por el Instituto Geográfico Nacional 'Tommy Guardia' de Panamá: topográfico (escala 1:250,000), precipitación media anual (escala 1:1,000,000) y vegetación actual 2000 (escala 1:1,000,000) (ANATI, 2016). Cuando el material en el campo presentaba folíolos, flores y/o frutos en buen estado, es decir, los caracteres diagnósticos para estas especies: Maréchal et al., 1978, se prepararon unas muestras de herbario para permitir la verificación taxonómica. Los especímenes de herbario fueron dejados en los Herbarios de Panamá (PMA) y de Chiriquí (UCH) (siglas de *Index Herbariorum*: Thiers, 2018).

La bioprospección tuvo lugar en el occidente de la provincia de Chiriquí en el mes de enero, ya que para las especies reportadas arriba las compilaciones hechas en los Herbarios daban probabilidades de encontrarlas en floración y/o con frutos. El itinerario fue así (Figura 1): enero 11, 2019: búsquedas en el distrito de Renacimiento, sector occidental de la provincia de Chiriquí con límites con Costa Rica: Volcán, Río Sereno, Miraflores, Piedra de Candela, Los Pozos Termales de Silla de Pando, Mount Totumas. Enero 12: búsquedas en el distrito de Bugaba, sector occidental del volcán Barú: Nuevo Bambito, Bambito, Cerro Punta, Nueva Suiza, Desierto de Nueva Suiza, Las Nubes, Alto Pineda. Enero 13: búsquedas en el distrito de Boquete, sector oriental del volcán Barú: Volcancito, Parque Nacional Volcán Barú, Los Naranjos, Alto Quiel, Bajo Mono, Alto Jaramillo, Jaramillo Abajo, Palmira Arriba, Palmira Abajo. Al regreso de la misión, se secaron las



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

muestras de semilla y de herbario. Se conservaron las semillas en la estación experimental del IDIAP en Río Sereno, y se distribuyeron las muestras de herbario a PMA y UCH.

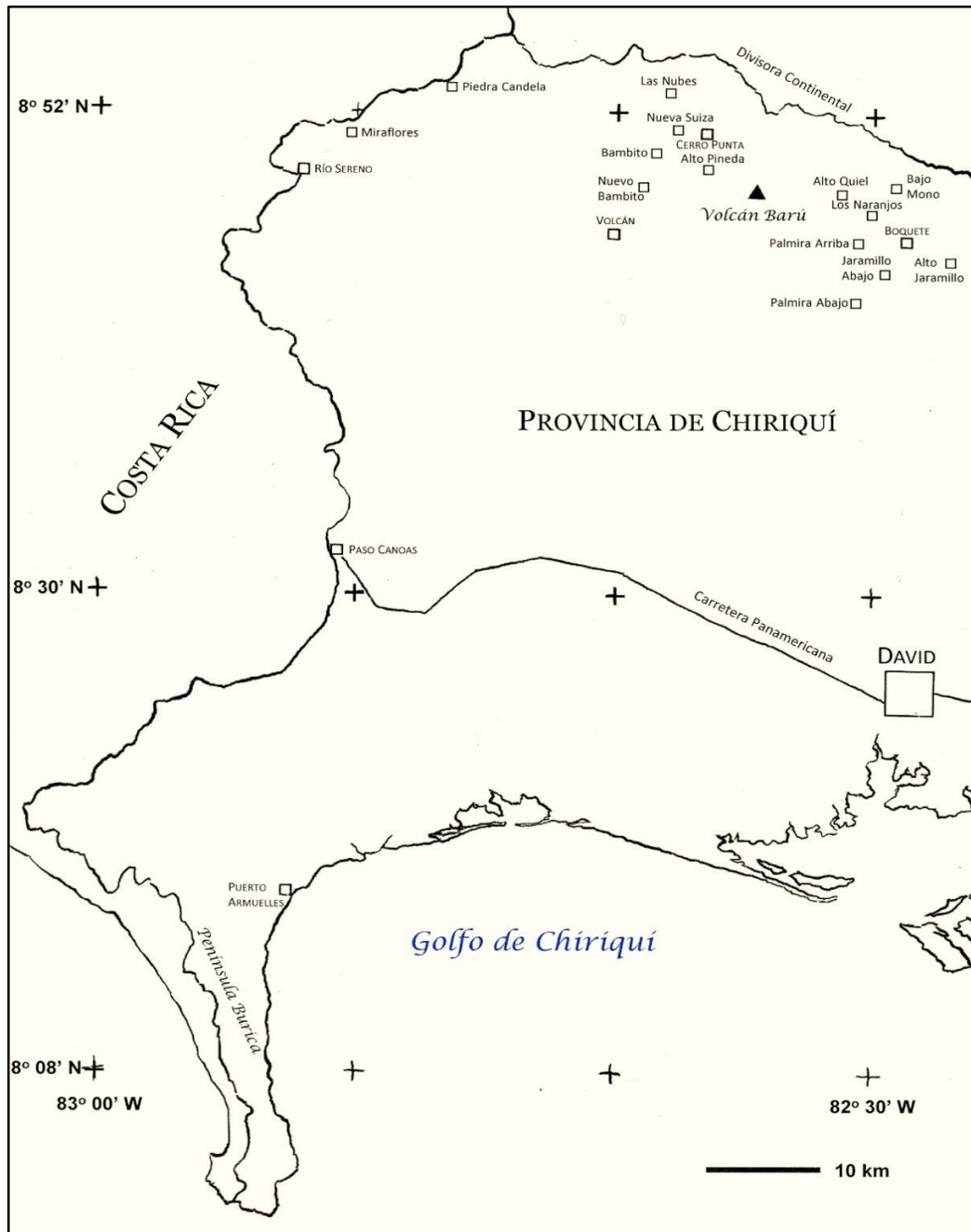


Figura 1. Zonas visitadas y muestreadas en el occidente de la provincia de Chiriquí, Panamá.



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Especies encontradas: 4, así: *P. costaricensis*, *P. dumosus*, *P. lunatus* (silvestre) y *P. tuerckheimii* (Cuadro 2).

Poblaciones encontradas: 15, así: *P. costaricensis* (4), *P. dumosus* (4), *P. lunatus* (3) y *P. tuerckheimii* (4).

Especímenes colectados: 48, para tres especies y once poblaciones, así: *P. costaricensis* (18), *P. lunatus* (16) y *P. tuerckheimii* (14).

Semilla para fines de conservación (ya en esta fecha), para 6 poblaciones, así: *P. costaricensis* (2: #3372, #3378) y *P. dumosus* (4: #3373, #3377, #3381 y #3384).

Cuadro 2. Materiales encontrados en orden consecutivo.

Número	Especie	Distrito	Altitud (msnm)	Fecha
3372	<i>costaricensis</i>	Bugaba	1,616	12/1/2019
3373	<i>dumosus</i>	Bugaba	1,869	12/1/2019
3374	<i>tuerckheimii</i>	Bugaba	1,881	12/1/2019
3375	<i>costaricensis</i>	Bugaba	1,905	12/1/2019
3376	<i>tuerckheimii</i>	Bugaba	2,047	12/1/2019
3377	<i>dumosus</i>	Bugaba	1,689	12/1/2019
3378	<i>costaricensis</i>	Boquete	1,856	13/1/2019
3379	<i>tuerckheimii</i>	Boquete	1,886	13/1/2019
3380	<i>lunatus</i>	Boquete	1,309	13/1/2019
3381	<i>dumosus</i>	Boquete	1,545	13/1/2019
3382	<i>tuerckheimii</i>	Boquete	1,584	13/1/2019
3383	<i>costaricensis</i>	Boquete	1,656	13/1/2019
3384	<i>dumosus</i>	Boquete	1,682	13/1/2019
3385	<i>lunatus</i>	Boquete	1,313	13/1/2019
3386	<i>lunatus</i>	Boquete	1,289	13/1/2019
Total: 15	Total: 4	Total: 2		

Especies

P. costaricensis

Las cuatro poblaciones encontradas (en rango altitudinal 1,616-1,905 msnm) estaban en formación de vainas verdes, ya entrando en madurez seca (#3372, #3378). Pese a la gran humedad cerca de Bambito (#3372) o de Bajo Mono (#3383), el follaje se mostraba libre de enfermedades causadas por hongos (antracnosis, mancha por *Ascochyta*, moho blanco) que usualmente destruyen los cultivos de frijol en estas condiciones ambientales (Singh y Schwartz, 2010). Varias poblaciones sufren de la presión



antrópica (p.ej. no se volvió a ver la población de Finca Lérída reportada en julio de 1940; Debouck, 2018) (Figura 2), aunque varias están a salvo por la topografía muy quebrada que no permite la agricultura ni edificaciones. En el sector de Nueva Suiza, los ancianos lo conocen como 'frijol de monte', pero no reportan algún uso. Cabe señalar que la vaina es un poco mayor (100x13 mm *versus* 60x6 mm) y de sección más elíptica que la vaina de *P. vulgaris* silvestre.



Figura 2. Población #3378 de *P. costaricensis* (flecha) en la parte baja del Parque Nacional Volcán Barú, al lado de un campo de papa recién cosechada (primer plano).

P. dumosus

Las cuatro poblaciones encontradas (en rango altitudinal 1,545-1,869 msnm) estaban ya en madurez seca de los frutos y con tallos secos (Figura 3); por lo tanto, no fue posible hacer herbarios completos con follaje y flores. Las cuatro poblaciones fueron encontradas como escapes de cultivo, afuera de las áreas cultivadas, en cercas y límites de barbechos. La población #3373 mostró grano con introgresión de *P. costaricensis* creciendo cerca (#3372), justificando la colecta como material puente para mejoramiento.



La población #3377 presentó grano bayo rosado con rayas café (poco común en esta especie, en estado de escape de cultivo). La población #3381 mostró el grano de color naranja muy común en estado de escape de cultivo (Schmit y Debouck, 1991), aunque unos granos fueron de color café claro y otros de color café oscuro, justificando la colecta como poco comunes. La población #3384 presentó granos de color rojizo con pintas crema, nuevamente poco frecuente en estado de escape de cultivo. Cerca de Bajo Mono, distrito de Boquete, el material (#3384) era conocido como “haba”, aunque no hay evidencia de consumo sostenido ahora.



Figura 3. Lado izquierdo: Población #3381 de *P. dumosus* (flecha) 0,5 km NW de Alto Quiel, mostrando un nicho ecológico frecuente en orilla de cafetales o de terrenos que fueron cultivados en el pasado y ahora abandonados. Lado derecho, desde arriba: fenotipo común de semillas (población #3381), semillas con posible introgresión (población #3373), y fenotipo de semillas poco frecuente (población #3377) (escala = 1 cm).



P. lunatus

Las tres poblaciones encontradas (en rango altitudinal 1,289-1,313 msnm) fueron todas del distrito de Boquete. Son todas formas silvestres por la morfología (vainas pequeñas y semillas pequeñas de color gris) y por la ecología (creciendo libremente en vegetaciones naturales, aunque muchas muy intervenidas); no son escapes de cultivo. Complementan el único registro anterior para este sector de la provincia de Chiriquí: *WH Lewis et al. 318* (COL, DUKE, MEXU, PMA), el otro siendo de la península de Burica (Debouck, 2018). Desde allí el interés en la última población (#3386) de Palmira Abajo (Figura 4). Las poblaciones fueron encontradas en desarrollo de vainas verdes, aunque hubo plantas jóvenes aún sin florecer de germinaciones tardías.



Figura 4. Población #3386 en una cerca (primer plano) de un campo en descanso, 2 km N de Palmira Abajo.



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

P. tuerckheimii

La distribución de esta especie arranca en Chiapas, México, y termina en el distrito de Boquete, prov. de Chiriquí, Panamá (Freytag y Debouck, 2002). Las cuatro poblaciones encontradas (en rango altitudinal 1,584-2,047 msnm) complementan varios registros anteriores de los botánicos del Missouri Botanical Garden y la Universidad de Duke, entre otros (Debouck, 2018), cerca de (Bajo) Boquete (#3379, #3382) y Cerro Punta (#3374, #3376), ahora con coordenadas GPS para seguimiento del estado de conservación. Las poblaciones fueron encontradas en floración y formación de vainas verdes, lo que corresponden a la fenología esperada para esta especie en este momento del año. Sólo la población #3376 al SE de Cerro Punta puede considerarse como grande, mientras que las #3374 y #3382 (Figura 5) eran de pocos individuos, y por lo tanto en peligro. La población #3379 está dentro del Parque Nacional Volcán Barú y podría considerarse como protegida.



Figura 5. Población #3382 de *P. tuerckheimii* de Alto Quiel, nuevo registro para Chiriquí (flechas marcando dos inflorescencias).



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

Los hechos anteriores sugieren los siguientes puntos para discusión. **Primero**, el trabajo previo de preparación, recomendado por von Bothmer y Seberg, 1995, como el estudio de 86 Herbarios para identificar y ubicar representantes del género *Phaseolus* en Panamá dio indicaciones útiles sobre zonas potenciales a visitar. Por los requisitos de temperatura y pluviosidad de las especies (Freytag y Debouck, 2002) las zonas cercanas al Volcán Barú en ambas laderas eran de visitar, y efectivamente permitieron ubicar varias poblaciones, incluyendo registros nuevos para el país. **Segundo**, las comparaciones de los datos de ubicación de las poblaciones de las visitas pasadas con los datos actuales permiten concluir, en algunos casos, que la extinción de poblaciones de estas especies está en marcha (p.ej. la población de *P. costaricensis* de la Finca Lérída cuyo sitio está ahora ocupado por invernaderos con cultivos de pimentón). Sin embargo, la comparación es difícil por la falta de precisión de varios datos pasados; en este sentido, los datos obtenidos ahora por la tecnología GPS permitirán un seguimiento más preciso. Pero se pueden anticipar dificultades de conservación *in situ* frente a la rápida expansión de los cultivos de clima templado (Figura 2) y de las urbanizaciones, ya observada por D'Arcy, 1977, y Harcourt et al., 1996, lo que permite un **tercer** punto. Cabe recordar que las zonas de vida (variantes del bosque tropical latifoliado altimontano con estación seca de 3 meses) convenientes para las especies *P. costaricensis*, *P. dumosus* y *P. tuerckheimii*, son muy reducidas en Panamá (es el final de la zona montañosa centroamericana): 0,6% de la vegetación del país ó 45,102 ha, y aún 15% de esta zona de vida ya está muy modificada (Correa et al., 2004). Efectivamente en esta zona por requisitos básicos de adaptación ecológica se concentra la mayor parte de los cultivos de hortalizas de clima templado tales como papa, tomate de mesa, lechuga, zanahoria, pimentón, cebolla, repollo, chayote (ANATI, 2016). Es también una zona de crecimiento demográfico y aumento de edificaciones (ANATI, 2016). Esta doble presión sobre una superficie limitada en altitudes mayores a 1,600 m hará costosa la conservación *in situ*. Sin embargo, la conservación *in situ* se justifica por el siguiente punto. **Cuarto**, una población de *P. dumosus* (#3373) mostró índices de introgresión desde *P. costaricensis*, y puede servir de puente en programas de mejoramiento. Este fenómeno de producción de variabilidad es posible entre las especies de la sección *Phaseoli* (donde están: *P. albescens*, *P. coccineus*, *P. costaricensis*, *P. debouckii*, *P. dumosus*, *P. persistentus*, y *P. vulgaris*) (Porch et al., 2013; Rendón-Anaya et al., 2017). Este fenómeno de flujo génico se ha dado varias veces a lo largo de la evolución de esta sección (Mina-Vargas et al., 2016; Rendón-Anaya et al.,



2017), y también se ha observado en Costa Rica (materiales G40828, G40829: Programa de Recursos Genéticos CIAT, 2019). Cabe mencionar que *P. dumosus* ha mostrado resistencia a antracnosis (Mahuku et al., 2002) y a mancha por *Ascochyta* (Schmit y Baudoin, 1992), mientras que *P. costaricensis* ha mostrado resistencia a moho blanco (Schwartz et al., 2014). Estas indicaciones sugieren incluir los materiales encontrados lo antes posible en trabajos de evaluación contra estas enfermedades, y usarlos en mejoramiento. **Quinto**, para las especies potenciales anunciadas en la propuesta al Ministerio del Ambiente (i.e. *P. talamancensis*, *P. vulgaris* silvestre, *P. xanthotrichus*), aunque se hicieron búsquedas en la zona cafetera del distrito de Renacimiento, no se encontraron (tampoco se encontraron en la zona de frontera en Costa Rica en febrero de 1998), pero se encontraron varias otras leguminosas vicariantes tales como *Helicotropis spectabilis* o *Rhynchosia major* (bajo unos mm adicionales de precipitación). Quizá una visita en una fecha más temprana puede ser una opción a probar. Por **último**, los materiales encontrados de *P. lunatus* pueden ser útiles para entender los movimientos florísticos entre Centroamérica y la zona andina (Serrano-Serrano et al., 2010) y tener un mejor entendimiento de la variabilidad en esta especie, la cual puede ser muy interesante en las zonas tropicales bajas (Rachie, 1973), ahora afectadas por aumento de temperatura debido al cambio climático.

CONCLUSIONES

- Las cuatro especies silvestres cuya presencia era anunciada por los estudios previos fueron efectivamente encontradas en vegetaciones naturales de Chiriquí. Esta colaboración CIAT e IDIAP en recursos fitogenéticos de frijol se ha hecho en el momento adecuado, considerando el frágil estado de las poblaciones de estos parientes silvestres de frijol en el campo. Esta colaboración también hace un aporte al Ministerio del Ambiente de Panamá con información precisa sobre poblaciones para planificar la conservación de la agrobiodiversidad, cumpliendo con los objetivos presentados en la propuesta.
- Esta colaboración CIAT e IDIAP complementa las colecciones de Panamá conservadas en bancos de germoplasma, por ejemplo, en el caso de *P. costaricensis* y *P. dumosus*, especies para las cuales no existían materiales conservados antes de este trabajo. En el caso de *P. lunatus* silvestre, el único material conservado proviene de la provincia de



Colón, y ahora hay tres registros más para la provincia de Chiriquí. Varios de los materiales encontrados una vez aumentados pueden ser incluidos en programas de evaluación y mejoramiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo quieren agradecer a los Doctores Axel Villalobos e Ismael Camargo del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá por su total apoyo y continuo interés en este proyecto, a la Licenciada Patricia Hernández del Ministerio del Ambiente por su eficaz colaboración en aprobar el permiso científico para la recolección de muestras. Al Dr. Rafael Rincón y Dra. Tina Hofmann del Herbario UCH de la Universidad Autónoma de Chiriquí por su interés y por el apoyo en el secado de las muestras. A la Dra. María S. de Stapf de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Panamá y Directora del Herbario PMA por su interés y por permitir el estudio de las colecciones del Herbario PMA. Al Dr. Peter Wenzl, Dra. Marcela Santaella, Sra. Eliana Urquijo y Sra. Josefina Martínez del Programa de Recursos Genéticos del Centro Internacional de Agricultura Tropical por sus muy útiles aportes en distintas etapas de este proyecto. Al Dr. Néstor Chaves y al Maestro Rodolfo Araya de la Universidad de Costa Rica por su interés en este trabajo. Es particularmente grato para los autores mencionar el apoyo del Gobierno de Noruega y del Global Crop Diversity Trust para la realización del trabajo de campo y actividades complementarias a este.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Gallegos, J.A., J.D. Kelly, and P. Gepts. 2007. Prebreeding in common bean and use of genetic diversity from wild germplasm. *Crop Sci.* 47 (S3): S44-S59.
- Araya-Villalobos, R., W.G. González-Ugalde, F. Camacho-Chacón, P. Sánchez-Trejos, and D.G. Debouck. 2001. Observations on the geographic distribution, ecology and conservation status of several *Phaseolus* bean species in Costa Rica. *Genet. Resources y Crop Evol.* 48 (3):221-232.
- Araya-Villalobos, R., K. Martínez-Umaña, y D.G. Debouck. 2015. ¿Cuántas especies de frijol (*Phaseolus*) hay en Costa Rica? LX Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano de Mejora de Cultivos y Animales. Cd. Guatemala, Guatemala.



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

- Ariani, A., J.C. Berny-Mier Y Terán, and P. Gepts. 2017. Spatial and temporal scales of range expansion in wild *Phaseolus vulgaris*. *Mol. Biol. Evol.* 35 (1):119-131.
- ANATI (Autoridad Nacional de Administración de Tierras). 2016. Atlas nacional de la República de Panamá. Instituto Geográfico Nacional 'Tommy Guardia', Ciudad de Panamá, Panamá. 318p.
- Beebe, S.E. 2012. Common bean breeding in the tropics. *In: "Plant breeding reviews"*, J. Janick (ed.). Vol. 36. Wiley-Blackwell, Hoboken, New Jersey, USA. p. 357-426.
- Beebe, S.E., and D.G. Debouck. 2019. Common beans and Lima beans in the northern Andes: evolutionary riddles and potential utility. Special report to the Annual Report of the Bean Improvement Cooperative (USA). 62, *in press*.
- Beebe, S.E., I.M. Rao, C. Cajiao, and M. Grajales. 2008. Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environments. *Crop Sci.* 48 (2):582-592.
- Blair, M.W., C. Astudillo, J. Rengifo, S.E. Beebe, and R. Graham. 2011. QTL analyses for seed iron and zinc concentrations in an intra-genepool population of Andean common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theor. Appl. Genet.* 122 (3):511-521.
- Broughton, W.J., G. Hernández, M.W. Blair, S. Beebe, P. Gepts, and J. Vanderleyden. 2003. Beans (*Phaseolus* sp.) – model food legumes. *Plant & Soil* 252 (1):55-128.
- Brücher, H. 1988. The wild ancestor of *Phaseolus vulgaris* in South America. *In: "Genetic resources of Phaseolus beans: their maintenance, domestication, evolution and utilization"*, P. Gepts (ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holland. p. 185-214.
- Brücher, H. 1989. Useful plants of Neotropical origin and their wild relatives. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany. 296p.



- Butare, L., I. Rao, P. Lepoivre, C. Cajiao, J. Polania, J. Cuasquer, and S. Beebe. 2012. Phenotypic evaluation of interspecific recombinant inbred lines (RILs) of *Phaseolus* species for aluminium resistance and shoot and root growth response to aluminium-toxic acid soil. *Euphytica* 186 (3):715-730.
- Chacón-Sánchez, M.I., B. Pickersgill, D.G. Debouck, and J. Salvador-Arias. 2007. Phylogeographic analysis of the chloroplast DNA variation in wild common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the Americas. *Pl. Syst. Evol.* 266 (3-4): 175-195.
- Correa, M., C. Galdames, y M.S. de Stapf. 2004. Catálogo de las plantas vasculares de Panamá. Universidad de Panamá and Smithsonian Tropical Research Institute, Panama City, Panama. 599p.
- Cortés, A.J., F.A. Monserrate, J. Ramírez-Villegas, S. Madriñán, and M.W. Blair. 2013. Drought tolerance in wild plant populations: the case of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *PloS ONE* 8 (5):1-10.
- D'Arcy, W.G. 1977. Endangered landscapes in Panamá and Central America: the threat to plant species. *In*: "Extinction is forever", G.T. Prance y T.S. Elias (eds.). The New York Botanical Garden, New Work, USA. p. 89-104.
- Debouck, D.G. 1988. *Phaseolus* germplasm exploration. *In*: "Genetic resources of *Phaseolus* beans: their maintenance, domestication, evolution and utilization", P Gepts (ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holland. p. 3-29.
- Debouck, D.G. 2018. Cahiers de phaséologie – section *Brevilegumeni*, section *Paniculati* and section *Phaseoli*. International Center for Tropical Agriculture, Cali, Colombia. 86p, 449p and 224p, respectively. <https://ciat.cgiar.org/what-we-do/crop-conservation-and-use/> files. (consultado 15 dic. 2018).
- Delgado-Salinas, A., y S. Gama-López. 2015. Diversidad y distribución de los frijoles silvestres en México. *Rev. Dig. Univ. (UNAM, México)* 16 (2):2-11.



- Drewes, S.I. 2006. Sobre *Phaseolus vulgaris* var. *aborigineus* (Fabaceae) en Córdoba. Bol. Soc. Argent. Bot. 41 (3-4):323-324.
- Freytag, G.F., and D.G. Debouck. 2002. Taxonomy, distribution, and ecology of the genus *Phaseolus* (Leguminosae-Papilionoideae) in North America, Mexico and Central America. Sida Bot. Misc. 23:1-300.
- Graham, A. 2010. Late Cretaceous and Cenozoic history of Latin American vegetation and terrestrial environments. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, Missouri, USA. 617p.
- Harcourt, C., G. Palacios, and J. Ruiz-Murrieta. 1996. Panama. *In*: "The conservation atlas of tropical forests – The Americas". C.S. Harcourt y J.A. Sayer (eds.), Simon and Schuster, New York, New York, USA. p. 212-218.
- Jarvis, A., K. Williams, D. Williams, L. Guarino, P. J. Caballero, and G. Mottram. 2005. Use of GIS for optimizing a collecting mission for a rare wild pepper (*Capsicum flexuosum* Sendtn.) in Paraguay. Genet. Resources & Crop Evol. 52 (6):671-682.
- Jones, P.G., S.E. Beebe, J. Tohme, and N.W. Galwey. 1997. The use of geographical information systems in biodiversity exploration and conservation. Biodivers. Conserv. 6:947-958.
- Lackey, J.A., and W.G. D'Arcy. 1980. *Phaseolus*. Family 83. Leguminosae. Flora of Panama. Ann. Missouri Bot. Gard. 67:746-751.
- Lobaton, J.D., T. Miller, J. Gil, D. Ariza, J.F. de la Hoz, A. Soler, S. Beebe., J. Duitama, P. Gepts and B. Raatz. 2018. Resequencing of common bean identifies regions of inter-gene pool introgression and provides comprehensive resources for molecular breeding. Plant Genome 11 (2):170068. doi: 10.3835/plantgenome2017.08.0068.



- Mahuku, G.S., C. Jara, C. Cajiao, and S. Beebe. 2002. Sources of resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in the secondary gene pool of *Phaseolus vulgaris* and in crosses of primary and secondary gene pools. *Plant Disease* 86 (12):1383-1387.
- Maréchal, R., J. Mascherpa, e F. Stainier. 1978. Etude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces des genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. *Boissiera* 28:1-273.
- Miklas, P.N., J.D. Kelly, S.E. Beebe, and M.W. Blair. 2006. Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses: from classical to MAS breeding. *Euphytica* 147 (1-2):105-131.
- Mina-Vargas, A.M., P.C. McKeown, N.S. Flanagan, D.G. Debouck, A. Kilian, T.R. Hodkinson, and C. Spillane. 2016. Origin of year-long bean (*Phaseolus dumosus* Macfady., Fabaceae) from reticulated hybridization events between multiple *Phaseolus* species. *Ann. Bot.* 118 (5):957-969.
- Porch, T.G., J.S. Beaver, D.G. Debouck, S. Jackson, J.D. Kelly, and H. Dempewolf. 2013. Use of wild relatives and closely related species to adapt common bean to climate change. *Agronomy* 3:433-461.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2019. Programa de Recursos Genéticos, Cali, Colombia. <https://ciat.cgiar.org/what-we-do/crop-conservation-and-use/>. (consultado 16 ene. 2019).
- Rachie, K.O. 1973. Relative agronomic merits of various food legumes for the lowland tropics. *In*: "Potentials of field beans and other food legumes in Latin America", D. Wall (ed.), Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. p. 123-139.



- Rendón-Anaya, M., J.M. Montero-Vargas, S. Saburido-Alvarez, A. Vlasova, S. Capella-Gutiérrez, J.J. Ordaz-Ortiz, O.M. Aguilar, R.P. Vianello-Brondani, M. Santalla, L. Delaye, T. Gabaldón, P. Gepts, R. Winkler, R. Guigó, A. Delgado Salinas, and A. Herrera-Estrella. 2017. Genomic history of the origin and domestication of common bean unveils its closest sister species. *Genome Biol.* 18 (60):1-17.
- Schmit, V., and J.P. Baudoin. 1992. Screening for resistance to *Ascochyta* blight in populations of *Phaseolus coccineus* L. and *P. polyanthus* Greenman. *Field Crops Res.* 30 (1-2):155-165.
- Schmit, V., and D.G. Debouck. 1991. Observations on the origin of *Phaseolus polyanthus* Greenman. *Econ. Bot.* 45 (3):345-364.
- Schwartz, H.F., K. Otto, D.M. Viteri, D.G. Debouck, and S.P. Singh. 2014. Response of six wild *Phaseolus costaricensis* accessions to seven bacterial, fungal, and viral diseases of common bean. *Annu. Rept. Bean Improvement Coop. USA* 57:241-242.
- Serrano-Serrano, M.L., J. Hernández-Torres, G. Castillo-Villamizar, D.G. Debouck, and M.I. Chacón-Sánchez. 2010. Gene pools in wild Lima beans (*Phaseolus lunatus* L.) from the Americas: evidences for an Andean origin and past migrations. *Molec. Phylogen. Evol.* 54 (1):76-87.
- Singh, S.P., and H.F. Schwartz. 2010. Breeding common bean for resistance to diseases: a review. *Crop Sci.* 50 (6):2199-2223.
- Singh, S.P., H. Terán, H.F. Schwartz, K. Otto, D.G. Debouck, W. Roca, and M. Lema. 2013. White mold-resistant, interspecific common bean breeding line VRW32 derived from *Phaseolus costaricensis*. *J. Plant Registr.* 7(1):95-99.
- Sotelo, A., H. Sousa, and M. Sánchez. 1995. Comparative study of the chemical composition of wild and cultivated beans (*Phaseolus vulgaris*). *Plant Foods Hum. Nutr.* 47 (2):93-100.



- Thiers, B.M. 2018. [continuously updated]. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium, New York, USA. <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>. (consultado 12 dic. 2018).
- Toro-Chica, O., J. Tohme, and D.G. Debouck. 1990. D.G. Wild bean (*Phaseolus vulgaris* L.): description and distribution. International Board for Plant Genetic Resources and Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 106p.
- von Bothmer, R., and O. Seberg. 1995. Strategies for the collecting of wild species. *In*: L. Guarino, V.R. Rao, and R. Reid (eds.). Collecting plant genetic diversity: technical guidelines. CAB International, Wallingford, United Kingdom. p. 93-111.
- Zaugg, I., C. Magni, D. Panzeri, M.G. Daminati, R. Bollini, B. Benrey, S. Bacher, and F. Sparvoli. 2013. QUES, a new *Phaseolus vulgaris* genotype resistant to common bean weevils, contains the arcelin-8 allele coding for new lectin-related variants. *Theor. Appl. Genet.* 126 (3):647-661.

