

J.M. Salcedo<sup>1</sup>, N.P. Castañeda<sup>1</sup> & D.G. Debouck<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Biodiversity International, Oficina para las Américas, c/o CIAT, COLOMBIA. [j.m.salcedo@cgiar.org](mailto:j.m.salcedo@cgiar.org)  
<sup>2</sup> Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), AA 6713, Cali, COLOMBIA. [d.debouck@cgiar.org](mailto:d.debouck@cgiar.org)  
(Este trabajo ha sido apoyado, entre otros, por BMZ, Alemania)

## INTRODUCCIÓN

Varias especies de *Phaseolus* (Fabaceae, Phaseoleae), perteneciendo a secciones tan diversas tales como *Acutifolii*, *Falcati*, *Minkelsia* y *Xanthotricha* (Freytag & Debouck 2002), tienen semillas pequeñas (peso 100-semillas: 0.5-3 g). Puede ser parte de una estrategia reproductiva *R* donde los carbohidratos de la fotosíntesis están direccionados durante semanas a grandes números de semillas pequeñas en lugar de pocas semillas de mayor tamaño, producidas en un período más corto. Esta estrategia reproductiva puede ser apropiada en sabanas con encino y/o pino, abiertas, con mucha insolación, y algo de degradación, en donde muchas de estas especies están distribuidas. Dentro de las especies con semilla pequeña, hay un grupo con tegumento rugoso que corresponde a la sección *Rugosi* Freytag (Freytag & Debouck 2002), distribuida en los desiertos sonorense y chihuahuense tales como se los entiende ahora (Dimmitt 2000, y Hernández & Gómez-Hinostrosa 2005, respectivamente). Los *Rugosi* incluyen en la actualidad a: *P. filiformis* Benth., *P. angustissimus* A. Gray, y *P. carteri* Freytag & Debouck. En *Phaseolus*, parecen formar un grupo filogenético distinto, algo relacionado con el grupo de *P. vulgaris* (= los *Phaseoli*), basándose sobre evidencia bioquímica (Jaaska 1996), molecular (Skroch et al. 1993; Delgado-Salinas et al. 2006) y de híbridos interespecíficos (Belivianis & Doré 1986). Con la ayuda de microscopía de barrido y de sistemas de información geográfica, estuvimos interesados en comprobar la validez de esta sección. El estudio de 38 herbarios que tienen especímenes de esta sección nos dio información geográfica y fenológica sobre 309 poblaciones de *Rugosi* (Debouck 2009) (Fig. 1).

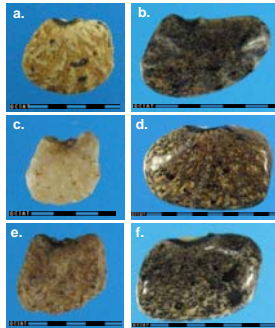


Figura 2. Tegumento de las semillas de: a. *P. angustissimus*, b. *P. microcarpus*, c. *P. carteri*, d. *P. lunatus*, e. *P. filiformis* y f. *P. vulgaris*.

Tabla 1. Promedios del ensayo de captura de agua y prueba de Tukey (Datos expresados en E - 04).

Especies	Promedios Peso Seco (g.) y D.E.	Prom. Agua capturada (g.) y D.E.	Test Tukey
<i>angustissimus</i>	304 (± 53)	10.5 (± 3)	A
<i>carteri</i>	81 (± 15)	7.85 (± 1)	BC
<i>filiformis</i>	98 (± 17)	9.65 (± 2)	AB
<i>microcarpus</i>	152 (± 27)	4.50 (± 1)	D
<i>lunatus</i>	1131 (± 152)	7.20 (± 2)	C
<i>vulgaris</i>	380 (± 55)	4.60 (± 2)	D

Se realizó un análisis de varianza el cual reveló diferencias significativas ( $F=30.6$ ,  $P < 0.001$ ), con un nivel de confianza del 95% para la cantidad de agua capturada en el tegumento de las semillas. Se observó también un coeficiente de variación algo alto para peso seco y húmedo (CV 19.83, y 27.36, respectivamente), debido a la variación entre semillas de cada muestra, pero del mismo orden de magnitud, lo que permitió descartar un sesgo de la operación hacia una especie en particular. Sin embargo, el Test de Tukey mostró un efecto significativo de los tegumentos rugosos en la captura de agua superficial, con una ventaja para los *Rugosi*, en comparación a las demás especies.

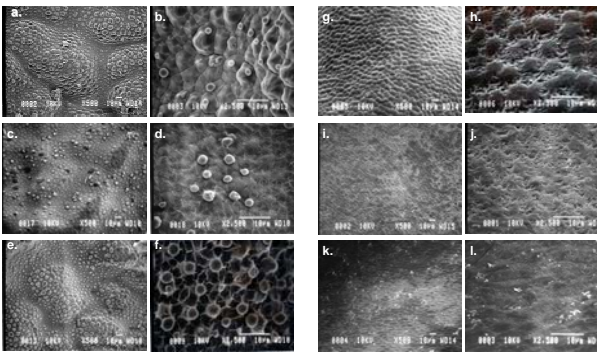
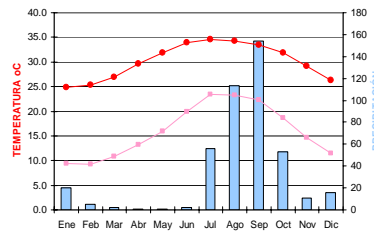


Figura 3. Fotografías de barrido electrónico de los tegumentos de: a-b. *P. angustissimus*, c-d. *P. carteri*, e-f. *P. filiformis*, g-h. *P. microcarpus*, i-j. *P. lunatus* y k-l. *P. vulgaris*.

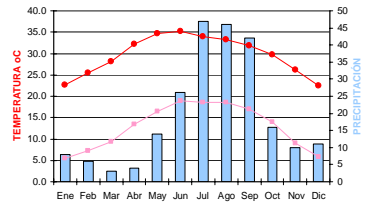
Ya que los *Rugosi* están distribuidos en dos desiertos de América del Norte (Dimmitt 2000), se quiso poner estas particularidades microscópicas de sus tegumentos en relación con sus épocas de germinación, y la distribución mensual de lluvias versus los meses con temperaturas favorables, a través de diagramas ombrotérmicos en sitios de su distribución. Aunque los datos para *P. carteri* son escasos (Debouck 2009), observamos que esta terófito de desierto está en floración en Octubre, y que aprovecha alguno de los dos meses con precipitación promedio mayor de 100 mm (Julio y Agosto; Fig. 4a). *P. filiformis*, con una amplia distribución desde el extremo de Baja California Sur hasta Texas, y desde el nivel del mar hasta 2000 msnm, - con la mayor densidad de microsferas - es una terófito de desierto de ciclo corto (floraceo a los 20 días!) y oportunista: aprovecha las lluvias de Nov-Dic o Mar-Abr cuando las temperaturas son aún favorables en partes bajas de Baja California (Fig. 4c), o los aguaceros de Jul-Ago (45 mm/ mes) en la parte alta de Coahuila (Fig. 4b). *P. angustissimus* con mayor desarrollo radicular y vegetativo aprovecha la distribución unimodal de precipitación acorde con la temperatura favorable en el W Texas (Fig. 4d), para pasar el invierno en estado de raíz latente. Esta propiedad le permite aprovechar la primavera lluviosa en el W central Arizona (Fig. 4e). Los *Rugosi* siguen el patrón general de los *Phaseolus* con ciclo reproductivo en temperaturas favorables y disponibilidad de humedad, y por lo tanto no entran en el clima mediterráneo con lluvias en invierno (y por lo tanto están naturalmente ausentes en California y Chile; Lackey 1983, y Freytag & Debouck 2002). Estas especies pudieron sobrevivir en los desiertos sonorense y chihuahuense, por sus resistencias a temperaturas extremas (Balasubramanian et al. 2004), y por tener tegumentos de semillas con "bolitas de golf" microscópicas que permiten una mejor captura de agua y más rápida germinación.

Estas estructuras están ausentes en *P. microcarpus* (Fig. 3g-h), *P. lunatus* (Fig. 3i-j), y *P. vulgaris* (Fig. 3k-l). Un resultado práctico de la presencia de estas estructuras es el aumento de la superficie de la testa a nivel microscópico (por un mismo volumen de semilla). Con el propósito de evidenciar que este incremento está relacionado con algún mecanismo de captura de agua durante y para la germinación, se hizo una comparación de captura de agua en los tegumentos de 20 semillas por material y por especie bajo imbibición rápida de un minuto luego de un escurrimiento mecánico por agitación (Tabla 1).

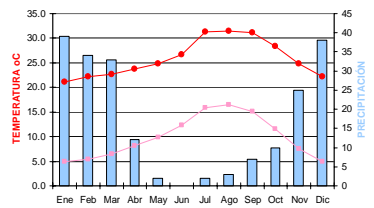
(a) *P. carteri*, Baja California Sur



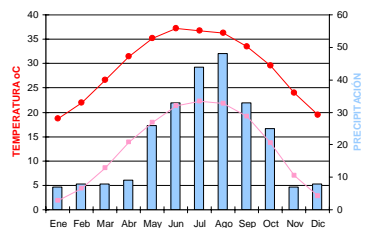
(b) *P. filiformis*, Coahuila



(c) *P. filiformis*, Baja California Norte



(d) *P. angustissimus*, Texas



(e) *P. angustissimus*, Arizona

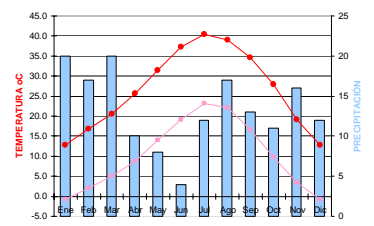


Figura 4. Diagramas ombrotérmicos de algunos lugares de colecta de: a. *P. carteri* (Brandege s.n.), b-c. *P. filiformis* (Villarejo 4418 y Wiggins 4801), d-e. *P. angustissimus* (Barney 18093 y Warnock 652).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tegumentos de las semillas de las tres especies de *Rugosi* y tres especies de comparación pueden verse en Fig. 2, donde las primeras (Fig. 2a, 2c, 2e) y *P. microcarpus* (Fig. 2b) presentan corrugaciones superficiales. Si *P. lunatus* presenta estrias radiantes desde el hilum (Fig. 2d), *P. vulgaris* tiene los tegumentos completamente lisos (Fig. 2f). Vistos a una ampliación de x500 (Fig. 3a, 3c, 3e), los tegumentos de los *Rugosi* son efectivamente rugosos ("tuberculate", según Lackey 1983). Pero además de una superficie corrugada, los tegumentos muestran estructuras esféricas (ampliación de x2,500; Fig. 3b, 3d, 3f) montadas sobre pequeñas elevaciones cónicas, en densidad variable, baja en *P. angustissimus* (Fig. 3b) y *P. carteri* (Fig. 3d) en comparación a *P. filiformis* (Fig. 3f).

## BIBLIOGRAFÍA

Balasubramanian P, A Vandenberg, P Huci & L Gusta. 2004. Resistance of Phaseolus species to ice crystallization at subzero temperature. *Physiol Plant*. 120 (3): 451-457.  
Belivianis, T. & C. Doré. 1986. Interspecific hybridization of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. angustissimus* A. Gray using in vitro embryo culture. *Plant Cell Rep.* 5: 329-331.  
Debouck D.G. 2009. Cahiers de Phaséologie - section *Rugosi*. Consulted on line at [http://www.ciat.cgiar.org/publications\\_GRU\\_files\\_on\\_March\\_26\\_2009](http://www.ciat.cgiar.org/publications_GRU_files_on_March_26_2009).  
Delgado-Salinas A., R. Bédier & M. Lavin. 2006. Phylogeny of the genus *Phaseolus* (Leguminosae): a recent diversification in an ancient landscape. *Syst. Bot.* 31 (4): 779-791.  
Dimmitt M.A. 2000. Biomes and communities of the Sonoran desert region. In: "A natural history of the Sonoran desert", S.J. Phillips & P. Wentworth Comm (eds.). Arizona-Sonora Desert Museum Press, Tucson, Arizona, USA, pp. 3-18.  
Freytag G.F. & D.G. Debouck. 2002. Taxonomy, distribution, and ecology of the genus *Phaseolus* (Leguminosae-Faboideae) in North America, Mexico and Central America. *SIDA Bot. Misc.* 23: 1-300.  
Hernández H.M. & C. Gómez-Hinostrosa. 2005. Cactus diversity and endemism in the Chihuahuan desert region. In: "Biodiversity, ecosystems, and conservation in northern Mexico", J.L. Carlton, G. Caballero & R.S. Felger (eds.). Oxford University Press, New York, New York, USA, pp. 264-275.  
Lackey J.A. 1983. Isoenzyme diversity and phylogenetic affinities among the Phaseolus beans (Fabaceae). *Pl. Syst. Evol.* 200: 233-252.  
Lackey, J.A. 1983. A review of generic concepts in American Phaseolineae (Fabaceae, Faboideae). *Iselya* 2: 21-44.  
Skroch P.W., R.C. Dobert, E.W. Triplett & J. Nienuhs. 1993. Polymorphism of the leghemoglobin gene in *Phaseolus* demonstrated by PCR amplification. *Euphytica* 69 (3): 177-183.