

Variación morfológica y reproductiva de nueve poblaciones naturales de *Lupinus campestris* Cham. & Schltdl. de la región centro oriente de Puebla, México.

Morphological and reproductive variation of nine natural populations of *Lupinus campestris* Cham. & Schltdl. of central-eastern region of Puebla, Mexico.

Águila Sánchez Ivonne¹, Vázquez Cuecuecha Oscar²✉, López Upton Javier³, López López Aline², Martínez Romero Esperanza⁴, García Gallegos Elizabeth² y Zamora Campos Eunice Marina²

¹Licenciatura en Biología, Facultad de Agrobiología, Universidad Autónoma de Tlaxcala.

²Centro de Investigación en Genética y Ambiente, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Autopista San Martín-Tlaxcala km 10.5 S/N, San Felipe Ixtacuixtla, Tlaxcala, México. CP. 90120.

³Ciencias Forestales. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. C.P. 56230.

⁴Programa de Ecología Genómica. Centro de Ciencias Genómicas. Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad S/N, Col. Chamilpa., Cuernavaca, Morelos. México. C.P. 62210.

✉ Autor de correspondencia: oscarvc1@hotmail.com

Recibido: 13/07/2018

Aceptado: 12/09/2018

RESUMEN

El género *Lupinus* L. (Fabaceae) es de alta calidad nutrimental por su alto porcentaje de proteína en semillas y follaje; útil para la restauración ecológica de suelos degradados por su capacidad para fijar nitrógeno. Para el estudio de diversidad genética existen marcadores; morfológicos y moleculares. El proceso de domesticación y obtención de variedades se basa en la caracterización morfológica del fenotipo, al estudiar la variabilidad morfológica entre diversas poblaciones naturales. El objetivo fue determinar la variación fenotípica, parámetros reproductivos y capacidad de fijación de nitrógeno a través de la reducción de acetileno de nueve poblaciones de *L. campestris* procedentes en un intervalo altitudinal del centro-oriente de Puebla, México. Se recolectó germoplasma, el cual se propagó en condiciones de invernadero. En la mayoría de las características evaluadas hubo diferencias significativas ($p > 0.001$). La población de Atzitzintla produjo el número mayor de vainas (479), así como en peso total de semillas (22 g). La capacidad de fijación de N_2 resultó mayor entre las plántulas procedentes de Tlalmotolo. Se observó variación significativa en las características morfológicas de las plantas y en el potencial reproductivo. En las semillas la variabilidad fue significativa entre y dentro de poblaciones.

Palabras clave: *Lupinus campestris*, potencial de producción, fijación de N_2 .

ABSTRACT

The genus *Lupinus* L. (Fabaceae) is of high nutritional quality due to its high percentage of protein in seeds and foliage. This legume is useful for the ecological restoration of degraded soils due to its capacity to fix nitrogen. The process of domestication and obtaining of varieties is based on the

morphological characterization of the phenotype, when studying the morphological variability among diverse natural populations. The goal of this study was to determine the phenotypic variation, the reproductive parameters and the N₂ fixation capability through of the acetylene reduction of nine *Lupinus campestris* populations from middle east of Puebla, in México. Germplasm was collected and propagated under green house conditions. Most of the evaluated traits showed significant differences ($p > 0.001$). Atzitzintla population produced the largest number of pods (479), and seeds mass (22g). The N₂ fixation capability was higher among seedlings from Tlalmotolo. Significant variation was observed in morphological plant characteristics and in the reproductive potential. In the seeds, the variability was significant between and within populations.

Keywords: *Lupinus campestris*, production potential, N₂ fixation.

INTRODUCCIÓN

El género *Lupinus* habita en México desde el nivel del mar a los 4000 ms.n.m., abarcando zonas montañosas y cerca de caminos, con una diversidad fenotípica considerable (Dunn, 1984; Bermúdez Torres *et al.*, 1999). De las 100 taxa reportadas para México, 60 son endémicas (Sousa y Delgado, 1998). Las especies de *Lupinus* son de gran importancia económica por la calidad nutrimental de sus semillas y follaje, en particular por su alto porcentaje proteico, por ejemplo las semillas de *L. montanus* Kunth, *L. campestris* Cham. & Schldl. y *L. exaltatus* Zucc. contienen de 32 a 48% de proteína (Lagunes-Espinoza *et al.*, 2012), así como altos niveles de N, P, K, Fe y Zn, propiedades que pueden ser aprovechadas en la industria alimenticia (Pablo-Pérez *et al.*, 2013). La importancia ecológica del género radica en su capacidad de rehabilitar suelos. Taxa como *L. leptophyllus* Schldl. *et* Cham. y *L. montanus* son importantes en la restauración y rehabilitación de tepetates en México, ya que mineralizan N, P y K (Alderete-Chávez *et al.*, 2009). Dada la importancia del género el objetivo del presente trabajo fue determinar la variación fenotípica, parámetros reproductivos y capacidad de fijación de nitrógeno de nueve

poblaciones de *L. campestris* procedentes del centro-oriente de Puebla, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Parámetros reproductivos

Se recolectaron las vainas maduras de diez plantas individuales en nueve poblaciones naturales de la región centro oriente de Puebla, en un intervalo altitudinal de 2481 a 3200 ms.n.m. Se benefició la semilla, separando semillas llenas, vanas, dañadas y óvulos abortados. Se evaluaron además las características de longitud, grosor y peso de las semillas, así como el número de vainas peso total de semilla por planta.

Variables morfológicas

Una vez beneficiadas las semillas, se germinaron 200 en tubetes de 180 ml en un sustrato inerte (García *et al.*, 2001). A los 60 días se evaluaron las características de las plántulas (altura, diámetro del tallo, longitud del peciolo, número de hojas, número de foliolos, ancho y longitud del foliolo). Por último, se determinó la capacidad de fijación de nitrógeno a través de la reducción de acetileno (Burris, 1972). El experimento fue establecido bajo un diseño completamente al azar en condiciones de invernadero. En cada una de las variables se aplicó pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas, y se realizó el ANOVA bajo los siguientes modelos:

Para las variables morfológicas de plantas, reproductivos y capacidad de fijación de nitrógeno $Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$, donde: Y_{ij} es la variable respuesta, μ es la media experimental, T_i es el i -ésimo tratamiento o población y ε_{ij} es el error experimental. Para las variables de semilla $Y_{ijk} = \mu + T_i + P_{(T)ij} + \varepsilon_{ijk}$, donde: Y_{ijk} es la variable respuesta, μ es la media experimental T_i es el i -ésimo tratamiento o población, $P_{(T)ij}$ es la j -ésima planta anidada en el i -ésima población.

RESULTADOS

En los parámetros reproductivos presentaron diferencias significativas entre poblaciones ($p \leq 0.05$) (Tabla 1). La población de Atzitzintla presentó un promedio mayor en variables como número de vainas, número de semillas llenas, y por lo tanto en el peso de semillas producidas por planta, contrario a Zoapan Sitio A con el valor menor en peso de semillas por producir menos semilla.

Tabla 1. Análisis de varianza de los parámetros reproductivos de *L. campestris*, procedentes de poblaciones naturales de la región centro-oriente de Puebla.

Población	Vainas	Semillas llenas	Óvulos abortados	Semillas Vanas	Semillas dañadas	Peso de semillas (g)
Atzitzintla	479a	1953 a	212 b	594 a	264ab	22.49 a
Barranca Honda	355 bc	1281 ab	128b	193 b	170 ab	15.91 ab
Laguna de Atexca	280 cd	840 bcd	86 b	86 c	239ab	15.44 ab
Laguna Seca	388 abc	1437 ab	110 b	582 a	37b	19.60 a
Poxcoatzingo	132 d	566 cd	100.b	168 b	58b	9.84bc
San Isidro	437 ab	1741 a	160 b	526 ab	80b	20.55 a
Tlalmotolo	290 bc	760 bcd	94b	250 ab	50b	8.63bc
Zoapan Sitio A	235 cd	188 d	412 a	427 ab	406 a	2.67c
Zoapan Sitio B	364 bc	1570 ab	221 b	421 ab	80b	20.72a

Medias con distinta letra en la misma columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

En la morfología de las semillas (Tabla 2), se evidenciaron diferencias entre poblaciones y dentro de poblaciones. La población de Zoapan sitio A, presentó las semillas de peso y longitud mayor. Poxcoatzingo produjo las semillas con un valor promedio mayor en el ancho mientras

Zoapan sitio A, mostró el promedio menor. Para la capacidad de fijación de nitrógeno, Tlalmotolo presentó un promedio mayor, mientras que Atzitzintla un valor promedio menor.

Tabla 2. Análisis de varianza de las características morfológicas de las semillas y la capacidad de fijación de nitrógeno de *L. campestris* procedentes de poblaciones naturales de la región centro-oriente de Puebla.

Población	Long. de semillas (mm)	Ancho de semilla (mm)	Peso de semillas (mg)	Nanomoles de acetileno/h/planta
Poblaciones	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001
Plantas	0.0003	0.0001	0.0014	-----
Atzitzintla	2.54bcd	3.58 cd	0.01 cd	192 d
Barranca Honda	2.49 cd	3.59 c	0.01 cd	428 bc
Laguna de Atexca	2.64 bc	3.76 b	0.02 a	643 a
Laguna Seca	2.61 bcd	3.52 cd	0.01 bcd	563 bc
Poxcoatzingo	2.71 b	3.94 a	0.02 ab	365 bc
San Isidro	2.49 cd	3.42 d	0.01 d	275 cd
Tlalmotolo	2.46 d	3.50 cd	0.01cd	836 a
Zoapan Sitio A	3.68 a	2.69 e	0.02 abc	639 ab
Zoapan Sitio B	2.64 bc	3.57 cd	0.01 bcd	484 bc

Medias con distinta letra en la misma columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Con respecto a las características morfológicas de las plántulas (Tabla 3), todas las variables presentaron diferencias entre poblaciones ($p \leq 0.05$). Entre las características evaluadas, la

población de Poxcoatzingo presentó el promedio menor en altura y Barranca Honda el valor mayor.

Tabla 3. Análisis de varianza de las características morfológicas en plantas de *L. campestris*, procedentes de poblaciones naturales de la región centro-oriente de Puebla.

Población	No. Hojas	No. Foliolos por hoja	Long. peciolo (cm)	Ancho del foliolo (cm)	Long. del foliolo (cm)	Diámetro de la planta (mm)	Altura (cm)
Significancia Poblaciones	0.0976	0.0087	0.0001	0.0001	0.09852	0.0001	0.0001
Atzitzintla	12.4 ab	5.7 bc	8.47 bc	1.96 a	4.85 ab	4.00 cd	11.61 a
Barranca Honda	8.8 b	5.5bc	9.33 a	1.91 ab	5.06 a	4.09 c	12.06 a
Laguna de Atexca	8.9 b	7.3 a	8.2 c	1.75 b	5.00 ab	4.69 b	7.40 bc
Laguna Seca	8.5 b	5.6bc	8.6abc	1.65 bc	4.76 ab	3.93 c	12.06 a
Poxcoatzingo	11.2b	5.4bc	9.04 ab	1.80 ab	4.74 ab	5.12 a	6.25 c
San Isidro	9.6 b	5.9 b	9.19 ab	1.96 a	5.28 a	3.92c	11.79 a
Tlalmotolo	17.5 a	5.6 bc	9.03 ab	1.77 ab	4.13 ab	3.42 d	8.0 b
Zoapan Sitio A	7.7 b	5.3 c	6.57 c	1.47 c	4.22 b	3.93 c	7.6bc
Zoapan Sitio B	7.5 b	5.8 bc	8.2 d	1.55 c	4.60 ab	4.06 c	7.6bc

Medias con distinta letra en la misma columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$), excepto número de hojas y longitud del foliolo con ($p \leq 0.10$).

DISCUSIÓN

L. campestris presentó un número alto en vainas en comparación con especies domesticadas como *L. albus* (var. Fedora y Energy) y *L. angustifolius* (var. Arabella), con 4-9 vainas respectivamente, en diferentes densidades de siembra (Pospíšil y Pospíšil, 2015). Abebe *et al.* (2015) refiriendo 9-25 vainas /planta en *L. albus*, mientras Annicchiarico *et al.* (2010), valores de 20.4, 17.1 y 14.7 vainas/planta con las variedades Lodi, Sanluri y Saint Sauvant respectivamente, para la misma especie en la región del Mediterráneo. La variabilidad entre poblaciones en la cantidad de semillas producidas por *L. campestris* en este estudio podría deberse parcialmente a la autopolinización que en algunas especies induce problemas de este tipo (Manning, 1995). Las poblaciones de Zoapan A y B así como Atzitzintla presentan valores altos de óvulos abortados, hecho que puede atribuirse a la falta de polen o de sincronización para la polinización cruzada, aunque también se relaciona con la disponibilidad de polinizadores (Dracup *et al.*, 1998; Hertel *et al.*, 2009). Por lo tanto, la variación observada en los parámetros reproductivos y la producción de semillas (Tabla 1), puede atribuirse tanto al manejo, como a las condiciones ambientales-ecológicas y al genotipo.

En la longitud y ancho de semillas los datos son similares a lo reportado por Pablo-Pérez *et al.* (2013), para la misma especie. Las diferencias entre las poblaciones y dentro una misma población se deben a la constitución genética y a su interacción con el ambiente, especialmente con la humedad (Owens y Blake, 1985, Landers, 1995). La longitud de semillas del sitio Zoapan (sitio A con 3200 m s.n.m.), el

cual presentó el promedio mayor, puede deberse a un menor estrés hídrico, que en los sitios bajos. Sin embargo, para el peso de semilla, los promedios (Tabla 3) de Poxcoatzingo a una altitud 2481 m s.n.m. y Laguna de Atexca a 2503 m s.n.m., son similares a los de Zoapan sitio A con mayor altitud, lo cual podría deberse a una mayor precipitación (1080 mm) en los dos primeros sitios.

La capacidad de fijación de nitrógeno (Tabla 2) fue alta en comparación con otras especies noduladas como *Pisum sativum* L. con 2.28-3.22 nmol y *Trifolium* spp con 1.83-1.36 nmol de C₂H₄ (Delgadillo-Martínez *et al.*, 2005; Moreno-Conn *et al.*, 2014).

La variación de plantas bajo condiciones ambientales uniformes, favorece la selección, con el propósito de iniciar la domesticación de esta especie silvestre, además, aporta datos que permiten conocer la expresión genética de cada población (Soto-Correa *et al.*, 2014; 2015).

CONCLUSIONES

Se observó variación significativa en la mayoría de las características morfológicas de las plantas y en el potencial reproductivo. En las semillas la variabilidad fue significativa entre y dentro de poblaciones. La población de Atzitzintla es la mejor para la producción de semilla, y Tlalmotolo presentó la mejor capacidad de fijar nitrógeno.

LITERATURA CITADA

Abebe, T. T., Legesse, M. y Birgame, T. 2015. Searching and testing of white lupin (*Lupinus albus* L.) for adaptation and resistant to crenate broomrape in Tigray,

- Ethiopia. World Journal of Agriculture Sciences 11(6): 341-345.
- Alderete-Chavez, A., Espinosa-Hernández, V., Cruz-Landero, N., Ojeda-Trejo, E. y Brito-Vega, H. 2009. Evaluation of two *Lupinus* species native from central Mexico in relation with solubilization of nitrogen phosphorus and potassium in an andosol. Journal of Applied Sciences 9(8): 1583-1587. <https://doi.org/10.3923/jas.2009.1583.1587>
- Annicchiarico, P., Harzic, N. y Melchiorre, A. 2010. Adaptation, diversity, and exploitation of global white lupin (*Lupinus albus* L.) landrace genetic resources. Field Crops Research 119: 114-124. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.06.022>
- Bermúdez-Torres, K., Robledo-Quintos, N., Martínez-Herrera, J. Tei A. y Michael, W. 1999. Biodiversity of the genus *Lupinus* in Mexico. En: E. van Santen, M. Wink, S. Weissmann, P. Roemer (Eds.) Lupin, an Ancient Crop for the New Millenium. Proceeding of the 9th International Lupine Conference, Klink/Müritz. International Lupin Association, Canterbury, New Zealand. pp: 294-296.
- Burris, R. H. 1972. Nitrogen fixation-assay methods and techniques. Methods in Enzymology 24: 415-431. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(72\)24088-5](https://doi.org/10.1016/0076-6879(72)24088-5)
- Delgadillo-Martínez, J., Ferrera-Cerrato, R., Galvis-Spínola, A., Hernández-Garay, A. y Cobos-Peralta, M. A. 2005. Fijación biológica de nitrógeno en una pradera de trébol hubba/ballico de corte o de pastoreo. Terra Latinoamericana 23(1): 73-79.
- Dracup, M., Thomson, B., Reader, M., E. Kirby, J. M., Shield, I. y Leach, J. 1998. Day length responses, flowering time and seed filling in lupins. Australian Journal of Agricultural Research 49: 1047-1055. <https://doi.org/10.1071/A98033>
- Dunn, D. B. 1984. Cytotaxonomy and distribution of New World lupin species. Proceeding of the 3th International Lupin Conference. La Rochelle, Francia. pp: 68-85.
- García, C. O., Alcántara, G., Cabrera, R. I., Gavi, F. y Volke, V. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. Terra 19(3): 249-258.
- Hertel, K., Roberts, K. y Bowden, P. 2009. Insect and Mite Control in Field Crops. NSW Department of Industry and Investment, Orange, Australia. pp: 103.
- Lagunes-Espinoza, L. C., López-Upton, J., García-López, E., Jasso-Mata, J., Delgado-Alvarado, A. y García-de-los-Santos, G. 2012. Diversidad morfológica y concentración de proteína de *Lupinus* spp. en la región Centro-Oriental del Estado de Puebla, México. Acta Botánica Mexicana 99: 73-90. <https://doi.org/10.21829/abm99.2012.20>
- Landers, K. F. 1995. Vernalisation responses in narrow-leafed lupin (*Lupinus angustifolius*) genotypes. Australian Journal of Agricultural Research 46(5): 1011-1025. <https://doi.org/10.1071/AR9951011>

- Manning, R. 1995. Honeybee pollination: Technical data for potential honeybee-pollinated crops and orchards in Western Australian. Department of Agriculture and Food. South Perth, Western Australian. pp: 41.
- Moreno, C. L. M., Pérez, A., Ramírez, M. y Franco, M. 2014. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la viabilidad de bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno utilizadas en la elaboración de inoculantes biológicos para arveja (*Pisum sativum*) y soya (*Glycine max*). Revista Colombiana de Biotecnología 14: 45-56. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v16n2.47244>
- Owens, N. J. y Blake, M. D. 1985. Forest Tree Seed Production. Canadian Forest Service, Petawawa National Forestry Institute. Ontario, Canada. Information Report PI-X-53. pp: 161.
- Pablo-Pérez, M., Lagunes-Espinosa, L. C., López-Upton, J., Ramos-Juárez J. y Aranda-Ibáñez, E. M. 2013. Morfometría, germinación y composición mineral de semillas de *Lupinus silvestres*. Bioagro 25(2): 101-108.
- Pospišil, A. y Pospišil, M. 2015. Influence of sowing density on agronomic traits of lupins (*Lupinus* spp.). Plant Soil Environment 9: 422-425. <https://doi.org/10.17221/436/2015-PSE>
- Soto-Correa, J. C., Lindig-Cisneros, R. y Sáenz-Romero, C. 2014. Migración asistida de *Lupinus elegans* Kunth en ensayos de jardín común en campo. Revista Fitotecnia Mexicana 37(2): 107-116. <https://doi.org/10.35196/rfm.2014.2.107>
- Soto-Correa, J. C., Sáenz-Romero C., Paz H. y Lindig-Cisneros, R. 2015. Estrés por sequía en *Lupinus elegans* procedentes de diferentes altitudes. Maderas y Bosques 21(1): 35-43. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.211431>
- Sousa, S. M. y Delgado S. A. 1998. Leguminosas mexicanas: fitogeografía, endemismo y orígenes. En: Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A. y Fa, J. (Eds.) Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución. Universidad Nacional Autónoma de México, México. D.F. pp: 449-500.

Copyright (c) 2018 Ivonne Águila Sánchez, Oscar Vázquez Cuecuecha, Javier López Upton, Aline López López, Esperanza Martínez Romero, Elizabeth García Gallegos y Eunice Marina Zamora Campos



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)