

La importancia de rehabilitar tepetate con *Lupinus campestris* Cham. & Schldl.

The importance of tepetate rehabilitation with *Lupinus campestris* Cham. & Schldl.

Munive-Martínez, C.¹, Vázquez-Cuecuecha, O.¹, Zamora-Campos, E.¹, López-López, A.², Calvario-Rivera, C. I.²
García-Gallegos, E.¹✉.

¹Maestría en Ciencias en Sistemas del Ambiente.

²Cátedra CONACyT. Centro de Investigación en Genética y Ambiente. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Av. Universidad No. 1, Col. La Loma Xicohténcatl, Tlaxcala. CP. 90000. Tel/Fax. 01 248 48 1 55 00.

✉ Autor para correspondencia: gallegoseg@hotmail.com

Recibido: 13/07/2018

Aceptado: 12/09/2018

RESUMEN

El tepetate es un horizonte endurecido con baja retención de humedad y fertilidad, restrictivas para el desarrollo de especies vegetales; sin embargo, puede mejorar esta condición a través de prácticas de rehabilitación, como lo es el empleo de leguminosas. Se determinó la potencialidad de diferentes poblaciones de *Lupinus campestris* como alternativa para rehabilitar y mejorar la calidad productiva de los tepetates de la hacienda San Antonio Tepetzala, localizada en el municipio de Atlangatepec, Tlaxcala. Se estableció un diseño experimental en bloques completamente al azar, los tratamientos fueron nueve poblaciones de *L. campestris* procedentes del estado de Puebla. A los 12 meses se llevó a cabo el muestreo de tepetate de la zona rizosférica de las leguminosas, para evaluar el pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, N total, P, K, Ca y Mg. Los resultados mostraron una diferencia significativa ($p < 0.05$) después del establecimiento de la planta, pero no entre poblaciones. Si bien los valores de cada una de las variables determinadas con base a la normatividad mexicana fueron bajos, es notoria la mejora a un año de establecer diferentes poblaciones de *L. campestris* en el tepetate. Por lo que se concluye que *L. campestris* puede mejorar las características del tepetate, lo que la convierte en una excelente candidata para la rehabilitación de zonas degradadas.

Palabras clave: Propiedades edáficas, leguminosas, roturación, horizontes endurecidos.

ABSTRACT

Tepetate is a hard horizon with low humidity and fertility retention, restrictive to plant species development; although this condition can be improved through rehabilitation practices, for example with the use of legumes. The potential of different *Lupinus campestris* populations was determined as an alternative to rehabilitate and improve the productive quality of tepetate of the Hacienda San Antonio Tepetzala, located in Atlangatepec municipality, Tlaxcala. An experimental design was established in completely random blocks, the treatments were nine *L. campestris* populations from

Puebla State. After 12 months, lupines growth on tepetate, pH, electric conductivity, organic matter, cation exchange capacity, total N, P, K, Ca and Mg were evaluated from plant rhizospheric zone. The results showed significant difference ($p < 0.05$) after plant establishment, but not among populations. Although data from each variable determined with the Mexican norms were low, the improvement is remarkable one year after of diverse *L. campestris* populations establishment on tepetate, which makes it an excellent candidate for degraded areas rehabilitation.

Keywords: Edaphic properties, legumes, roturation, hardened horizons.

INTRODUCCIÓN

El proceso de degradación del suelo avanza con una mayor rapidez que las medidas tomadas para su prevención y control; la carencia de protección por cubierta vegetal da como consecuencia el afloramiento del tepetate en algunas zonas del centro de la República Mexicana. Gama-Castro *et al.*, (2007) señalan que el término tepetate se refiere a un horizonte endurecido, ya sea compactado o cementado que se puede encontrar bajo los suelos o bien aflorando en la superficie. Presenta características físicas, mecánicas y químicas restrictivas para el desarrollo de la vegetación; tales como, alta densidad aparente, baja conductividad hidráulica, poca fertilidad y una importante retención de humedad. Es por ello que para iniciar la rehabilitación de este sustrato se debe practicar una roturación, posteriormente nivelar, y realizar bordes para el establecimiento de plantas o simplemente aplicar fertilizantes para favorecer su capacidad nutrimental (Báez *et al.*, 2008; Pajares-Moreno *et al.*, 2010).

Diversas prácticas han sido reportadas para mejorar las condiciones edáficas del tepetate; como son el empleo de leguminosas y hongos endomicorrízicos arbusculares (García-Gallegos *et al.*, 2009); así como la rotación de cultivos (Flores *et al.*, 2004). En este sentido, se ha reportado que especies del género *Lupinus* (Leguminosae) presentan la capacidad de solubilizar fósforo, gracias a su sistema radical

extensivo y a su potencial de supervivencia y desarrollo en suelos con escasez de agua y deficientes en nutrimentos (Vielma, 1999). *L. campestris* es una especie que crece en suelos degradados del centro de México y posee potencial para mejorar la fertilidad del suelo, al fijar N_2 atmosférico y solubilizar P; por lo cual, puede ser considerada en la restauración ecológica de suelos degradados (Vance, 2001; Gutiérrez *et al.*, 2010). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación consistió en evaluar las propiedades edáficas y el contenido nutrimental de un área con tepetate, empleando diferentes poblaciones de *Lupinus campestris* para contribuir a su rehabilitación y mejorar su calidad productiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio es el tepetate de la Hacienda San Antonio Tepetzala, en el municipio de Atlangatepec, estado de Tlaxcala; esta se localiza en las coordenadas 19°32'08.41" N, 98°06'41.73" O a una altitud de 2628 msnm. La precipitación media anual del municipio es de 680 mm y la temperatura promedio anual de 12 a 14° C (INEGI, 2009).

Las poblaciones de *L. campestris* procedieron del estado de Puebla (Tabla 1). 200 semillas de cada población fueron desinfectadas con H_2O_2 al 10% por 10 min y se escarificaron con una lija para madera (Vázquez, 2017), posteriormente fueron sembradas de forma directa en tubetes de plástico negro en un

sustrato compuesto por corteza de pino, aserrín y agrolita en una proporción 2:1:1 (p/p/p). Se

mantuvieron las plántulas a humedad constante por 60 días, bajo condiciones de invernadero.

Tabla 1. Poblaciones de semillas de *L. campestris* del estado de Puebla.

	Población	Latitud	Longitud	Altura (msnm)
1	Poxcoatzingo(POX)	19°57'13.0"	98°00'33.5"	2 481
2	Laguna de Atexca (LAT)	19°57'09.0"	98°01'25.0"	2 503
3	Zoapan Sitio A (ZOA)	19°04'32.3"	97°20'18.1"	3 200
4	Zoapan Sitio B (ZOB)	19°04'34.8"	97°22'04.2"	3 112
5	Laguna Seca (LSC)	18°63'30.5"	97°19'0.06"	2 669
6	San Isidro (SIS)	18°54'33.6"	97°18'26.4"	2 794
7	Barranca Honda (BAH)	19°01'46.0"	97°22'43.1"	2 903
8	Tlalmotolo (TLAL)	19°34'27.4"	97°43'38.5"	2 980
9	Altizintla (ALZ)	18°53'40.0"	97°17'57.8"	2 747

La plantación se realizó en un área donde previamente se establecieron especies del género *Opuntia* y *Pinus* en el año 2012. Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar, donde las nueve poblaciones de *L. campestris* fueron los tratamientos, cada unidad experimental consistió de seis individuos por población en una cepa común.

Las muestras de tepetate se recolectaron en el año 2017, 12 meses antes de establecer las plantas de *Lupinus* y a la cosecha de semilla, en el año 2018 al término del ciclo vegetativo. El muestreo fue de la zona rizosférica de la planta, las muestras se introdujeron en bolsas de plástico y procesaron de acuerdo a lo que establece la NOM-021-SEMARNAT-2000 (DOF, 2002). A cada una se les determinó el pH en una suspensión de suelo:agua (1:2 p/v) y materia orgánica (MO) por el método de Walkley-Black; conductividad eléctrica en una suspensión de suelo:agua (1:5 p/v) (Álvarez-Sánchez y Marín-Campos, 2011); la capacidad de intercambio catiónico (CIC) por titulación con HCl 0.05 N (Fuentes, 1971); la concentración de N total por el método Kjeldahl; los cationes intercambiables (K, Ca y

Mg) por la técnica con acetato de amonio y el P extractable por (Álvarez-Sánchez y Marín-Campos, 2011).

Los datos de las diferentes variables evaluadas se sometieron a un análisis descriptivo, de varianza ya una prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$), bajo un modelo de efectos mixtos, para el ANOVA se determinaron los supuestos de normalidad y de homogeneidad de varianza.

RESULTADOS

En el Tabla 2 se observa que el tepetate previo a establecer las poblaciones de *L. campestris* fue significativamente diferente ($p \leq 0.05$) al tepetate posterior a la cosecha de la planta en cuanto a las variables edáficas y nutrimentales. De acuerdo a la clasificación que señala la NOM-021-SEMARNAT-2000 (DOF, 2002), el pH fue neutro en el tepetate previo a colocar el experimento al igual que el sustrato con la población ALZ; mientras que, el tepetate con el resto de las poblaciones de *L. campestris* fue moderadamente alcalino. La CE indica que en las dos condiciones hay cantidades despreciables de sales. Así mismo, el porcentaje

de materia orgánica fue relativamente bajo, con base en la normatividad mexicana. En cuanto a la CIC, su valor se considera bajo, tanto en el tepetate previo como el tratado con las poblaciones ALZ, BAH, LAT, POX y SIS; en cambio fue medio con las poblaciones LSC, TLAL, ZOA y ZOB. En el caso del contenido

nutrimental, el N total fue bajo en todos los casos de acuerdo a la clasificación que establece la NOM-021 para suelos volcánicos. Con base a la clasificación de Vázquez (1997) las concentraciones que se obtuvieron de K, Ca y Mg fueron muy pobres.

Tabla 2. Análisis de varianza de algunas propiedades edáficas y contenido nutrimental en tepetate de la zona rizosférica de nueve poblaciones de *L. campestris*.

Población	pH	CE dS m ⁻¹	MO (%)	CIC Cmol(+)kg ⁻¹	Ntotal (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	Ca (mg kg ⁻¹)	Mg (mg kg ⁻¹)
NOM-021	6.6-8.5	< 1	< 4.0	5-25	< 0.30	< 15	< 0.40	< 500	< 15
ALZ	7.19a	0.07a	0.73a	14.26a	0.03a	3.61a	3.55a	18.93a	9.97a
BAH	7.77a	0.07a	0.40a	11.13a	0.03a	3.55a	3.68a	18.57a	9.35a
LAT	7.55a	0.08a	0.40a	14.38a	0.03a	3.61a	3.20a	18.93a	8.67a
LSC	7.74a	0.06a	0.35a	15.38a	0.03a	3.59a	3.60a	19.42a	8.82a
POX	7.67a	0.09a	1.01a	12.38a	0.03a	3.57a	3.52a	18.57a	8.43a
SIS	7.60a	0.06a	0.45a	14.51a	0.03a	3.56a	3.50a	18.25a	8.65a
TLAL	7.53a	0.06a	0.64a	16.88a	0.03a	3.60a	3.53a	18.42a	9.63a
ZOA	7.74a	0.06a	0.40a	16.75a	0.03a	3.67a	3.48a	19.10a	8.98a
ZOB	7.49a	0.07a	0.78a	16.88a	0.03a	3.64a	3.38a	19.43a	9.02a
*Tepetate 2017	6.94b	0.04b	0.30b	10.98b	0.02b	2.93b	2.15b	13.63b	7.90b

Significancia: Bloques $p = 0.0001$; años $p = 0.0001$. Medias con distinta letra en la misma columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). *Tepetate 2017. Tepetate previo a establecer el experimento.

DISCUSIÓN

Los valores de las propiedades edáficas son de bajo a medio con base a la NOM-021; no obstante, es ligeramente notoria la mejora a un año de establecer diferentes poblaciones de *L. campestris* en el tepetate, propiedad de la Hacienda Tepetzala (Tabla 2). La importancia de rehabilitar a los tepetates a través de la incorporación de especies vegetales es una estrategia útil para aumentar su productividad (García *et al.*, 2008). Las plantas tienen una

influencia significativa sobre las características del tepetate, ya que disgregan y agregan el material, además de aportar al sustrato compuestos orgánicos susceptibles de ser usados por la biota o en los procesos de estructuración (Velázquez *et al.*, 2001). La plantación de especies suculentas y/o leñosas en tepetates son un factor clave, ya que otorgan estabilidad física y promueven interacciones biológicas y químicas benéficas (Callo, 2013). En cambio, las leguminosas presentan una elevada producción de biomasa y ocurrencia en

una amplia gama de condiciones climáticas y edáficas, lo que les confiere un rol significativo en los estudios de recuperación de suelos degradados, debido a que presentan un mejor aprovechamiento de nutrimentos y mayor capacidad de crecimiento en condiciones adversas de suelo; principalmente, cuando están asociadas a hongos micorrízicos arbusculares y bacterias fijadoras de nitrógeno (Dias *et al.*, 1995). El género *Lupinus* establece simbiosis con el rizobio de crecimiento lento *Bradyrhizobium*, se ha estimado de 102 a 252 kg ha⁻¹ la cantidad total de nitrógeno fijado por ciclo fenológico, además de tener la capacidad de solubilizar P (Vielma, 1999).

En cuanto a las características químicas del tepetate, éste puede presentar un pH de neutro a ligeramente alcalino (6.9 a 7.8), de baja conductividad eléctrica (0.09 dSm⁻¹), con una capacidad de intercambio catiónico media de 16.7 Cmol (+) kg⁻¹, y respecto a la concentración de nutrimentos, el contenido de nitrógeno puede ir de 0.01 a 0.07%, de fósforo de 1.0 a 13.5 mg kg⁻¹ y la de potasio de 1.18 a 2.37 Cmol (+) kg⁻¹ (Álvarez-Solís *et al.*, 2000), lo anterior concuerda con los valores encontrados en el tepetate de la Hacienda Tepetzala, después del establecimiento de las diferentes poblaciones de *L. campestris*. Respecto al contenido de materia orgánica, reportaron que en tepetates roturados y con una asociación maíz-haba más una aplicación de 20 t ha⁻¹ año⁻¹ de estiércol se obtuvo 1.58 % de materia orgánica y un pH de 7.3, lo que indica que las prácticas de manejo mejoran de forma sustancial las condiciones de las propiedades edáficas (Prat *et al.*, 2003). Se observó en muestras de tepetate provenientes del Estado de México incrementos en los valores de algunas propiedades edáficas, como la capacidad de intercambio catiónico de 28.1 Cmol (+) kg⁻¹ (Rodríguez-Tapia *et al.*, 2004), la

cual es relativamente mayor a la del tepetate de la rizósfera de *L. campestris*. Por la parte nutrimental, se encontró que la concentración de N total, así como de fósforo, potasio, calcio y magnesio del tepetate con *L. campestris* no tuvieron un aumento significativo al comparar el valor con el del tepetate 2017, previo a establecer la planta. Sin embargo, es una leguminosa que tiene la capacidad de solubilizar fósforo, debido a su sistema radical y a su potencial de supervivencia en suelos degradados (Vielma, 1999). En este sentido, Gama-Castro *et al.* (2007) reportan una concentración de N total de 0.03% en tepetate, lo que coincide con lo encontrado en los tepetates de la rizósfera de las diferentes poblaciones de *L. campestris*. Por otro lado, al establecer en tepetate *Cassia tomentosa*, una leguminosa que se emplea como forraje para alimentación animal se reporta en el sustrato una concentración de 0.001% de N total, 0.80 mg kg⁻¹ de fósforo y 249.1 mg kg⁻¹ de potasio (García-Gallegos *et al.*, 2009), valores inferiores a lo que tuvo el tepetate de la zona rizosférica de *L. campestris*; a excepción de la concentración de potasio, lo que sugiere que esta leguminosa puede influir en la solubilidad de los nutrimentos.

CONCLUSIONES

El uso de *L. campestris* como una práctica de rehabilitación propició una mejora en la concentración de nutrimentos, así como de algunas propiedades edáficas del tepetate, con respecto al tepetate previo a establecer la planta, lo que permite una importante retención de agua, además de un incremento en la actividad microbiana; por lo que convierte a esta leguminosa en una excelente candidata para la rehabilitación de zonas donde aflore el tepetate. En la Hacienda San Antonio Tepetzala, es importante continuar y complementar la

rehabilitación de los tepetates con otras prácticas sustentables que sean promisorias para mejorar la condición del sustrato, como lo es la incorporación de enmiendas orgánicas, abonos verdes, entre otras.

AGRADECIMIENTOS

Se hace un amplio reconocimiento a la Sra. María Carmen Rivera S. dueña de la Hacienda San Antonio Tepetzala por permitir esta investigación en su propiedad y al CONACyT por su apoyo para realizar los estudios de posgrado de Cristina Munive Martínez No. Becario 606541.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Solís, J. D., Ferrera, C. R. y Etchevers, B. J. 2000. Actividad microbiana en tepetate con incorporación de residuos orgánicos. *Agrociencia* 34: 523-532.
- Álvarez-Sánchez, M. E. y Marín-Campos, A. 2011. Manual de procedimientos analíticos de suelo y planta. Laboratorio de Química. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 62 p.
- Báez, A., Etchevers, J. D., Prat, C. Márquez, A. y Ascencio, E. 2008. Manejo agronómico de suelos endurecidos (tepetates) del eje Neovolcánico de México. *Red Iberoamericana de Física y Química Ambiental. Memoria Red POCAIBA*. pp. 69-84.
- Callo, C. D. 2013. Prácticas agroforestales y especies de uso múltiple para la rehabilitación y conservación de suelos volcánicos en Adolfo López Mateos, Tlaxcala: percepción de los agricultores. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* 13 (4): 117-134.
- Dias, L. E., Franco, A. A., Campello, E., De Faria, S. M. y Da Silva, E. M. 1995. Leguminosas forestales: aspectos relacionados con su nutrición y uso en la recuperación de suelos degradados. *Bosque* 16(1): 121-127. <https://doi.org/10.4206/bosque.1995.v16n1-15>
- DOF. 2002. Diario Oficial de la Federación - NOM-021-SEMARNAT-2000 Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. 89 p.
- Flores, S. D.; Pérez, M. A. y Navarro. H. 2004. Rehabilitación agroecológica de suelos volcánicos endurecidos, experiencias en el Valle de México. *LEISA Revista de Agroecología* 1: 24-27.
- Fuentes, R. 1971. Comportamiento de la CIC en algunos suelos ácidos de origen volcánico. Tesis M.S.C. Turrialba, Costa Rica, IICA, 107 p.
- Gama-Castro, J., Solleiro-Rebolledo, E., Flores-Román, D., Sedov, S., Cabadas-Báez, H. y Díaz-Ortega, J. 2007. Los tepetates y su dinámica sobre la degradación y el riesgo ambiental: el caso del Glacis de Buenavista, Morelos. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. LIX. 1: 133-145. <https://doi.org/10.18268/BSGM2007v59n1a11>
- García-Gallegos, E., Gómez-Cruz, G., Vázquez-Cuecuecha, O. G. y Zamora-Campos, E.M. 2009. Respuesta de *Cassia tomentosa* desarrollada en tepetate con inoculación micorrízica. *Revista UDO Agrícola* 9 (4): 816-825.
- García, C., Flores, D., García, N. E. y Ferrera, R. 2008. Efecto de enmiendas orgánicas, higuera y micorrizas sobre las características de un tepetate. *Terra Latinoamericana*. 26: 309-315.

- Gutiérrez, N. P., De León, G. F., Etchevers, B. J. y Casas, F. A. 2010. Effect of scarification, self-inhibition, and sowing depth on seed germination of *Lupinus campestris*. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70 (3): 365-371. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392010000300003>
- INEGI. 2009. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática - Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Atlangatepec, Tlaxcala. Clave geoestadística 29003.
- Pajares-Moreno, S., Gallardo-Lancho, J. F., Marinari, S. y Etchevers-Barra, J. D. 2010. Indicadores bioquímicos de calidad en tepetates cultivados del eje Neovolcánico Mexicano. *Agrociencia* 44 (2): 261-274.
- Prat, Ch., Ordaz, Ch. V. y Rugama, U. J. A. 2003. Impacto de la roturación y el manejo agronómico de un tepetate sobre su estructura. *Terra* 21:109-115.
- Rodríguez-Tapia, S., Ortiz-Solorio, C. A., Hidalgo-Moreno, C. y Gutiérrez-Castorena, M. del C. 2004. Los tepetates de la ladera oeste del cerro Tláloc: saprolita, sin endurecimiento pedológico. *Terra Latinoamericana* 22 (1): 11-21.
- Vance, C. P. 2001. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. *Plant nutrition in a world of declining renewable resources*. *Plant Physiology* 127: 390-397. <https://doi.org/10.1104/pp.127.2.390>
- Vázquez, A. A. 1997. Guía para interpretar el análisis químico del agua y suelo. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. 2ª. Edición. Chapingo, México. 31 p.
- Vázquez, C. O. G. 2017. Variabilidad morfológica y genética de especies del género *Lupinus* en el estado de Puebla. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, estado de México. 149 p.
- Velázquez, R. A. S., Flores, D. y Acevedo S. O. A. 2001. Formación de agregados en tepetate por influencia de especies vegetales. *Agrociencia* 35 (3): 311-320.
- Vielma, A. M. 1999. Caracterización de cepas autóctonas de *Bradyrhizobium* spp. Aisladas de *Lupinus* spp. *Revista de la Facultad de Agrónoma (LUZ)* 16: 495-508.

Copyright (c) 2018 C. Múnive Martínez, Oscar Vázquez Cuecuecha, Eunise Zamora Campos, Aline López López, Claudia Irene Calvario Rivera y Elizabeth García Gallegos



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](#)