



Emergencia de plántulas de *Lupinus elegans* KUNTH y *Crotalaria pumila* ORT (Fabaceae) de semillas sembradas a diferentes profundidades

M. Gómez-Romero¹ y R. Lindig-Cisneros^{2*}

¹ Programa de Doctorado Institucional en Ciencias Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. ² Laboratorio de Ecología de Restauración, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán, México

PALABRAS CLAVE

restauración;
leguminosas;
establecimiento;
plántulas

RESUMEN

Para poder llevar a cabo proyectos de restauración ecológica es necesario contar con las técnicas de propagación más adecuadas de las especies seleccionadas. En el caso de muchas especies nativas, el sembrado directo es la mejor opción tanto por razones económicas como ecológicas. Sin embargo, son pocas las especies nativas que han sido estudiadas a este respecto, en particular sobre las profundidades óptimas de sembrado. *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* son dos especies de leguminosas nativas con potencial para proyectos de restauración ecológica en las zonas templadas del eje neovolcánico transversal. Se determinó la profundidad óptima de sembrado de estas especies bajo condiciones controladas y de campo. Los resultados indican que para ambas especies una profundidad de sembrado cercana a los 2 cm es óptima para maximizar la emergencia de las plántulas. Bajo condiciones controladas de invernadero la emergencia de plántulas de *L. elegans* es cercana al 80% y para *C. pumila* al 50%. Bajo condiciones de campo la emergencia de plántulas de *L. elegans* se duplica cuando las semillas se siembran a una profundidad de 2 cm (6%) que cuando se cubren con una delgada capa de suelo (3%). A pesar de las marcadas diferencias en el tamaño de las semillas de ambas especies la profundidad óptima de sembrado fue muy similar.

ABSTRACT

For the implementation of ecological restoration projects it is necessary to have the most appropriate propagation techniques for the selected species. For many native species, direct sowing is the best option both for economic and ecological reasons. Nevertheless, few native species have been studied in this respect, particularly concerning sowing depth. *Lupinus elegans* and *Crotalaria pumila* are two legume native species with potential for ecological restoration within the Neovolcanic Belt of Mexico. Optimum sowing depth was determined under controlled and field conditions. Results indicate that a sowing depth of 2 cm maximizes seedling emergence. Under controlled greenhouse conditions *L. elegans* seedling emergence was close to 80% and for *C. pumila* close to 50%. Under field conditions, *L. elegans* seedling emergence was twice as high when seeds were sown at 2 cm (6%) than when they were covered by a thin layer of soil (3%). Despite the differences in seed size, both species have a similar optimum sowing depth.

KEYWORDS

restoration;
legumes;
establishment;
seedlings

INTRODUCCIÓN

Tanto la conservación como la restauración ecológica plantean la necesidad de utilizar especies nativas, debido al valor que tienen para la biodiversidad y los servicios que proporcionan. Por lo tanto, el

conocimiento de las condiciones óptimas para la germinación de estas especies, puede ser determinante para implementar proyectos de restauración ecológica, pues de ello depende que se puedan establecer y mantener poblaciones viables en condiciones adversas

características de los sitios de restauración (González-Zertuche et al., 2000). Uno de los parámetros básicos para lograr un mejor desempeño de las plantas en condiciones de restaruación es la profundidad de sembrado de las semillas de las especies seleccionadas, pues esta variable afecta la velocidad de emergencia de las plántulas así como su crecimiento y supervivencia (Belgacem et al., 2006).

El propósito de este estudio fue determinar la profundidad de sembrado más apropiada para promover la emergencia de plántulas, de dos especies de leguminosas con una amplia distribución en México, en particular a lo largo del eje neovolcánico trasversal y con potencial para restauración ecológica: *Lupinus elegans* Kunth y *Crotalaria pumila* Ort. De estas especies se conocen los requerimientos de germinación (Medina-Sánchez y Lindig-Cisneros, 2005, Lindig-Cisneros y Lara-Cabrera, 2004) y *L. elegans* ha sido utilizada en ensayos de restauración de sitios severamente impactados (Blanco-García y Lindig-Cisneros, 2005). Una diferencia importante entre ambas especies es el tamaño de las semillas pues las semillas de *L. elegans* son más grandes (0.02 ± 0.004 g) que las de *C. pumila* (0.004 ± 0.0008 g).

La emergencia de las plántulas a partir de las semillas de estas dos especies desde una profundidad mayor que la superficial, evitaría que fueran comidas por aves u otros depredadores de semillas, y reduciría la mortalidad de las plántulas recién emergidas por estrés hídrico o por elevadas temperaturas en la superficie del suelo, entre otros factores adversos. Por lo anterior, los objetivos del presente estudio fueron: (a) determinar la profundidad óptima de sembrado para *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila*, entendida como la profundidad a la que se logra el mayor porcentaje de emergencia de plántulas a partir de semillas escarificadas y, (b) conocer la profundidad máxima a la que *L. elegans* y *C. pumila* pueden ser sembradas y de la cual las plántulas aun puedan emerger.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para conocer la profundidad a la que las semillas de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* pueden emerger, se preparó un experimento en una cámara de crecimiento

con temperatura controlada de 26 °C 12 horas al día y 23 °C las 12 horas restantes, condiciones similares a las que se encuentra en el suelo en los sitios en donde estas plantas crecen de manera natural (Blanco-García y Lindig-Cisneros, 2005). Las semillas vanas fueron eliminadas previamente mediante la técnica de flotación, para aumentar el grado de confiabilidad de los ensayos sobre la profundidad de sembrado y no confundirla con la viabilidad de las semillas. Posteriormente, las semillas de *Lupinus elegans* H. B. K. fueron escarificadas con ácido sulfúrico concentrado (98% de pureza) durante 30 minutos (Medina-Sánchez y Lindig-Cisneros 2005) y *Crotalaria pumila* Ort. durante 20 minutos con el mismo ácido (Lindig-Cisneros y Lara-Cabrera, 2004). Las semillas se sembraron en arena a las siguientes profundidades: 0.2 cm, 0.5 cm, y a partir de 0.5 cm con intervalos de 0.5 cm hasta los 8.0 cm de profundidad. Se utilizaron 30 contenedores desechables de 150 ml de capacidad por cada profundidad. Se sembraron dos semillas por cada contenedor a las profundidades seleccionadas. Los contenedores con las semillas sembradas a diferentes profundidades fueron colocadas al azar dentro de la cámara de crecimiento; cada tercer día se adicionó agua suficiente para mantener la arena húmeda. Se realizaron evaluaciones durante cinco semanas consecutivas. La emergencia de las plántulas fue analizado por medio de modelos lineales generalizados para una respuesta de tipo Poisson para conteos: cero, una o dos plántulas por contenedor como variable de respuesta y la profundidad como variable explicativa (Kutner et al., 2004). Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el programa R (R Development Core Team, 2008).

Con los resultados obtenidos del experimento de laboratorio, fue posible conocer el rango de máxima emergencia de las especies en estudio, rango que se utilizó para diseñar un experimento de invernadero para conocer con mayor realismo la profundidad óptima de sembrado de las dos especies estudiadas. En el experimento de invernadero las profundidades probadas fueron: 0.2 cm, 0.5 cm y de 0.5 cm hasta

*Autor para correspondencia:

rlindig@oikos.unam.mx
Laboratorio de Ecología de Restauración, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 27, Admón. 3, Santa María, C. P. 58091, Morelia, Michoacán, México.

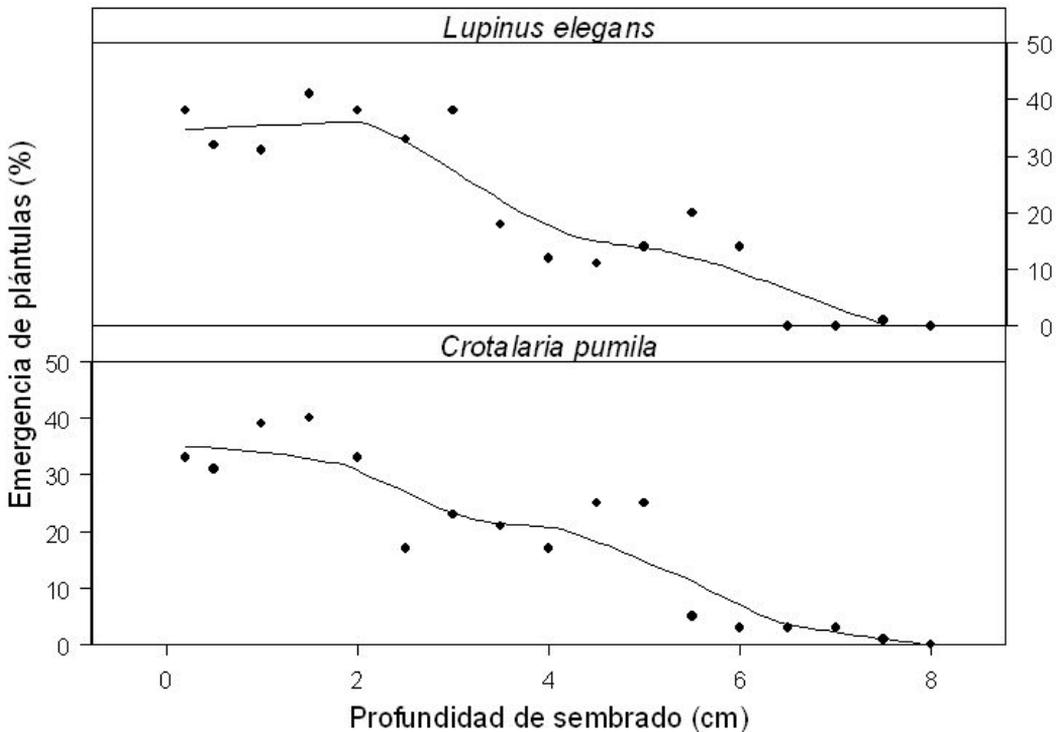


FIGURA 1. Emergencia de plántulas de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* bajo condiciones controladas en una cámara de crecimiento

3.5 cm en intervalos de 0.5 cm usando como sustrato arena. Las semillas para este ensayo fueron escarificadas con el tratamiento descrito anteriormente. En cada profundidad fueron sembradas 60 semillas de cada especie. Cada tercer día se regó con una pistola de aspersión para evitar que las semillas fueran desenterradas o se alteraran las profundidades de sembrado durante el proceso. Las evaluaciones se realizaron de manera semanal (6 semanas consecutivas) registrando el número de plántulas. Para determinar la profundidad óptima de sembrado se ajustó un modelo polinomial de segundo orden (Kutner *et al.*, 2004), y la profundidad óptima se calculó por medio de la primera derivada de la ecuación de la curva ajustada igualándola a cero, lo que permite determinar el punto de inflexión de la curva.

Finalmente, se llevó a cabo un ensayo de campo en un sitio de restauración localizado en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (19° 21'

00" y 102° 08' 15", 2200 msnm) en donde se sembraron 12 parcelas de 8 x 8 m, con 960 semillas de *Lupinus elegans*, cada una sembrada a 2.0 cm de profundidad (± 0.5 cm) y como control se sembraron en 12 parcelas semillas en la superficie del suelo enterradas sólo hasta que quedaran cubiertas por el suelo. Los resultados se analizaron por especie por medio de ANOVA de una vía. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el paquete estadístico R (R Development Core Team, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del experimento de laboratorio, se obtuvo que a mayor profundidad de sembrado menor emergencia de plántulas, tanto para *Lupinus elegans* como para *Crotalaria pumila* (Figura 1). Cabe destacar que la relación no se mantiene de forma homogéneamente

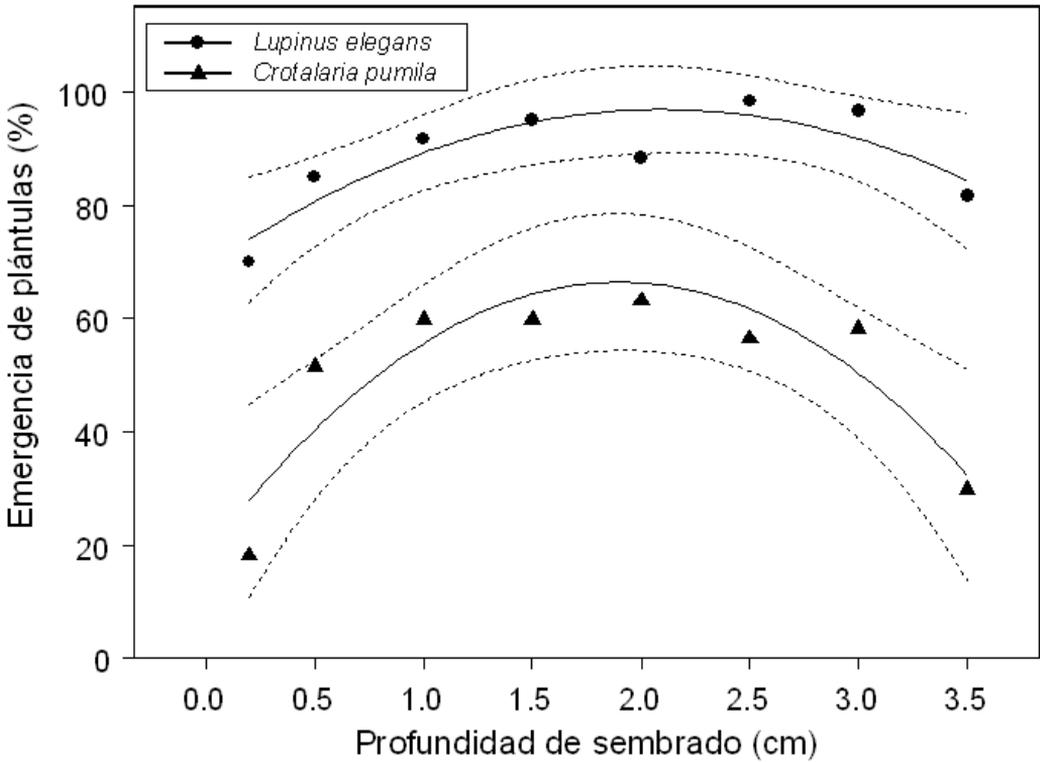


FIGURA 2. Emergencia de plántulas de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* en el invernadero. La línea continua representa el ajuste a partir de una ecuación polinomial de segundo orden, las líneas discontinuas representan el intervalo de confianza de 0.95.

pues la germinación decrece de forma escalonada, en particular, entre los 0 y 3 cm de profundidad de sembrado, se puede observar un máximo de emergencia de plántulas alrededor de los 2 cm de profundidad. El análisis estadístico por medio de modelos lineales generalizados indica que para ambas especies el efecto de la profundidad es estadísticamente significativo ($P < 0.001$). Es importante destacar que a pesar de que los mayores porcentajes de emergencia de plántulas se encuentran alrededor de los 2 cm de profundidad de sembrado, ambas especies toleran el enterramiento, las semillas de *L. elegans* a una profundidad de 6 cm presentan una emergencia del 23% y *Crotalaria pumila* Ort. a 5 cm de profundidad una emergencia de 25%. Esto puede representar una ventaja si en condiciones naturales las semillas quedan enterradas en profundidades considerables por distintas causas,

como arrastre en terreno irregular.

En el experimento de invernadero, *Lupinus elegans* mostró un porcentaje de emergencia de 98% a una profundidad de 2.5 cm. En el caso de *Crotalaria pumila* la mayor emergencia se logró a 2 cm de profundidad, con un porcentaje de emergencia de 63% (Figura 2). El ajuste de las curvas de segundo orden es significativo para ambas especies. Los parámetros de la curva ajustada de *L. elegans* y los estadísticos son:

$$P.E. = 68.74 + 26.84 (\text{Prof}) - 6.40 (\text{Prof})^2$$

$$R^2 = 0.76; F_{(2,5)} = 7.71, P = 0.03$$

para *Crotalaria pumila*:

$$P.E. = 18.24 + 50.70 (\text{Prof}) - 13.34 (\text{Prof})^2$$

$$R^2 = 0.81; F_{(2,5)} = 10.62, P = 0.02$$

En donde P.E. es el porcentaje de emergencia de las plántulas y Prof es la profundidad de sembrado. La primera derivada de las curvas de segundo orden ajustadas a los datos, cuando se igualan a cero (es decir, el punto de inflexión de la curva), indican que el porcentaje máximo de emergencia se obtiene a 2.09 cm para *L. elegans* y a 1.90 cm para *C. pumila*.

El ensayo de campo muestra una diferencia clara entre la emergencia de plántulas de semillas sembradas a 2 cm de profundidad, que presentaron $6.5 \pm 1.4\%$ de emergencia, y las que solamente fueron cubiertas con una capa delgada de sustrato, que presentaron $3.1 \pm 0.5\%$ de emergencia, siendo la diferencia entre ambos tratamientos significativa ($F_{(1,22)} = 5.24, P = 0.03$).

CONCLUSIONES

Los resultados del experimento de laboratorio muestran que la emergencia de plántulas responde a la profundidad de sembrado, reduciéndose conforme esta aumenta. La profundidad máxima a la que las semillas pueden ser sembradas y algunas plántulas emerger es de 7.5 cm para ambas especies. En el otro extremo, las plantas que germinan en o muy cerca de la superficie del sustrato aparentemente están sujetas a estrés ambiental como sequía de la radícula (Padilla y Pugnaire, 2007; Taki y Godwin, 2006), y en condiciones naturales seguramente están expuestas a ser consumidas por depredadores de semillas (Woods y Elliott, 2004), lo que explicaría las bajas tasas de emergencia en condiciones de campo. Para las especies estudiadas, un enterramiento de 2.0 cm es óptimo para lograr la máxima emergencia de plántulas. Las diferencias tan marcadas entre los porcentajes de emergencia de los ensayos de laboratorio, vivero y campo, sugieren en éstas últimas condiciones otros factores limitan la emergencia de las plántulas como ya se mencionó, aunque falta investigación para determinar las causas exactas. A pesar de las marcadas diferencias en el tamaño de las semillas, la profundidad de sembrado de ambas especies fue muy similar, lo que sugiere que el sembrado a 2 cm de profundidad es adecuada para semillas de leguminosas que se encuentren dentro del rango de tamaño de las semillas de las dos especies consideradas en este estudio.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro por su apoyo para relajar el trabajo de campo y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo a través del proyecto SEMARNAT-2002-C01-0760.

REFERENCIAS

- Belgacem A. O., M. Neffati, V. P. Papanastasis y M. Chaieb (2006). Effects of seed age and seeding depth on growth of *Stipa lagascae* R. & Sch seedlings *J. Arid. Environ.* 65: 682-687.
- Blanco-García A. y R. Lindig-Cisneros (2005). Incorporating restoration in sustainable forestry management: Using pine bark mulch to improve native-species establishment on tephra deposits. *Rest. Ecol.* 13: 703-709.
- González-Zertuche L., A. Orozco-Segovia y C. Vázquez-Yanes (2000). El ambiente de las semillas en el suelo, su efecto en la germinación y la sobrevivencia de la plántula. *Bol. Soc. Bot. México* 65: 73-81.
- Kutner M. H., C. J. Nachtsheim y J. Neter (2004). *Applied Linear Regression Models*. Cuarta Edición. Mc-Graw-Hill. Estados Unidos de América.
- Lindig-Cisneros R y S Lara-Cabrera (2004). Effect of scarification treatment and soil type in the germination of *Crotalaria pumila* Ort. *Seed Sci. Technol.* 32: 231-234.
- Medina-Sánchez E. y R. Lindig-Cisneros (2005). Effect of scarification and growing media on seed germination of *Lupinus elegans* H. B. K. *Seed Sci. Technol.* 33: 237-241.
- Padilla F. M. y F. I. Pugnaire (2007). Rooting depth and soil moisture control Mediterranean woody seedling survival during drought. *Funct. Ecol.* 21: 489-495.
- R Development Core Team (2009). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Viena, Austria. URL <http://www.R-project.com>
- Taki O. y R. J. Godwin (2006). The creation of longitudinal cracks in shrinking soils to

enhance seedling emergence. Part II. The effect of surface micro-relief. *Soil Use Manage.* 22: 305-314.

Woods K. y S. Elliott (2004). Direct seeding for forest

restoration on abandoned agricultural land in northern Thailand. *J. Trop. For. Sci.* 16: 248-259.