

EFECTO DE LA LUZ, TEMPERATURA Y TAMAÑO DE SEMILLA EN LA GERMINACIÓN *Nolina parviflora* (H.B.K.) Hemsl.

Z. Reyes-Bautista¹; D. A. Rodríguez Trejo¹

¹División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de Méx., C.P. 56230 (dantearturo@yahoo.com).

RESUMEN

Se estudió la influencia de factores individuales y sus interacciones en la germinación de semillas de la especie *Nolina parviflora* (H.B.K.) Hemsl. Esta especie que se distribuye en las partes secas y semisecas de México, y forma parte del matorral rosetófilo, principalmente en los estados de Hidalgo, Puebla, Oaxaca y Veracruz. Se investigaron los siguientes factores y niveles: temperatura (20, 25 y 30 °C), luz (permanente y oscuridad), tamaño de semillas (grande -3.6 mm de longitud media- y pequeña - 3.2 mm-), y tratamiento pregerminativo de remojo (durante 24 h y sin remojo). La semilla tiene forma ovoide y mide 3.4 mm de largo y 2.65 mm de ancho. Se determinaron 59131 semillas/kg, con 83.9% de pureza y 9.8% de contenido de humedad, base anhidra. También se realizaron pruebas de viabilidad, por flotación (100%) y teñido con sales de tetrazolio (100%). Las interacciones temperatura y luz ($p = 0.0001$), tamaño y luz ($p = 0.069$), y tamaño y temperatura ($p = 0.0173$) resultaron significativas. El porcentaje de germinación fue elevado en ausencia de luz y a 20 °C (87.5%) y 25 °C (88.1%), y declinó a 30 °C (15.8%). En presencia de luz, a mayor temperatura hubo menor germinación. En cuanto a la energía germinativa (número de días para alcanzar 75% de la germinación final), la interacción luz y temperatura fue significativa ($p = 0.0001$). Con 20 °C sin luz, se tuvo un valor de 15.5 días, mientras que a la misma temperatura, pero con luz, fue de 19.7 días. A 25 °C, tales valores fueron iguales a 15.3 y 26 días, respectivamente. A 30 °C, estos fueron iguales a 22.5 y a 1.6 días. Los resultados anteriores sugieren que los micrositos sombreados favorecen la germinación de la semilla de esta especie.

PALABRAS CLAVE: matorral rosetófilo, energía germinativa, micrositos.

EFFECT OF LIGHT, TEMPERATURE AND SEED SIZE ON GERMINATION OF *Nolina parviflora* H.B.K.) Hemsl

SUMMARY

Was studied the germination of *Nolina parviflora* (H.B.K.) Hemsl. Its range includes semiarid localities, forming part of the rosetofilous shrubland, mostly in the Hidalgo, Puebla, Oaxaca and Veracruz states. Were taken in account the following factors and levels: temperature (20, 25 and 30 °C), light (permanent and darkness), seed size (small -3.2 mm length and big -3.6 mm), and soaking as pregerminative treatment (during 24 h and without soaking). The seed has an ovoid shape, 3.4 mm length and 2.65 mm width. There were 59131 seeds per kilogram, 83.9% purity, and 9.8% humidity content, dry weight basis. The viability (flotation in water and tetrazolium tests) was equal to 100%. The following interactions were significant for germination: temperature and light ($p = 0.0001$), seed size and light ($p = 0.069$), and seed size and temperature ($p = 0.0173$). Germination was high without light at 20 (87.5%) and 25 °C (88.1%), declining at 30 °C (15.8%). Under permanent light, the higher the temperature, the lower the germination. For the germinative energy (number of days for reaching 75% of final germination), the interaction light and temperature was significant ($p = 0.0001$). At 20°C without light, it had a value of 15.5 days, and 19.7 days with light. At 25 °C, these values were 15.3 and 26 days, respectively, while at 30 °C, such values were 22.5 and 1.6 days, respectively. This results suggest that shaded microsities are appropriate for the germination of the seed of this species.

KEY WORDS: germinative energy, microsities, rosetofilous shrubland.

INTRODUCCIÓN

El género *Nolina* pertenece a la familia Nolinaceae (Espejo y López, 1996), se localiza en zonas

cálidas y secas, desde el sur de Estados Unidos, hasta Guatemala. En México, se distribuye en las zonas áridas y semiáridas de los estados de Hidalgo, Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Tlaxcala y Veracruz. Su distribución

natural comprende desde los 17° 15' hasta los 21° 40' latitud norte y de los 96° 40' hasta los 100° 00' de longitud oeste (Rzedowski, 1978; López, 1986).

Este género se utiliza ampliamente por los habitantes de zonas áridas y semiáridas. Las hojas de algunas especies se usan en techados, y para elaborar tejidos varios, como canastos; su fibra en cordelería y para fabricar escobas de paja. El interior de los troncos se usa como alimento y las partes tiernas para el ganado (Cruse, 1949; Galván, 2001). De las hojas también se obtiene papel duro; además estas son medicinales, por sus sapogeninas y estereoides, tienen un alto contenido de celulosa y 48% de fibra cruda (Hernández, 1987). Por otra parte, los esfuerzos de restauración de ecosistemas deteriorados cobran cada día mayor importancia en México, destacando las plantaciones forestales con especies nativas. Esto ha propiciado, a su vez, la necesidad de estudiar las semillas y la producción de planta en vivero de tales especies. Una mejor comprensión de la ecofisiología de la semilla facilita y hace más eficiente su propagación en vivero y su siembra directa en campo.

Un ejemplo de lo anterior es *Nolina parviflora* (H.B.K.) Hemsl., especie que se emplea en siembras directas en algunas zonas del país, como el Parque Estatal Cerro Gordo en Teotihuacan, Estado de México. Así es como se evidencia la importancia de conocer mejor a la semilla de esta especie, por lo que en el presente trabajo se plantean los siguientes objetivos: 1) realizar el análisis de semillas y determinar su peso, pureza, contenido de humedad, germinación potencial, energía germinativa y viabilidad, 2) investigar el efecto de los factores temperatura, luz, remojo, tamaño de semilla y sus interacciones, en la germinación y energía germinativa.

METODOLOGÍA

Colecta de semillas

Las semillas se colectaron durante el mes de agosto de 2000, en el matorral rosetófilo del Parque Estatal Cerro Gordo, municipio de Axapusco, Estado de México, en el paraje Las Palmas, que pertenece al ejido de Santo Domingo Aztacameca, cerca de las pirámides de Teotihuacan, a una altitud de 2294 m, (19° 41' latitud norte y 98° 54' longitud oeste). El clima de la zona, según la clasificación de Köppen, modificada por García (1981), es del tipo BS_kw (w) (i)g, árido, el menos seco de los BS, templado con verano fresco, con temperatura media anual entre 12° y 18 °C, régimen de lluvias en verano, con lluvia invernal menor que 5% y poca oscilación térmica. En Teotihuacan, la temperatura media anual es de 14.8 °C y la precipitación media anual es igual a 559.6 mm (García, 1981).

Fase de laboratorio

Se determinaron peso, pureza y contenido de humedad, con base en las normas de ISTA, referidas por Bonner (1974) y Bonner *et al.* (1994). Para la última variable se usó base anhidra.

Respecto a la germinación, se registró diariamente hasta que ya no se presentó más, durante 95 días. Las fechas de siembra fueron los días 18 y 19 de octubre de 2001. Dado que las semillas de esta especie son ortodoxas y mesobióticas, no se esperan efectos significativos por las diferencias en fechas de siembra. Se consideró que las semillas habían germinado cuando su radícula igualaba la longitud de la simiente. La energía germinativa se consideró como el número de días requerido para alcanzar 75% de la germinación final en cada tratamiento (Bonner, 1974; Bonner *et al.*, 1984). Se determinó la viabilidad de la semilla con dos procedimientos: flotación (24 h) y teñido con sales de cloruro de 2,3,5-trifenil tetrazolio (48 h a 30 °C en oscuridad).

Las siembras se hicieron en cajas de Petri, usando como sustrato agrolita. Las pruebas se llevaron a cabo en cámaras de ambiente controlado Conviron. Se usó luz fluorescente e incandescente, simultáneamente.

Diseño experimental

El experimento fue completamente al azar, con cuatro factores, cada uno con los siguientes niveles: temperatura (tres niveles: 20 °C, 25 °C y 30 °C); luz (dos niveles: luz continua y oscuridad permanente); tamaño de semilla (dos niveles: grande y pequeña); y remojo (dos niveles: con y sin). Las semillas grandes tuvieron una longitud y ancho promedio de 3.6 y 2.9 mm, mientras que las pequeñas midieron en promedio 3.2 y 2.4 mm de largo y ancho, respectivamente.

Las cajas de Petri correspondientes a las diferentes combinaciones de luz, tamaño y remojo previo (por 24 h en agua al tiempo), se distribuyeron al azar en las cámaras programadas a cada temperatura. Se tuvieron 24 combinaciones de los diferentes niveles de los tratamientos. Considerando las seis repeticiones para cada nivel, se trabajó con un total de 144 unidades experimentales. Se colocaron 15 semillas por unidad, lo que dio un total de 2160 semillas.

Análisis estadístico

Para el análisis de varianza se utilizó el procedimiento ANOVA (Proc Anova) de SAS (v. 6.12) para microcomputadora. Las comparaciones de medias

se hicieron mediante la prueba diferencia mínima significativa ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físicas

La semilla tiene forma ovoide, mide en promedio 3.4 mm de largo y 2.6 mm de ancho. Se determinaron 59 131 semillas por kilogramo, y el peso de 1000 semillas fue de 16.9 g. La pureza fue igual a 83.9% y el contenido de humedad (base anhidra) fue de 9.8%. El número de semillas por kilogramo evidencia que es factible usar de manera eficientemente la semilla por igual en siembras en semilleros, bolsas, recipientes o directamente en campo. La pureza obtenida denota la necesidad de practicar una buena limpieza a los lotes que se colecten. El bajo contenido de humedad es típico de especies ortodoxas, según refieren Patiño *et al.* (1983).

Germinación, energía germinativa y viabilidad

De acuerdo con el análisis estadístico realizado, hubo efecto de los tratamientos aplicados en la germinación ($p = 0.0001$). A nivel de factores individuales y sus combinaciones, resultan significativos tanto la interacción temperatura y luz ($p = 0.0001$), como la interacción tamaño de semilla y luz ($p = 0.0169$), además de la interacción tamaño de semilla y temperatura ($p = 0.0173$), así como el tratamiento de remojo ($p = 0.0508$) (Cuadro 1). Dada la significancia de las interacciones, no se consideraron los factores individuales que resultaron significativos. Un ejemplo gráfico de la germinación acumulada se muestra en la Figura 1.

La interacción luz y temperatura es la más significativa, no sólo estadísticamente, también ecológicamente (en relación con factores limitativos), de los que se presentaron. A 20 °C, la semilla respondió de manera semejante a la influencia de la luz (87.5% sin luz y 85% con luz). A 25 °C, hubo mayor respuesta sin luz, que con luz (88.1% y 42.3%, respectivamente). Sin embargo, a 30 °C, la germinación se redujo considerablemente, aunque las semillas no expuestas a luz mostraron una mejor respuesta que aquéllas con luz (15.8% y 0.6%, respectivamente) (Figura 2).

La anterior tendencia puede relacionarse con el efecto inhibitorio de la luz constante, particularmente la radiación infrarroja (o rojo lejano) en la germinación de la semilla de diversas especies (Copeland y McDonald, 1995), pues para la presente investigación se usaron simultáneamente luz fluorescente y luz incandescente y esta última contiene radiación infrarroja, lo cual pudo influir en menores valores de germinación.

CUADRO 1. Factores individuales e interacciones significativas en la germinación y energía germinativa.

Factores	p
Temperatura	0.0001
Luz	0.0001
Tamaño	0.4620
Remojo	0.0508
Temperatura y luz	0.0001
Temperatura y tamaño	0.0173
Temperatura y remojo	0.1162
Luz y tamaño	0.0169
Luz y remojo	0.2376
Tamaño y remojo	0.9620
Temperatura., luz y tamaño	0.1510
Temperatura, Luz y remojo	0.8550
Temperatura, tamaño y remojo	0.0878
Luz, tamaño y remojo	0.0653
Temperatura, luz, tamaño y remojo	0.5478
<i>Energía germinativa</i>	
Temperatura	0.0001
Luz	0.0001
Tamaño	0.4620
Remojo	0.0516
Temperatura y luz	0.0001
Temperatura, tamaño	0.0176
Temperatura y remojo	0.1186
Luz y tamaño	0.0172
Luz y remojo	0.2405
Tamaño y remojo	0.9553
Temperatura, luz y tamaño	0.1532
Temperatura. Luz y remojo	0.8597
Temperatura, tamaño y remojo	0.0886
Luz, tamaño y remojo	0.0663
Temperatura, luz, tamaño y remojo	0.5474

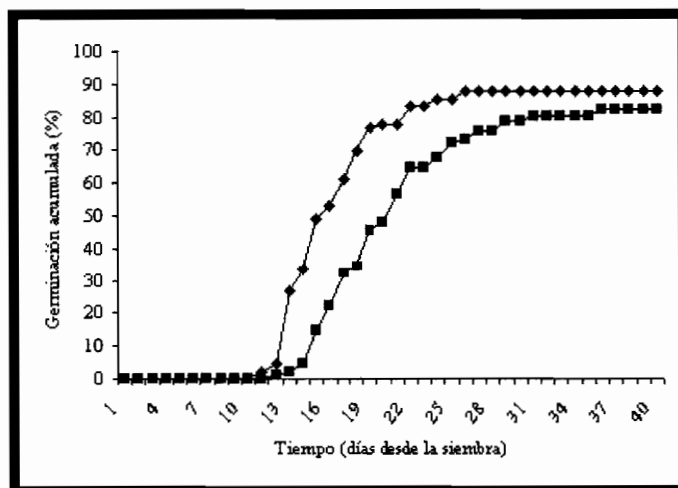


Figura 1. Germinación acumulada de *Nolina parviflora* a 20 °C, semilla grande sin remojo. Los rombos representan la condición sin luz, los cuadros la condición con luz.

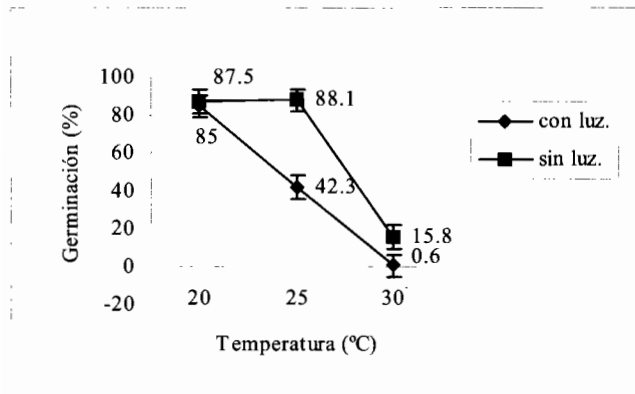


Figura 2. Interacción luz con temperatura en la germinación de *Nolina parviflora*. La barra de error representa diferencia mínima significativa.

De acuerdo con Copeland y McDonald (1995), el factor luz afecta la germinación por su intensidad, duración (fotoperiodo) y calidad. Esta última se refiere a la longitud de onda. Flint (1934) halló que la luz roja (660 a 700 nm) promovió la germinación de la lechuga, pero la luz infrarroja (>700 nm) la inhibió. Copeland y McDonald (1995) y Kozłowski (1971), señalan que este efecto se ha encontrado en semillas de algunas especies de pino.

Pons (1992) considera que la variedad en respuestas a la luz, en la germinación de las semillas entre especies, puede deberse a las variaciones en la cantidad y tipo de fitocromo. En esencia, el fitocromo (F) es una cromoproteína hidrofílica verde-azul (Grill y Spruit, 1972), que existe en dos formas principales: Fr y Frl, con picos de absorción a 660 y 730 nm, respectivamente (Rüdiger, 1986), y son interconvertibles (Leinonen, 1998). La forma Frl (que es inducida por la exposición a la luz roja) se considera que es la biológicamente activa que induce la síntesis de enzimas esenciales para la germinación. La exposición a la luz roja convierte el fitocromo a su forma fisiológicamente activa (Frl) y la germinación se da. La exposición a la radiación infrarroja reconvierte al fitocromo a su forma inactiva (Fr) y la germinación se bloquea (Copeland y McDonald, 1995). Para germinar en la oscuridad, las semillas deben contar con suficiente fitocromo activo (Frl) (Leinonen, 1998).

Debe señalarse que la germinación de la mayoría de las semillas, puede ser inhibida por exposiciones largas a la luz (particularmente a irradiaciones elevadas). Este comportamiento se denomina respuesta a irradiación elevada; la interconversión entre tipos de fitocromo la involucra, pero no se sabe a ciencia cierta cómo. Las semillas negativamente fotoblásticas, en las que la germinación se inhibe por la luz, tienen esta respuesta bastante

desarrollada. No obstante, exposiciones breves a la luz y a bajas irradiaciones, no resultan inhibitorias, e incluso pueden estimular la germinación de este tipo de semillas, aunque su denominación implique no germinación en presencia de luz (Lambers *et al.*, 1998).

La sensibilidad de la germinación a la luz está influida por otros factores, como la temperatura (Copeland y McDonald, 1995), con interacciones de diverso tipo, una de las cuales se muestra más adelante.

En cuanto a la interacción luz y tamaño de semilla, la influencia del nivel sin luz es prácticamente igual para las semillas grandes y las semillas pequeñas (62.4% y 65.2%, respectivamente), en tanto que para el nivel con luz, la variación fue ligeramente mayor en las primeras que en las segundas (45.2 y 40%, respectivamente) (Figura 3). La diferencia entre germinación sin y con luz fue de 17.2% en la semilla grande e igual a 25.2% en la pequeña.

Respecto a la interacción temperatura y tamaño de semilla, es interesante destacar que, a 20 °C, ambos tamaños de semilla germinaron prácticamente igual (87 % y 85.5%, para semillas grandes y pequeñas). A 25 °C, la germinación de la semilla grande fue mayor que la de la semilla pequeña (68.9% y 61.7%, respectivamente). Sin embargo, a 30 °C la semilla pequeña exhibió una germinación ligeramente mayor que la semilla grande (10.6% y 5.8%) (Figura 4).

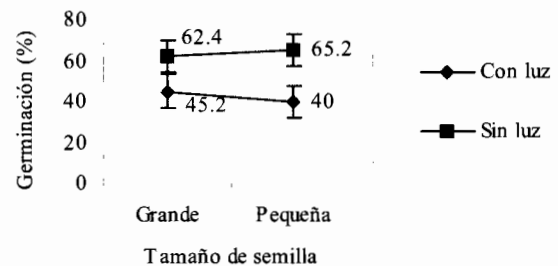


Figura 3. Interacción luz con tamaño de semilla en la germinación de *Nolina parviflora*. La barra de error representa diferencia mínima significativa.

La presencia de luz en las interacciones, con mayor germinación en su ausencia en la mayoría de los casos, sugiere que probablemente las semillas de la especie estudiada tendrían más oportunidad de germinar en los micrositos sombreados, a reserva de la posible influencia de las variaciones de la luz en condiciones naturales.

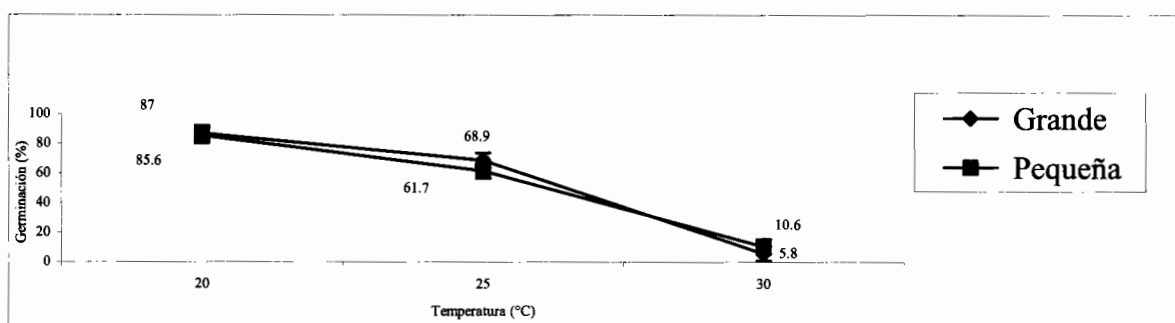


Figura 4. Interacción del tamaño de semilla con la temperatura en la germinación de *Nolina parviflora*. La barra de error representa diferencia mínima significativa.

Los tratamientos aplicados también resultaron significativos para la energía germinativa ($p = 0.0001$). A nivel de combinación de factores en interacciones, resultan significativas: temperatura y luz ($p = 0.0001$), tamaño y luz ($p = 0.0172$), y tamaño y temperatura ($p = 0.0176$) (Cuadro 1).

En relación con la interacción temperatura y luz, en presencia de luz la germinación declinó linealmente a mayores temperaturas, pero la energía germinativa alcanzó su mayor valor a 25 °C (26 días) y el menor valor a 30 °C (1.6 días). Asimismo, en ausencia de luz tuvo una elevada germinación a 20 °C y 25 °C, y declinó a 30 °C, en tanto que la energía germinativa fue semejante a 20 °C y 25 °C (15.5 y 15.3 días, respectivamente), pero tuvo un mayor valor a 30 °C (22.5 días). Lo anterior corresponde a lo planteado por Hartmann y Kester (1989), quienes refieren que a temperaturas bajas, las semillas germinan con lentitud pero el porcentaje de germinación es alto. A temperaturas más elevadas, las tasas de germinación son más aceleradas, pero el porcentaje de germinación disminuye en proporción al incremento de temperatura.

La viabilidad mediante las pruebas de flotación y de teñido con sales de tetrazolio fue igual a 100 %.

CONCLUSIONES

En condiciones de luz permanente, la semilla de *Nolina parviflora* presenta la mejor germinación a 20 °C, pero ésta decrece linealmente a mayores temperaturas. Sin embargo, en condiciones de oscuridad, la germinación se mantiene alta, tanto a 20 como a 25 °C, pero se reduce significativamente a 30 °C. Asimismo, tanto la semilla pequeña como la grande germinaron mejor en la oscuridad, y ambos tamaños de semilla tendieron a reducir su germinación a mayores temperaturas.

Los resultados del presente trabajo sugieren un efecto inhibitorio de la luz constante en la germinación de la semilla de *Nolina parviflora*. Tanto en presencia como en ausencia de luz, se observó la tendencia de que a elevada temperatura (30 °C) la energía germinativa es mayor, pero la germinación es menor. Lo anterior sugiere la probable importancia de los micrositos sombreados, para que la germinación de la semilla de la especie sea más elevada.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Adrián Mendoza, responsable del Parque Estatal Cerro Gordo, y a la Secretaría de Ecología, Gobierno del Estado de México, por las facilidades brindadas para la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- BONNER, F. T. 1974. Seed analysis. In: Schopmeyer, C. S. (Coord.). Seeds of woody plants in the United States. Agriculture Handbook No. 450. USDA Forest Service. Washington, DC. pp. 136-152.
- BONNER, F. T.; VOZZO, J. A.; ELAM, W. W.; LAND Jr., S. F. 1994. Tree seed technology. Training course. Instructor's manual. USDA FS Gen. Tech. Rep. SO-106. New Orleans, 160 p.
- COPELAND, L. O.; MC DONALD, M. B. 1995. Seed science and technology. Chapman and Hall. New York, NY. 409 p.
- CRUSE, R. 1949. A chemurgic survey of the desert flora in the American southwest. Economic Botany 3(2): 111-131.
- ESPEJO, S. A.; LÓPEZ F., A. R. 1996. Las monocotiledóneas mexicanas. Una sinopsis florística. Tomo I. Dioscoreaceae-Nolinaceae. Consejo Nacional de la Flora de México. Universidad Autónoma Metropolitana, Conabio. México, D. F. pp. 101-104.

- FLINT, L. H. 1934. Light in relation to dormancy and germination in lettuce seed. *Science* 80: 38-40.
- GALVÁN V., R. 2001. Nolinaceae. En: Rzedowski, G. C. de y Rzedowski, J. (eds.). *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2ª ed. Instituto de Ecología. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Mich. pp. 1239-1242.
- GARCÍA DE M., E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México México. 252 p.
- GRILL, R.; SPRUIT C., J. P. 1972. Properties of phytochrome in gymnosperms. *Planta* 108: 203-213.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E. 1989. Propagación de plantas. Compañía Editorial Continental. México, D. F. 760 p.
- HERNÁNDEZ X., E. 1987. Experiencia mexicana en zonas áridas. En: *Xolocotzia: Obras de Efraín Hernández Xolocotzi*. Tomo II. Universidad Autónoma Chapingo. Revista de Geografía Agrícola. Chapingo, México. pp. 551- 563.
- KOZLOWSKI, T. T. 1971. Seed germination and seedling development. En: *Growth and Development of Trees*. Academic Press. 443 p.
- LAMBERS, H.; CHAPIN III, F. S.; PONS, T. L. 1998. *Plant physiological ecology*. Springer. New York, NY: 540 p.
- LEIONEN, K. 1998. *Picea abies* seed ecology: effects of environmental factors on dormancy, vigor and germination. Publication 18. Department of Forest Ecology. University of Helsinki. Helsinki. 67 p.
- LÓPEZ M., L. 1986. Esfuerzo productivo y sobrevivencia de *Nolina parviflora* (Liliaceae) en la zona semiárida poblano-Veracruzana. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, edo. de México. 89 p.
- PATIÑO V., F.; DE LA GARZA, P.; VILLAGÓMEZ A., Y.; TALAVERA A., I.; CAMACHO M., F. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Bol. Div. 63. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, D. F. 181 p.
- PONS, T. L. 1992. Seed responses to light. En: Fenner, M. (ed.). *Seed: The ecology of regeneration in plant communities*. CAB International, Wallingford, U. K. pp. 259-283.
- RÜDIGER, W. 1986. The chromophone. En: Kendrick, R. F. and G. H. Kronenberg (eds.). *Photomorphogenesis in plants*. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Pub. Dordrecht, The Netherlands. 600 p.
- RZEDOWSKI, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 p.