

00322

210



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Emergencia de plántulas de *Pinus patula* Schl. et Cham. en relación con la densidad de siembra.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G O
P R E S E N T A:
OSCAR FAUSTINO VEGA TOVAR

DIRECTOR DE TESIS:
ING. AGR. FRANCISCO CAMACHO MORFIN



2003

FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

A





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**TESIS CON
FALLA DE
ORIGEN**



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Oscar Faustino Vega Tovar

FECHA: 27 Junio 2003

FIRMA: [Firma]

DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Emergencia de plántulas de Pinus patula Schl. et Cham. en relación con la densidad de siembra"

realizado por Vega Tovar Oscar Faustino

con número de cuenta 7808307-7, quién cubrió los créditos de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario Ing. Agr. Francisco Camacho Morfin

Propietario M. en C. Narciso José Ruiz Cárdenas

Propietario M. en C. Sebero Francisco Javier Trejo Benítez

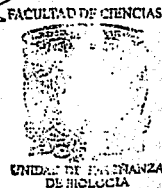
Suplente Dra. en Biol. Irma Sofía Salinas Hernández

Suplente Biol. Sabel René Reyes Gómez

[Firmas manuscritas]

Consejo Departamental de Biología

[Firma]
M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



1

Hay hombres que luchan un día y son buenos,
Hay hombres que luchan muchos días y son mejores,
Pero hay quienes luchan toda la vida, esos son los
imprescindibles.

Bertold Brecht.

Andrea, mi compañera incansable y eterna consejera.
Cassandra, mi fuerza para seguir adelante.
Jarek, mi valor para enfrentar el futuro.

Julieta, a tu memoria y póstuma esperanza.
Tarcisio, por haberme visto llegar al final.

Marco Antonio, a tu memoria y apoyo incondicional.

A mis hermanos y mis amigos, porque no es fácil tenerme de
hermano o amigo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
JUSTIFICACIÓN	11
OBJETIVOS	13
ANTECEDENTES	14
MATERIALES Y MÉTODOS	26
RESULTADOS	36
DISCUSIÓN	45
CONCLUSIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS	59

INTRODUCCIÓN

En los últimos siete años, la tasa de deforestación que anualmente se registraba en México casi se ha duplicado, convirtiéndolo en el segundo a nivel mundial después de Brasil- en problemas de deforestación y haciendo que su pérdida de masa forestal y vegetal se haya casi duplicado, al pasar de 600 mil hectáreas a un millón 127 mil 845 hectáreas que cada año se pierden, fundamentalmente por actividades relacionadas con el cambio en el uso del suelo. (INEGI, 1998).¹



Fig. 1 Zona deforestada de un bosque de pino donde se puede observar la erosión.

En el período 1993-2000, la superficie total deforestada en México alcanzó los 7 millones 894 mil 921 (Fig. 1) hectáreas, superficie equivalente a la del estado de Jalisco, en tanto que la tasa anual de deforestación que se estimaba en 600 mil hectáreas, realmente alcanzó un millón 127 mil 845 hectáreas, lo que equivale a la superficie del estado de Querétaro o a ocho veces la superficie del Distrito Federal, que es lo que anualmente se pierden en el país por problemas de deforestación, según los resultados obtenidos a través

¹ INEGI 1998. Estadísticas del medio ambiente. Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 1995-1996. INEGI, México,.

un estudio preliminar, el cual puede tener un margen de error del 10 al 12 por ciento (SEMARNAT, 2002).²

De no fortalecerse las estrategias destinadas a enfrentar la problemática de la deforestación en México y de continuar la tendencia de este problema de la forma en como ocurre actualmente, en 127 años más habrá una pérdida total de los bosques mexicanos, en tanto que en 58 años se acabará por completo con sus selvas, situación que debe poner a pensar a todos los mexicanos y no solo a los científicos y gobernantes de México.

Impacto en la Biodiversidad

La deforestación y la consecuente desaparición de los ecosistemas boscosos y selváticos se ha dado fundamentalmente a partir de la pasada década de los treinta, cuando se aceleró el crecimiento demográfico. Hoy en día, la deforestación continúa a ritmos muy elevados, que ubican a nuestro país entre los primeros en el planeta en lo que se refiere a este dudoso honor.³

Más del 50% de la cubierta vegetal original del país se ha perdido, lo que ha provocado la reducción drástica de hábitat a nivel nacional. Los indicadores más contundentes del daño ecológico son la extinción de especies y el incremento en el número de las amenazadas (Dirzo y García, 1992).⁴

La deforestación puede ocasionar la extinción local o regional de las especies; la pérdida de acervos genéticos; el aumento en la ocurrencia de plagas; la disminución en la polinización de cultivos comerciales; la alteración de los procesos de formación y mantenimiento de los suelos (erosión); evitar la recarga de los acuíferos y alterar los ciclos biogeoquímicos, entre otros procesos de

² www.semarnat.gob.mx/estadisticas_ambiente

³ INEGI 1998. *op. cit*

⁴ Dirzo, R. y M. C. García 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical area in southeast Mexico. *Conservation Biology* 6(1):84-90.

deterioro ambiental. En síntesis, la deforestación es una causa importante de pérdida de la diversidad biológica a nivel genético, poblacional y ecosistémico.

El Vivero

Debido a los fuertes problemas de deforestación que conllevan a la pérdida de biodiversidad que sufre el país y a la gran necesidad de reforestar, los viveros juegan un papel preponderante, no sólo como fuente productora de plantas, sino también como sitios de investigación donde se experimenta con las especies locales de interés, con la finalidad de propiciar la formación de bancos temporales de germoplasma y plántulas de especies nativas que permitan su caracterización, selección y manejo. Esto permitiría diseñar, conocer y adecuar técnicas más sencillas para la propagación masiva de estas especies. Además, los viveros también pueden ser sitios de capacitación de donde surjan los promotores de dichas técnicas. (ILCE, 2002)⁵

El Vivero es un conjunto de instalaciones que tiene como propósito fundamental la producción de plantas (Fig. 2), estos sitios constituyen el mejor medio para seleccionar, producir y propagar masivamente especies útiles no sólo para el hombre, sino también para la reforestación y la regeneración de diversos ecosistemas.

La producción de plantas en viveros permite prevenir y controlar los efectos de los depredadores y de enfermedades que dañan a las plántulas en su etapa de mayor vulnerabilidad. Gracias a que se les proporcionan los cuidados necesarios y las condiciones propicias para lograr un buen desarrollo, las plantas tienen mayores probabilidades de sobrevivencia y adaptación cuando se les establece a su lugar definitivo.

⁵ www.omega.ilce.edu.mx

Independientemente del origen de una planta, ya sea a partir de una semilla, de un segmento o por cultivo de tejidos, los primeros días de vida son los más críticos para su sobrevivencia, es por ello que los viveros son un factor fundamental para llegar a obtener plantas listas para su siembra.



Fig. 2 Estudiantes en un Vivero con fines educativos.

Para la producción de plantas en viveros es necesario el conocimiento y el dominio de una serie de técnicas basadas en la fisiología de las plantas que han de producirse, así como la aplicación de tratamientos especiales. Exige también el manejo cuidadoso de las instalaciones y las condiciones para la germinación. En lo que se refiere a la germinación, la elección de las técnicas mas adecuadas para el inicio de la misma, es decir, los procedimientos de siembra, es sumamente importante.

Siembra en Viveros

Aunque existen diferentes métodos de siembra para la producción de plantas en Vivero, todas ellas pueden enmarcarse en dos formas principales (Camacho, 2000):⁶

- a) Siembra directa en recipientes o envases fijos o libres

⁶ Camacho M. F. 2000. Cálculo de necesidades de semillas para la producción de plantas forestales. Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal. No. 5, Agosto-Octubre 2000.

- b) Siembra indirecta en almácigo para trasplante posterior a recipientes o envases fijos o libres.

La utilización de uno u otro método depende de diversos factores entre los que se pueden señalar las características físicas y de germinación de las semillas empleadas, el número de plantas necesarias para la producción o la reforestación, el personal con que se cuenta, los insumos necesarios, los costos, entre otros.

En México, para la producción de plantas en Vivero se utiliza de manera constante la siembra en almácigo (Cuevas, 1985)⁷, por lo que se hace necesaria una revisión de los factores que favorecen o dificultan la producción por este procedimiento de determinadas especies de importancia forestal.

Siembra en almácigos.

El almácigo (Fig. 3) es una parcela rectangular que permite hacer germinar semillas en el campo bajo condiciones óptimas de germinación para que crezcan hasta su trasplante, lo que favorece la mayor producción de plántulas en poco terreno (Cuevas, 1985)⁸.

Efecto de la densidad de siembra en almácigo sobre la germinación

La siembra puede realizarse al voleo o en surcos poco espaciados (Diehl y Mateo, 1978)⁹, pero la regulación de la densidad de siembra es uno de los problemas principales al hacer un almácigo. Al respecto se tiene que, para

⁷ Cuevas R. R. 1985. Situación actual de los viveros de algunos estados de la República Mexicana. III Reunión Nacional sobre plantaciones forestales. México D. F. SARH Púb. Esp. No. 48, Págs. 320-337.

⁸ Cuevas R. R., 1985. Op. Cit.

⁹ Diehl, R. y Mateo, J. M. 1978. Fitotecnía General. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 814 pp.

hacer un uso económico del espacio, se debe sembrar tan junto como sea posible, pero una siembra muy tupida produce dificultades en la germinación por ahogamiento y reduce el vigor y el tamaño de las plántulas.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 3 Cama a desnivel para almácigo.

Villagómez (1978)¹⁰ señala que en los viveros frecuentemente se presentan problemas con la germinación de las semillas, como pueden ser algunas latencias o la presencia de sustancias inhibidoras, lo que ocasiona pérdidas en la producción de plantas con el consecuente encarecimiento de la plantación. Sugiere así mismo una serie de técnicas para superar estos problemas. Cabe señalar que dichas técnicas viveristas son producto, por un lado, de los trabajos realizados por múltiples investigadores, y por otro, de la experiencia misma de los trabajadores adquirida a lo largo de muchos años de trabajo.

¹⁰ Villagómez, A. Y. 1978. Pruebas de semillas forestales y su aplicación en vivero. Memorias de la I Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. Publicación Especial No. 13 SARH. México.

Se ha encontrado que en ciertas especies de interés forestal como, *Eysehhardtia polystachya* -palo dulce-, (Camacho, 1987)¹¹, *Schinus molle*-pirú- (Camacho y Ramírez, 1987),¹² *Pinus montezumae*-pino- (Vilchis y Camacho, 1989)¹³ y *Pinus greggi* (Covarrubias, 1991),¹⁴ el porcentaje de germinación disminuye conforme se incrementa la densidad de siembra.

Padilla (1983),¹⁵ señala que la densidad de siembra en almácigo va a estar determinada tanto por el tamaño de la semilla y de las plántulas, como por el tiempo de permanencia de las mismas en el almácigo. Proporciona la siguiente fórmula para determinar la cantidad de semillas que se requieren para almácigar.

$$Q = S \times D / VC \times N \times F$$

Donde:

Q= cantidad de semillas para almácigar

S= superficie de almácigo

D= número de plántulas por m²

VC= valor cultural (en decimales), es igual al producto de la pureza por el porcentaje de germinación entre 100.

N= número de semillas por kilogramo de semillas puras.

F= factor de corrección de acuerdo a las pérdidas, este valor va de 0.5 a 1 y se le determina con la práctica.

¹¹ Camacho M. F., 1987. Germinación de semillas de palo dulce (*Eysehhardtia polystachya*) en siembras densas. Revista Ciencia Forestal S. México 12(62) 3-4 1987.

¹² Camacho, M. F. y Ramírez P. M., 1987. Dormición química de semillas de pirú (*Schinus molle*) en tres tipos de siembra. Ciencia Forestal, México. 12(62): 3-14

¹³ Vilchis, N. P. R. Y Camacho M. F., 1989. Efecto de Remojo y densidad de siembra en la germinación de semillas de *Pinus montezumae* Lamb. Memoria Congreso Forestal Mexicano. Academia Nacional de Ciencias Forestales, México. Págs. 896-900.

¹⁴ Covarrubias G. A. D., 1991. Densidad de siembra óptima de *Pinus greggi* en almácigo con remojo con tratamiento pregerminativo. México. Tesis de Licenciatura Biólogo Facultad de Ciencias, UNAM.

¹⁵ Padilla, M. S., 1983. Manual del Viverista. CICAFOR. Cajamarca, Perú.(63-113).

Cabe señalar que esta fórmula es aplicable cuando no existen otra serie de circunstancias que nos puedan afectar la germinación, como puede ser la presencia de sustancias inhibitoras en las semillas o el sustrato.

JUSTIFICACIÓN

Dada la alta tasa de deforestación que se sufre en México, de 500 mil a 1 millón 500 mil Ha por año, según diversas estimaciones (SEMARNAT 1998, INEGI, 2002),¹⁶ es urgente la necesidad de establecer estrategias que permitan enfrentar la problemática de una manera global y multidisciplinaria. (aprovechamiento forestal, sustentabilidad, productividad agrícola y ganadera, áreas protegidas, parques nacionales, etc.). En ese sentido los Viveros, como ya se ha señalado, tienen una función sumamente importante ya que pueden funcionar no sólo como fuente productora de plantas, sino también como sitios de investigación.

En la producción de muchas especies forestales en Viveros de México se utiliza, como práctica común, la reproducción en almácigo, para el posterior trasplante a envases, práctica que permite la utilización eficiente de los insumos más costosos: la tierra de monte y las semillas. Esta optimización se logra mediante el empleo de densidades de siembra adecuadas (Pimentel, 1988).¹⁷ Sin embargo, es frecuente que en los almácigos se hagan siembras densas (siembras al voleo y a chorrillo), (Cuevas, 1985),¹⁸ donde prácticamente la superficie de la tierra se cubre de semillas. Se ha encontrado que en ciertas especies de interés forestal (*Eysenhardtia polystachya*-palo dulce-, *Schinus molle*-pirú- *Pinus montezumae*-pino-) el porcentaje de germinación disminuye conforme se incrementa la densidad de siembra.

Esto, en el caso particular de los pinos, plantea una problemática particular con respecto a la pérdida de una importante cantidad de semillas, es decir de germoplasma. Debido a la creciente pérdida de áreas boscosas en nuestro país, las zonas naturales de colecta se ven disminuidas, (ya que las

¹⁶ www.semarnat.gob.mx. Op cit.

-INEGI, 1998 op. Cit.

¹⁷ Pimentel, B.L. 1978. Preparación del terreno en plantaciones forestales. Primera Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. INIF. Publicación Especial No 13. México, D. F.

¹⁸ Cuevas R. R. (1985). Op. Cit.

semillas de pinos provienen, en su mayoría, de Rodales y Áreas semilleras, que son zonas boscosas, donde generalmente predomina una especie con características superiores a la media de la población), lo que hace necesario adoptar medidas que permitan el aprovechamiento óptimo de los recursos necesarios para la producción de plantas forestales en los viveros, en particular, aprovechar al máximo la capacidad germinativa de las semillas, que tiene que ver no sólo con la optimización económica sino con la conservación de los recursos naturales. En los viveros es importante obtener el mayor ahorro de semillas con la mayor producción de plántulas por unidad de superficie.

El presente trabajo se realizó para determinar el efecto de la densidad de siembra en almácigo sobre la germinación de *P. patula*, Schl. Et Cham .; establecer si la alta densidad de siembra en almácigo induce problemas en la germinación del pino, así como reconocer el efecto de algunos tratamientos sobre la germinación de semillas de *P. patula*, , especie de pino con un importante potencial forestal en México, con la finalidad no solo de dar recomendaciones sobre las practicas de siembras densas en Vivero, sino de lograr establecer la mayor eficiencia del uso del almácigo en la producción de *P. patula*, .

OBJETIVOS:

- a) Establecer si algunas practicas de siembra Inducen problemas en la germinación de *Pinus patula*, Schl. Et Cham.
- b) Determinar el efecto de la densidad de siembra en almácigo sobre la germinación de *Pinus patula*, Schl. Et Cham.
- c) Determinar el efecto de la siembra de semillas remojadas y secadas en la germinación de *Pinus patula*, Schl. Et Cham.
- d) Determinar el efecto de la siembra de semillas embebidas en la germinación de *Pinus patula*, Schl. Et Cham.

HIPÓTESIS

- 1) Si las semillas de *Pinus patula* contienen sustancias inhibidoras de la germinación en pequeñas cantidades, entonces al incrementar la densidad de siembra en almácigo el sustrato podría saturarse y la germinación será afectada adversamente.
- 2) Si la disminución de la germinación en elevadas densidades de siembra se debe a la presencia de sustancias inhibidoras en las semillas, entonces el remojar las semillas puede eliminar dichas sustancias, lo que incrementará la germinación, independientemente de si se siembran las semillas directamente después de remojarlas o secas después de haber sido remojadas.
- 3) Si la disminución de la germinación en elevadas densidades de siembra se debe a la competencia por agua, entonces el sembrar las semillas embebidas favorecerá más la germinación que si se siembran secas.

ANTECEDENTES

Características de la especie

Nombre científico: *Pinus patula* Schl. et Cham.

Sinónimos: *Pinus subpatula* Roezi Ex Gordon; *Pinus patula* var. *longepedunculata* Loock Ex Martínez; *Pinus patula* var. *zebrina* Milano; *Pinus patula* cv. *zebrina*; *Pinus patula* Schiede y Deppe en Schl. et Cham.

P. patula es el pino mexicano de mas amplio conocimiento en el mundo, debido ha que fue introducido en diversos países desde principios del presente siglo, constituyéndose en la especie principal en las plantaciones forestales (Chapman, 1994).¹⁹

Nombres comunes:

Pino colorado; Pino chino; ocote colorado; pino macho; pino xalocote; pino triste; ocote. En países en que se ha introducido y de habla inglesa: patula pine; mexican weeping pine; spreading leaved pine (Patiño 1985)²⁰.

En general, *P. patula* es, en términos taxonómicos, una especie bien definida, con una variabilidad morfológica restringida. Solamente se menciona el hecho de que en los sitios donde es plantado como exótica (África) se han presentado variaciones a las que se han consignado como sinónimos (*P. patula* var. *zebrina* Milano) (Chapman, 1994).

¹⁹ Chapman, J. D., 1994 Mt. Mulanje, Malawi. In Davis, S.D., Heywood, V.H. & Hamilton, A.C. (Eds) Centres of plant diversity, a guide and strategy for their conservation. Vol. 1. Europe, Africa, south-west Asia and the Middle East, pp. 240-247. IUCN & WWF, Gland.

²⁰ Patiño V., F. 1985. *Pinus patula* Schiede y Deppe in Schl. et Cham. IX Congreso Forestal Mexicano. México.

P. patula en su forma típica por lo común alcanza alturas entre 30 y 35 m, aunque se han medido árboles de hasta 40 m, con diámetros de 50 a 90 cm, y en ocasiones hasta los 100 cm. El tronco es característicamente muy recto y está libre de ramas hasta una altura de 20 m. Las ramas en rodales densos son delgadas, pero en rodales abiertos son muy gruesas y horizontales o pendientes, y dispuestas irregularmente sobre el tronco (Fig. 4). En rodales densos la copa es redondeada. La corteza en los árboles jóvenes y parte superior del tronco de los árboles adultos es de coloración rojiza o café amarillento, y típicamente es muy delgada (Fig. 5). En la parte inferior del tronco de los árboles adultos, la corteza es gruesa con fisuras verticales (Martínez ,1948, Loock, 1950).²¹



Fig. 4. Árbol joven de *P. patula* en el que se observa la disposición irregular de las ramas.

Las hojas son aciculadas en número de tres, ocasionalmente cuatro y raramente cinco, delgadas, de 15 a 52 cm de largo y característicamente pendientes o caídas, de coloración verde pálido o verde amarillento (Fig. 4). Los

²¹ Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Ed. Botas. México, D. F. 362 p.

-Loock, E. E. M. 1950. The pines of Mexico and British Honduras. South Africa Department of Forestry Bulletin 35.

canales resiníferos son de uno a cuatro, usualmente tres, en una posición media o con uno o dos internos. Las vainas son persistentes y de 10 a 15 mm.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

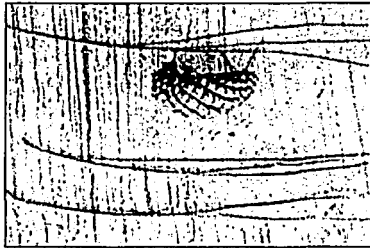
Fig. 5. Corteza en los árboles jóvenes de *P. patula*

Los conos son serótinos, cónicos, ligeramente curvados, de siete a diez centímetros, sésiles y extremadamente tenaces, con una coloración parda o parda a marillenta en estado de madurez (Fig. 6). Generalmente los conos se agrupan en números de cuatro a ocho. La semilla es muy pequeña, casi triangular, de color pardo oscuro, de 4 a 5 mm de largo, con ala de color pardo claro de unos 17 mm de largo. Para este pino se encontró que el número de semillas por Kg. tiene un mínimo de 85,251 y un máximo de 180,868, con un promedio de 133 059²². Las plántulas tienen de cuatro a cinco cotiledones (Perry 1991)²³. En estado de planta de vivero, el crecimiento es rápido y las hojas se presentan ya pendientes y de color verde amarillento, con la presencia usual de bandas amarillentas. La madera es de color blanco amarillento, suave y ligera, no muy resinosa.²⁴

²² CENID-COMEF. 1994. *Semillas Forestales*. Publicación especial Numero 2. INIFAP, SARH. México. 137 p.p.

²³ Perry Jr., J. P. 1991. *The pines of Mexico and Central America*. Timber Press. Oregon. U.S.A.

²⁴ CENID-COMEF. 1994. op. Cit.



TESIS CCN
FALLA DE ORIGEN

Fig. 6. Hojas aciculadas y cono (estróbilo) de *P. patula*

Distribución Natural

El intervalo latitudinal de la distribución natural de *P. patula* va desde los 24° N hasta los 17° N, sobre una estrecha faja que se extiende en una orientación NW-SE sobre formaciones montañosas de la Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico y la Sierra Madre de Oaxaca. En este intervalo se pueden identificar tres áreas geográficas claramente distinguibles y separadas en cuanto a la distribución de *P. patula*. La del norte, que constituye las poblaciones más aisladas y se ubica en los estados de Nuevo León y de Tamaulipas; la del centro, que conforma las poblaciones principales y más extensas, en los estados de Hidalgo, Veracruz y Puebla, principalmente; y la del sur, que también se forma de poblaciones aisladas, en el estado de Oaxaca (Aljos, 1997).²⁵

Requerimientos Ambientales

A pesar de su distribución restringida, *P. patula* mantiene un amplio potencial de adaptabilidad, lo cual puede asociarse a que el intervalo de altitud en que habita es bastante amplio (1 500 m) lo que es indicativo también de una amplitud en las condiciones ecológicas. La observación y las investigaciones de

²⁵ Aljos F. 1997. Guía de campo de los pinos de México y América central. Univ. de Oxford. 171 pp.

su habitat natural y el de introducción como exótica, han permitido delinear algunos factores ecológicos limitantes y/o requerimientos ambientales.

Altitud

En cuanto al factor altitudinal, se da un buen crecimiento en el intervalo de los 1500 a los 3000 m.s.n.m, aunque la altitud más adecuada se sitúa por los 1800-2000 m.s.n.m. Se ha mencionado que por debajo de los 1 500 m.s.n.m. no se da la producción de semillas. En general se trata de una especie que prefiere sitios altos.

Suelos

En relación con los suelos, la especie es muy tolerante y puede crecer en una amplia variedad de ellos, siempre y cuando tengan un buen drenaje. Los suelos pueden ser de moderadamente profundos a muy profundos, de textura franca, migajón inclusive, hasta arcillosos. En suelos fértiles los árboles se desarrollan muy rápidamente, con un crecimiento en altura de un metro o más inclusive por año.

Humedad

La humedad es un factor muy importante, y la especie requiere en general de sitios húmedos. Las precipitaciones deben alcanzar un mínimo de 1 000 mm anuales, con un régimen de verano, aunque puede crecer bien con precipitaciones en todo el año, sin una estación seca bien marcada. La humedad proporcionada por la niebla es un factor que ocurre en varios sitios de su área de distribución natural y de introducción.

Temperaturas

En cuanto al régimen de temperaturas, los valores que resumen las exigencias de una especie son la temperatura media anual, la temperatura media del mes más frío, la temperatura media del mes más cálido y la temperatura mínima absoluta. Para *P. patula* se tienen los siguientes requerimientos (Golfari 1963)²⁶: temperatura media anual: 9.5-14° C; temperatura media del mes más frío: 7-11° C; temperatura media del mes más cálido: 12-17° C; temperatura mínima absoluta: -10° C. El número de heladas que puede soportar es muy variable, en el área de distribución se presentan desde cinco hasta cien heladas al año, aunque la tendencia general es a un número mínimo de ellas.

Luz

De acuerdo con las condiciones de niebla en las zonas de distribución, se puede considerar que *P. patula* es moderadamente tolerante a la sombra. En estado de planta de vivero puede soportar hasta un 1/3 de intercepción de la luz solar directa, pero el crecimiento es mejor con una mayor iluminación (Vela 1976)²⁷.

Clima

En general el clima recomendable para el crecimiento de *P. patula* es el Cwbg, templado subhúmedo con lluvias en verano y temperatura media mensual superior a los 10° C (García, 1988)²⁸.

²⁶ Golfari, L. 1963. Exigencias climáticas de las coníferas tropicales y subtropicales. Unasylva 17-1:68. FAO. Roma.

²⁷ Vela G., L. 1976. *Pinus patula* una especie importante de pino. Ciencia Forestal. 1 (1)

²⁸ García de M., E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, México, 217 pp.

Importancia Económica

En nuestro país se le ha utilizado poco en plantaciones comerciales, entre las que destacan por sus buenos resultados la Plantación Protectora de la Laguna Tejocotal, Puebla, donde han alcanzado una altura de 22 m y un diámetro de 40 cm; San Cayetano, Edo. de México; La Venta, D. F.; San Rafael, Edo. de México; Uruapan, Michoacán; San Juan Tetla, Puebla (Eguiluz, 1979).²⁹

El Estado de Tlaxcala cuenta con cerca de 50 mil hectáreas arboladas, que se caracterizan por algunas especies de coníferas que guardan un gran potencial productivo y que requieren ser protegidas y conservadas. En particular, las poblaciones de Pino colorado (*Pinus patula*) y de *Pseudotsuga menziesii* constituyen recursos genéticos estratégicos, que hoy día se emplean en el desarrollo de plantaciones y reforestaciones de muchos países del mundo. Es necesaria la caracterización, selección y mejoramiento genéticos de estas especies para asegurar su conservación y contar con disponibilidad de germoplasma para los programas de plantaciones y de reforestación.

En Sudáfrica, donde fue llevada por Kutchins en 1905, Constituye el pino con mayor área de cultivo, crece en sitios menores a los 1000 m.s.n.m, con solo 750 mm de lluvia al año.

La madera de *P. patula* es de buena calidad; de acuerdo con sus características físico-mecánicas, se recomienda para construcciones que requieran madera muy resistente como postes, durmientes, pilotes, armaduras y vigas. Se emplea también para la elaboración de cajas para empaque y para acabados interiores y exteriores. Asimismo es muy apreciada en la fabricación

²⁹ Eguiluz, P. T. 1978. Ensayo de Integración de conocimientos sobre el género en México. Tesis Profesional, Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Propagación de *Pinus patula*

La propagación de *P. patula* puede hacerse por semilla o vegetativamente por medio de estacas, injerto y cultivo de tejidos (Laine y David, 1988)³⁰. Sin embargo estos últimos no han demostrado ser superiores a la propagación sexual por semilla cuando se requieren grandes cantidades de plantas.

El tipo de germinación es epigea, es decir, la radícula se hunde en el suelo, creciendo el eje hipocotileo y arrastrando con él los cotiledones fuera del suelo (Fig. 7). Se reporta que esta especie no tiene requerimientos especiales para germinar, y lo puede hacer en un periodo de 2 a 3 semanas; sin embargo, este lapso puede cambiar en función de la temperatura y la ausencia o presencia de heladas. Generalmente presenta altos porcentajes de germinación (CENID-COMEF, 1994).³¹

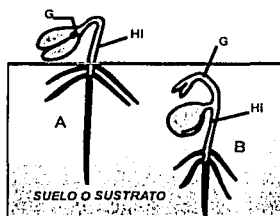


Fig. 7. Morfología de la germinación.

A: Epigea. B: Hipogea. G: Gémula-epicotileo. Hi: Hipocotileo

³⁰ Laine, E., H. David and A. David, 1988. Callus formation from cotyledon protoplasts of *Pinus oocarpa* and *Pinus patula*. *Physiologia Plantarum* 72: 374-378.
McKellar, D.S., Herman, B. & Watt, M.P. 1994. Towards a protocol for the micropropagation of *Pinus patula* Scheide et Deppe. *South African Forestry Journal* 171: 33-42.

³¹ CENID-COMEF. 1994. op. Cit.

Aparentemente *P. patula* no presenta problemas de germinación, sin embargo López (1991)³², señala que en altas densidades de siembra llegan a presentarse problemas de germinación. También se menciona (CENID-COMEF, 1994)³³ que se puede acortar el tiempo de germinación sumergiendo las semillas en agua a temperatura ambiente por un período de 24 horas. Así mismo se ha encontrado que la estratificación durante 2 semanas a temperaturas de 1 a 4° C, permite obtener una mayor uniformidad en la germinación. En algunas ocasiones se aplican tratamientos a las semillas para estimular la germinación entre las que se encuentran el almacenamiento en arena húmeda por 30 días en cuarto frío a 5 °C (Zavala, 1971)³⁴. Algunas especies de pinos presentan un tipo de letargo debido a la presencia de sustancias inhibitorias (Bonner, 1994,³⁵ Barnett, 1970³⁶). Donald (1981)³⁷ menciona la existencia de dormición en *P. Patula* que puede ser causada por la presencia de sustancias inhibitorias, en pequeñas cantidades, que solo se manifiestan bajo ciertas condiciones.

Aspectos sobre la germinación de pinos y mecanismos inhibitorios

En forma general se considera que los pinos mexicanos no presentan problemas de germinación, ya que en condiciones adecuadas llega a ser de 70% aproximadamente a los 28 días. Se han detectado algunos problemas en semillas que por sus características intrínsecas germinan en periodos más largos, hasta los 45 días (Villagómez, 1978).³⁸

³² López G. T., E. 1991. Determinación de fórmulas simplificadas para calcular las necesidades de semillas para la siembra de *Pinus cooperi* Blanco, *P. montezumae* Lamb. y *P. patula* Shiede. Tesis Profesional de Ingeniero Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán., UNAM. México. 63 p.

³³ CENID-COMEF. 1994. op. Cit.

³⁴ Zavala, Z. R. 1971. Cuatro ensayos de técnicas de viveros con algunas especies de pinos. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. México.

³⁵ Bonner, F. T.; Vozzo, J. A.; Elam, W. W.; Land, S. B. Jr. (1994). Tree Seed Technology Training Course - Instructor's Manual. El Informe Técnico general ASI-106. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 160 p.

³⁶ Barnett, J. P. 1970. Germination inhibitors unimportant in dormancy of southern pine seeds. Forest Service. U. S Dept. of Agriculture. New Orleans.

³⁷ Donald, D. G. M. 1981. Dormancy control in *Pinus patula* seeds. Southafrican Journal Forestry No. 118 (14-19).

³⁸ Villagómez, A. Y. 1978. op. Cit.

La germinación puede definirse como la cadena de cambios que comienzan con la absorción de agua (imbibición) y conducen a la ruptura de la cubierta seminal por la radícula o por la plántula. Estos cambios van acompañados por divisiones y agrandamiento de las células del embrión y por un aumento general de la actividad metabólica (Deblin, 1975).³⁹ Existen una serie de factores internos y externos que determinan el proceso de la germinación. La germinación puede quedar bloqueada debido a la ausencia o restricción de algún factor externo (quiescencia), como puede ser la disponibilidad de agua, temperatura adecuada, buena aireación y en ocasiones la cantidad de luz. En otras ocasiones, cuando las semillas han sido colocadas en condiciones consideradas adecuadas para su germinación, el proceso no se realiza o lo hace de forma deficiente. En estos casos el proceso puede estar determinado por factores internos. De estas semillas se dice que presentan letargo (latencia) o que son durmientes (Deblin, 1975).⁴⁰

Nikolaeva (1977)⁴¹ ha propuesto que el letargo de las semillas se debe a diversas causas fisiológicas, proponiendo una clasificación de los tipos de letargo de acuerdo a las bases fisiológicas subyacentes. Los tipos de letargo (latencia) o dormición van de ligera a profunda y de simple a compleja, según los factores que intervienen en ella. Tales factores son, de una manera general, los siguientes:

- a) Cubiertas duras de las semillas, impermeables al agua y/o a los gases o resistentes físicamente a la expansión del embrión
- b) La presencia de embriones rudimentarios o inmaduros, o los que responden al enfriamiento.
- c) La presencia de inhibidores químicos, los que pueden encontrarse en cualquiera de las cubiertas seminales y aún en el mismo embrión.

³⁹ Deblin, R. M. 1975. op. cit.

⁴⁰ Idem

⁴¹ Nikolaeva, M. G. 1977. Factors controlling the seeds dormancy. En: Physiology and Biochemistry of seeds dormancy and germination. (Khan A. Ed.) Elsevier North Holland, Biomedical Press, Amsterdam, Holanda. Págs. 50-73.

En el siguiente cuadro se presenta la Clasificación de los tipos de latencia de acuerdo con diferentes autores citados por Koslowski en 1972 (Cuadro 1).⁴²

Cuadro 1. Tipos de latencia

Crocker 1916	Brenchley & Warrington 1930	Bibbey 1948	Harper 1957	Sussman & Halvorson 1966	Nikolaeva 1969 Schafer & Chilcote 1969
<ul style="list-style-type: none"> • Primaria • Secundaria 	<ul style="list-style-type: none"> • Natural • Inducida 	<ul style="list-style-type: none"> • Inherente • Ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> • Innata • Forzada • Inducida 	<ul style="list-style-type: none"> • Constitutiva • Exógena 	<ul style="list-style-type: none"> • Endógena • Exógena

Cuando las semillas presentan dormición suelen aplicarse diversos tratamientos dependiendo del tipo de letargo, entre los que se encuentran la escarificación mecánica o química (Meraz y Bonilla, 2000)⁴³, el remojo en agua a temperatura ambiente o caliente, la estratificación en frío, manejo de la temperatura (termorregulación), manejo de la luz (fotorregulación), entre otros (Bonner 1994)⁴⁴.

Algunos autores (Camacho, 1985)⁴⁵ mencionan otros factores que afectan a la germinación, entre los que se encuentran la naturaleza del suelo, ya que este es el depósito donde la semilla toma el agua de imbibición y donde se desarrollan las primeras raíces. Su preparación superficial, sus propiedades físicas y su contenido de agua intervienen sobre la germinación. También pueden presentarse fenómenos de toxicidad en el suelo a causa de la aplicación de fertilizantes, insecticidas, herbicidas etc., que pueden tener acción residual (Hartman, 1982, Diehl, 1978).⁴⁶

⁴² Tomado de: Vázquez, Y. C. et al. 1997. La reproducción de las plantas: Semillas y Meristemos. En: La Ciencia para todos. Fondo de Cultura Económica. México.

⁴³ Meraz, G. G. y Bonilla-B, R., 2000. Análisis y tratamientos pregerminativos en semillas de *Pinus arizonica* Eng. Y *Pinus durangensis* Mart. Revista Chapingo. Serie: Ciencias Forestales y del Ambiente. Vol. VI Núm. 1-2000. U. A. Ch. México.

⁴⁴ Bonner, F. T.; et. Al. 1994. Op. cit.

⁴⁵ Camacho M. F. 1985. op. cit

⁴⁶ Hartman, T. H. y Koster, D. 1982. Propagación de plantas. CECSA, México. 814 pp.

Otra de las causas que afectan la germinación, y que pueden tener relación con sustancias inhibidoras, son ciertas prácticas de cultivo que pueden crear condiciones alelopáticas desfavorables para la germinación como puede ser el uso continuo de las camas de almácigo. Se ha demostrado que algunas secreciones radiculares impiden la germinación de semillas pertenecientes a la misma especie que ha sido cultivada recientemente en el mismo suelo, mientras que, en otros casos, la acelera (Camacho, 1985⁴⁷, Diehl, 1978).⁴⁸

En México y en muchos países del tercer mundo es común la práctica de siembras densas en almácigo, esto como consecuencia de las propias necesidades y bajos recursos económicos, con lo que se pretende optimizar la utilización de los recursos más costosos, las semillas y el suelo. Sin embargo las elevadas densidades de siembra pueden ocasionar una competencia entre las semillas por agua lo cual podría afectar, en parte, la velocidad de germinación. Otra complicación se puede dar si las semillas presentan sustancias inhibidoras de la germinación, las cuales pueden no ser suficientemente lixiviadas del suelo, permaneciendo en el mismo, ocasionando una situación alelopática (Camacho, 1992).⁴⁹

Diehl, R. y Mateo, J. M. 1978. op. Cit.

⁴⁷ Camacho M. F. 1985. op. cit

⁴⁸ Diehl, R. y Mateo, J. M. 1978. op. cit

⁴⁹ Camacho M., F. 1992. *Manifestación de la dormición química en siembras de vivero*. Memoria de la Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del Campo Experimental Coyoacán. Publicación Especial Número I. SARH. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, CECOY. México. pp 298-309.

MATERIALES Y METODOS

Material biológico

Las semillas fueron proporcionadas por el Centro de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (INIFAP- CENID-COMEF) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características generales de las semillas de *P. patula*. utilizadas en los experimentos.

Especie	<i>Pinus patula</i> Schl. & Cham.
Número de Lote:	767
Latitud:	20° 09'
Longitud:	98° 10'
Altitud:	2030
Localidad:	Km. 5 de la carretera a Acaxochitlan. Hidalgo.
Fecha de recolección:	Febrero 1980

Recipientes

Los recipientes utilizados para la siembra fueron botes cilíndricos de hojalata con 12 cm de altura y de 6.3 cm de diámetro, con perforaciones en la base, con pintura impermeable en el interior, previamente lavados y secados.

Sustrato

Tierra negra de monte, de textura franco arenoso, color pardo oscuro en estado seco y pardo muy oscuro en estado húmedo, pH entre 5.7 y 6.2, con un contenido de materia orgánica entre 8.5 y 14 %. Para cubrir a las semillas después de la siembra se utilizó arena sílica esterilizada. Los botes se llenaron con 230 g de tierra (aproximadamente a 10 cm de la altura de los botes).

Calculo de la densidad de siembra

Se propone que la densidad máxima de siembra (100%) se tiene cuando las semillas ocupan el total de la superficie sin dejar espacios entre ellas en una sola capa. De esta forma se colocaron en un círculo de 6.3 cm de diámetro (diámetro de los botes) una capa de semillas que cubriera totalmente la superficie del mismo. Esto se realizó con diez círculos para obtener un promedio. La cantidad de semillas promedio se consideró como el 100 % de densidad, a partir de la cual se calcularon densidades del 81, 63, 43, 24 y 5 % (ver cuadro 3).

Cuadro 3. Cantidad de semillas de acuerdo a la densidad de siembra.

DENSIDAD %	No. de semillas
100 %	427
81 %	346
62 %	265
43 %	184
24 %	102
5 %	21
Total de semillas	1 345

Total de semillas requeridas para tres tratamientos y cuatro repeticiones:
16 140 semillas

Preparación para la siembra

Se aplicaron dos tratamientos y un testigo, cada uno con cuatro repeticiones para cada densidad, lo que da un total de 72 unidades experimentales ($6 \times 3 \times 4 = 72$).

Remojo y secado (RS): A fin de establecer si el efecto de la densidad de siembra se relaciona con la posible presencia de sustancias inhibitoras, el primer tratamiento consistió en el remojo de semillas por 24 horas (con agua de llave, en bolsas de malla de plástico, que sostiene bien a las semillas y permite pasar la humedad) y secado por otras 24 horas (se escurrieron bien las bolsas y se colgaron en el laboratorio a una temperatura de 21° C), después de lo cual se sembraron en los botes. Las semillas se remojaron por separado de acuerdo a su densidad y con base en la siguiente relación (Cuadro 4):

Cuadro 4. Cantidad de agua de acuerdo a la densidad y cantidad de semillas

DENSIDAD	No. DE SEMILLAS	AGUA ml
100%	427	1000
81%	346	810
62%	265	620
43%	184	430
24%	102	24
5%	21	50

Remojo y siembra (R): A fin de establecer si el efecto de la densidad de siembra se relaciona con la competencia por el agua, el segundo tratamiento

constió en remojar las semillas por 24 horas después de las cuales se sembraron inmediatamente (el remojo se hizo bajo las circunstancias ya descritas).

Sin remojo (T): como testigo se sembraron las semillas tal y como se trajeron del almacén, sin ningún remojo previo.

Siembra

Para evitar diferencias debidas al momento en que se inicia la imbibición, paso inicial a la germinación, el testigo y las semillas remojadas y secadas se sembraron el día en que da principio el segundo tratamiento de las semillas remojadas que se sembraron embebidas (Camacho et al, 1993)⁵⁰ de acuerdo al siguiente cuadro

Cuadro 5. Días transcurridos para igualar la imbibición de las semillas de acuerdo al tratamiento.

	1er día	2do día	3er día	4to día
Testigo:			Siembra	
Primer tratamiento: Remojadas y secadas	Remojo	Secado	Siembra	
Segundo tratamiento: Remojadas			Remojo	Siembra

Después de nivelar la tierra de los botes, se colocaron las semillas de manera que tuvieran una distribución homogénea en la superficie y se cubrieron

⁵⁰ Camacho, M. F. , Álvarez A L. I. Y Rodríguez L. A. 1993. Disposición de testigos para evaluar el efecto de tratamientos de remojo en semillas de *Schinus molle* L. Memorias del XIII Coloquio de Investigación. Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala UNAM México. 68 pp.

cuidadosamente con 90 g de arena sílica esterilizada (aproximadamente 1 cm de altura del bote), regándose cuidadosamente con 60 ml de agua de la llave con una temperatura de 22° C. La arena sílica se usó para facilitar la emergencia y realizar evaluaciones correctas, ya que no se agrega o aglutina. (Perea 1995)⁵¹

Diseño Experimental

Se trabajó un experimento bifactorial de 6X3 consistente en las combinaciones de densidad de siembra (5, 24, 43, 62, 81 y 100%), y la preparación de presiembra (remojo y siembra, remojo secado y siembra, sin remojo y siembra) con cuatro réplicas.

La distribución de las unidades experimentales siguió un diseño completamente al azar con arreglo combinatorio (Reyes, 1978)⁵². Los 72 botes fueron acomodados con base a un modelo completamente al azar en una mesa del laboratorio, para lo cual se les asignó un lugar de acuerdo con una tabla de números aleatorios.

Riego

Los botes se regaron al momento de la siembra con 60 ml de agua y posteriormente se regaron cada tercer día con 10 ml de agua a la que se le tomó la temperatura, teniendo cuidado de no remover la arena sílica.

⁵¹ Perea P. J. M., 1995. Evaluación de tratamientos pregerminativos, substratos y fungicida sobre la emergencia de dos especies forrajeras para zonas áridas (Mimosa biuncifera y Atriplex nummularia), Facultad de Ciencias, UNAM. México. 60 pp.

⁵² Reyes C. P. 1978. Diseño de experimentos agrícolas. Ed. Trillas, México. 334 pp.

Conteo

Para efectos de conteo se consideró que una semilla había germinado cuando el hipocótilo emergió y el gancho ha alcanzado un desdoblamiento de 90°. El conteo se realizó cada tercer día, durante 31 días. Para evitar confusiones las plántulas emergidas fueron seccionadas. (Figura 8)

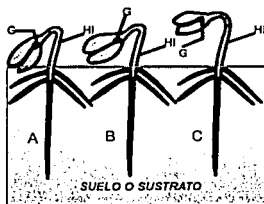


Fig. 8 Desarrollo de la germinación. G: Gémula cotiledones

Hi: Hipocotilo. A: Emergencia del hipocotilo. B: Inicio del desdoblamiento

C: Desdoblamiento del hipocotilo aproximadamente 90°.

Variables de respuesta

Con los resultados de las evaluaciones efectuadas en todo el experimento se determinaron, de acuerdo con Morales y Camacho (1985)⁵³ y Orozco y González (1996), las variables de respuesta que se presentan en el Cuadro 6.

⁵³ Morales V. G. Y Camacho M. F. 1985. **Formato y recomendaciones para evaluar germinación**. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, SARH, Publicación Especial No. 48 México, Págs. 123-138.

Cuadro 6. Características de los índices empleados en el presente trabajo.

Índice	Características	Uso	Valor mínimo	Valor máximo
Número de plántulas emergidas por cm cuadrado	Cantidad de individuos por unidad de superficie	Determinar el número de plantas existentes en un área y la saturación de la misma	Cero	Depende de la densidad de siembra y del tamaño de las semillas y plántulas
Porcentaje de germinación	Es una relación entre el número de semillas sembradas y la cantidad de plántulas emergidas	Capacidad de la muestra para producir plantas. A mayor valor, germinación mas completa	Cero	Cien
Días al 75%	Corresponde a la ubicación del tercer cuartil del lapso de tiempo que requiere las semillas para germinar,	Determinar la velocidad de germinación en tiempo. A menor tiempo más velocidad de germinación.	Tiende a cero (germinación inmediata)	Infinito (nunca ocurre la germinación)
Valor Germinativo de Maguire	Valor abstracto que pondera porcentaje y tiempo de germinación, manteniendo una relación en que a	Lograr comparaciones objetivas entre tratamientos, pues se pondera matemáticamente el porcentaje y el tiempo de germinación. A mayor valor mejor germinación	Cero	Infinito
Índice de eficiencia de siembra en almácigo	Estimación combinada del porcentaje de germinación respecto a las semillas sembradas y la máxima cantidad que se puede sembrar	Determinar la eficiencia en uso de semillas y superficie de cultivo. A mayor valor mejor uso de estos insumos	Cero	Diez mil

Fuente: Velásquez (2002)⁵⁴ modificado.

A continuación se presentan las ecuaciones empleadas para los cálculos de los diferentes parámetros mencionados en el cuadro anterior.

⁵⁴ Velásquez S. A. 2002 Tratamiento físico químico para estimulación en semillas de mezquite con endocarpio. Tesis Profesional. Ingeniero Agrícola. Facultad de Estudios Cuautlilán, UNAM,

a) Plántulas por centímetro cuadrado (P).

$$P = NP / S$$

Donde:

NP = Plántulas emergidas a los 31 días

S = Superficie de siembra ($\pi \times (6.3 \text{ cm}/2)^2$)

b) Porcentaje de Germinación final (%GF)

$$\%GF = NG \times 100/NS$$

Donde:

NG = No. de semillas germinadas.

NS = Número de semillas sembradas en la densidad.

c) Días en que se alcanza el 75% del total de semillas germinadas (D75).

$$D75 = d + [(D - d) (E - a) / (A - a)]$$

Donde:

E = Número de semillas germinadas + 1 por 0.75.

D = días al valor mayor más cercano a E

d = días al valor menor más cercano a E

A = Número de semillas germinadas acumuladas mayor más cercano a E

a = Número de semillas germinadas acumuladas menor más cercano a E

Con esta variable se estima la velocidad de germinación (Morales y Camacho, 1985, Parraguirre y Camacho, 1992).⁵⁵

⁵⁵ Morales V. G. Y Camacho M. F. 1985. Op.cit.

- Parraguirre L, J. F. C. y Camacho M, F. 1992. Velocidad de germinación de veintitún especies forestales tropicales. Ciencia Forestal en México. 17 (72): 3-26.

d) Valor Germinativo (Índice de Maguire) (VG).

$$VG = \sum [G_i / T_i] C$$

Donde:

VG : Índice de Maguire o Valor Germinativo.

G_i : Germinación obtenida en la i evaluación realizada.

T_i : Tiempo transcurrido de la siembra a la evaluación.

C = 100/ Número de semillas sembradas en la densidad

Esta variable es abstracta y estima la calidad de la germinación, se obtiene relacionando el porcentaje de germinación y la velocidad de la misma (Morales y Camacho, 1985).⁵⁶

e) Índice de eficiencia de siembra en almácigo (IE).

$$IE = [NG / NS] \times [NG / NSM] \times 10\ 000$$

Donde:

NG = Número de semillas germinadas

NS = Número de semillas sembradas en la densidad

NSM = Número de semillas sembradas en la máxima densidad

Es una estimación combinada del porcentaje de germinación respecto a las semillas sembradas y la máxima cantidad que se puede sembrar (Terrazas, 1987).⁵⁷

⁵⁶ Morales V. G. Y Camacho M. F. 1985op. Cit.

⁵⁷ Terrazas, P. D. 1987. Determinación de la densidad de siembra óptima en semillero para Pirú (*Schinus molle* L.). Tesls profesional Ing. Agr. FESC, UNAM, México, 65 p.

Análisis Estadístico

Por cada variable de respuesta se realizó el Análisis de Varianza – ANOVA (Anexo 1) y la Prueba de medias de Tukey con $\alpha = 0.05$. Para el experimento Factorial las pruebas se realizaron de acuerdo con la significancia de interacción (Anexo 2) (Reyes, 1978)⁵⁸

Al analizar los resultados de los tratamientos y las densidades de siembra, cuando la interacción fue significativa, la prueba de medias se hizo comparando todos los tratamientos. En caso contrario, solamente se realizó la prueba de medias comparando las preparaciones de presiembra o las preparaciones entre sí, dependiendo de la significancia. (Reyes, 1978)⁵⁹

⁵⁸ Reyes, C. P. 1978.op. cit

⁵⁹ idem.

RESULTADOS

Para la mayoría de las variables de respuesta (Cuadro 8), la interacción no fue significativa, con excepción del *Valor Germinativo de Maguire*, por lo que en esta variable la prueba de medias se realizó comparando todos los tratamientos entre sí.

En la velocidad de germinación (días en que se alcanza el 75% del total de semillas germinadas), las preparaciones de *presiembr*a tuvieron un efecto significativo en los resultados, no así la densidad de siembra, por lo que la prueba de medias no analiza el efecto de este factor en dicha variable de respuesta y sólo se compararan las medias de las preparaciones de *presiembr*a. Por otro lado, en el resto de las variables de respuesta (*Plántulas por centímetro cuadrado, % de germinación final e Índice de eficiencia de siembra en almácigo*) el efecto de la densidad de siembra fue estadísticamente significativo, no así las preparaciones de *presiembr*a, que no tuvieron efecto importante en los resultados, por lo que la prueba de medias sólo se hizo con las densidades de siembra y no con las preparaciones.

Cuadro 8. Relaciones de Varianza (F) para la germinación de *P. patula* en función de la densidad de siembra y la preparación pregerminativa (error con 54 grados de libertad)

Fuentes de variación	Variables Evaluadas					Grados de libertad
	Plántulas por cm ²	Porcentaje de germinación final	Velocidad de germinación (D75)	Valor Germinativo de Maguire	Índice de eficiencia de siembra en almácigo	
Tratamientos	68.996 ..	7.277 .	2.789 ..	10.329 ..	15.567 ..	17
Densidades	231.687 ..	21.706 ..	1.746 ns	28.817 ..	50.763 ..	5

Preparaciones de presiembra	0.272 ns	0.012 ns	16.702 **	2.051 ns	0.298 ns	12
Interacción	1.396 ns	1.515 ns	0.528 ns	2.241 *	0.102 ns	10

* = Significativa

ns = No significativa

 $\alpha = 0.01$

Plántulas por cm² obtenidas a los 31 días.

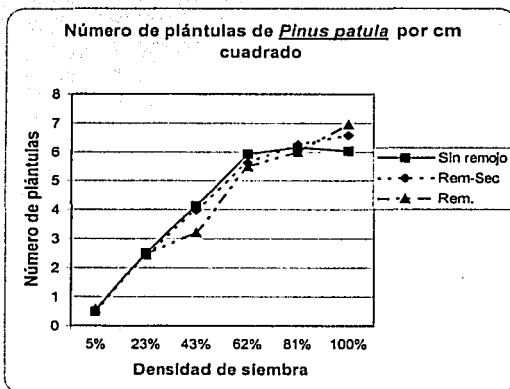
Se puede observar (Cuadro 9) que los valores de las medias de las preparaciones de presiembra no difieren entre sí significativamente con base en la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$. Esto indica que los remojos no tuvieron efecto alguno sobre el número de plántulas por cm² obtenidas a los 31 días.

Cuadro 9. Número de plántulas de *P. patula* por centímetro cuadrado obtenidas a los 31 días en relación con la densidad de siembra y la preparación para la siembra.

PREPARACIÓN PARA LA SIEMBRA	DENSIDAD DE SIEMBRA EN %						MEDIAS POR TRATAMIENTO
	100	81	62	43	24	5	
SIN REMOJO	6.04	6.15	5.92	4.14	2.51	0.50	4.20 a
REMOJADAS Y SECADAS	6.58	6.25	5.63	3.99	2.43	0.50	4.23 a
REMOJADAS	6.96	6.00	5.49	3.21	2.46	0.58	4.12 a
MEDIAS POR DENSIDAD	6.53 a	6.14 ab	5.68 b	3.78 c	2.44 d	0.52 e	

Las medias con la misma letra no difieren entre sí, estadísticamente, según la prueba de Tukey, con $\alpha = 0.05$.

Se puede observar que el número de plántulas por cm^2 va aumentando conforme aumenta la densidad de siembra. Los valores en las densidades de 100 y 81 % no difieren entre sí estadísticamente, siendo además los mayores resultados y significativamente diferentes de las medias de las densidades de 43, 24 y 5 %. Por otro lado, se tiene que la media de la densidad del 100 % difiere significativamente de la media al 62 % de densidad, pero que esta última y la media de la densidad al 81 % no difieren entre sí. Finalmente entre las medias de las densidades de 62, 43, 24 y 5 % si existen diferencias significativas.



Gráfica 1. Plántulas de *P. patula* por cm^2 cuadrado obtenidas a los 31 días.

En la gráfica 1 se observan mejor los resultados sobre el número de plántulas por cm^2 obtenidas a los 31 días, como se puede notar, el número de plántulas presenta una relación directa con las densidades de siembra, es decir, a mayor densidad de siembra, mayor número de plántulas por cm^2 obtenidas y viceversa, a menor densidad de siembra menor cantidad de plántulas.

Porcentaje de Germinación

Se puede observar (Cuadro 10) que al incrementarse la densidad de siembra, el porcentaje de germinación final disminuye, encontrándose tres agrupaciones de medias. Los mejores resultados se obtuvieron en las densidades del 5 y 24% cuyas medias no difieren entre sí, seguidas de las densidades de 43, 62 y 81%, en las que los valores de sus medias no difieren estadísticamente. Por último, las medias de las densidades del 100 y 81% son iguales estadísticamente, pero menores a las medias de las restantes densidades.

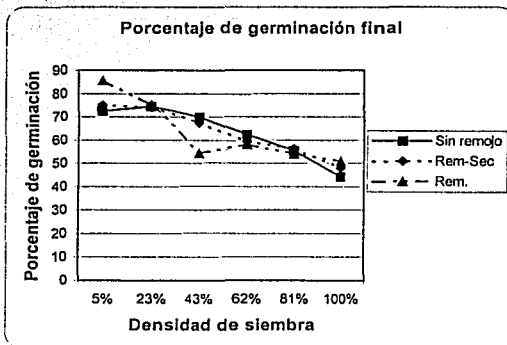
Cuadro 10. Porcentaje de germinación final de semillas de *Pinus patula*, en relación con la densidad de siembra y la preparación para la siembra

PREPARACIÓN PARA LA SIEMBRA	DENSIDAD DE SIEMBRA EN %						MEDIAS POR TRATAMIENTO
	100	81	62	43	24	5	
SIN REMOJO	44.08	55.41	52.53	70.10	74.50	72.61	63.20 a
REMOJADAS Y SECADAS	48.06	56.28	59.46	67.52	74.28	74.99	63.43 a
REMOJADAS	50.81	54.11	58.04	54.34	75.24	85.71	63.04 a
MEDIAS POR DENSIDAD	47.65 c	55.27 bc	60.01 b	63.99 b	74.67 a	77.77 a	

Las medias con la misma letra no difieren entre sí, estadísticamente, según la prueba de Tukey, con $\alpha = 0.05$.

Al comparar la gráfica del número de plántulas por cm^2 obtenidas a los 31 días con la del porcentaje de germinación final (Gráficas 1 y 2, respectivamente), se puede observar que a mayor cantidad de semillas sembradas se obtiene mayor número de plántulas, pero no ocurre lo mismo con el porcentaje de germinación final donde a mayor cantidad de semillas sembradas no se da

mayor porcentaje de germinación final, sino todo lo contrario, a mayor densidad de siembra, menor porcentaje de germinación.



Grafica 2. Porcentaje de germinación final respecto a la densidad de siembra.

Días en que se alcanza el 75% del total de semillas germinadas

Con respecto a la velocidad de germinación y a diferencia de las dos variables anteriores, **los remojos sí establecieron diferencias** en los resultados, cosa que no ocurrió con las densidades de siembra donde no se produjeron diferencias significativas (Cuadro 11).

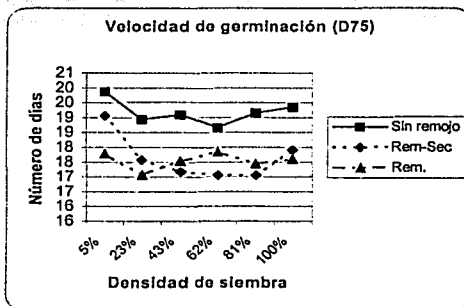
Las medias de las preparaciones de presiembra tuvieron diferencias significativas. Los remojos redujeron significativamente el tiempo requerido para la germinación obteniéndose el mejor resultado con remojo y siembra inmediata, donde se requirió un poco más de diecisiete días y medio (17.55 días) para alcanzar el 75% del total de semillas germinadas. Las semillas sin remojo requirieron más tiempo para alcanzar dicho porcentaje (19.19 días).

Cuadro 11. Días al 75% del total de semillas germinadas, en relación con la densidad de siembra y la preparación para la siembra

PREPARACIÓN DE PRESEMBRA	DENSIDAD DE SIEMBRA EN %						MEDIAS POR TRATAMIENTO
	100	81	62	43	24	5	
SIN REMOJO	19.35	19.16	18.66	19.10	18.95	19.88	19.19 a
REMOJADAS Y SECADAS	17.91	17.06	17.06	17.17	17.57	19.07	17.64 b
REMOJADAS	17.60	17.44	17.84	17.53	17.07	17.79	17.55 c
MEDIAS POR DENSIDAD	18.91 a	17.86 a	17.93 a	17.85 a	17.89 a	18.29 a	

Las medias con la misma letra no difieren entre sí, estadísticamente, según la prueba de Tukey, con $\alpha = 0.05$.

La diferencia entre las preparaciones de presembrado fue pequeña, pero significativa. Esto puede verse mejor en la Gráfica 3, ya que la curva de las semillas sin remojo se encuentra por encima de las semillas remojadas, lo que señala mayor tiempo de germinación (o menor velocidad de germinación).



Gráfica 3. Días en que se alcanza el 75% del total de semillas germinadas.

Valor Germinativo de Maguire.

El Valor Germinativo resultó afectado tanto por los tratamientos como por la densidad de siembra, siendo un poco más complicada su interpretación ya que se manifiesta interacción entre las preparaciones de presembrado y las densidades (cuadro 12).

De manera general, la calidad de la germinación decrece conforme aumenta la densidad de siembra, obteniéndose los mejores resultados en las menores densidades de siembra. La mejor calidad de la germinación se obtuvo de la combinación de remojo por 24 hrs. y siembra inmediata con una densidad de 5% y la menor calidad, con semillas sin remojo a una densidad de 100%.

Cuadro 12. Valor Germinativo de Maguire, en relación con la densidad de siembra y la preparación para la siembra.

PREPARACION DE PRESIEMBRA	DENSIDAD DE SIEMBRA EN %					
	100	81	62	43	24	5
SIN REMOJO	2.32 h	2.98 efg	3.42 bcdefg	3.86 abcdef	4.06 abcd	3.91 abcdef
REMOJADAS Y SECADAS	2.79 g	3.28 defg	3.45 bcdefg	3.98 abcde	4.38 ab	4.01 abcde
REMOJADAS	2.85 fg	3.06 defg	3.25 defg	3.29 cdefg	4.34 abc	4.86 a

Los valores con la misma letra no difieren entre sí, estadísticamente, según la prueba de Tukey, con $\alpha = 0.05$.

Básicamente los valores obtenidos en las densidades de siembra de 43, 24 y 5%, independientemente de que las semillas se hubieran remojado o no,

fueron estadísticamente iguales a la mayor, es decir, a la obtenida con las semillas sembradas embebidas en la menor densidad de siembra.

Los resultados obtenidos con las densidades de siembra de 62, 81 y 100% con o sin remojo, fueron significativamente menores al valor germinativo más alto (Remojo por 24 horas, densidad 5%).

Por último, en la densidad del 100%, los remojos determinaron una mejor calidad de la germinación que la que se obtuvo sin remojo.

Índice de eficiencia

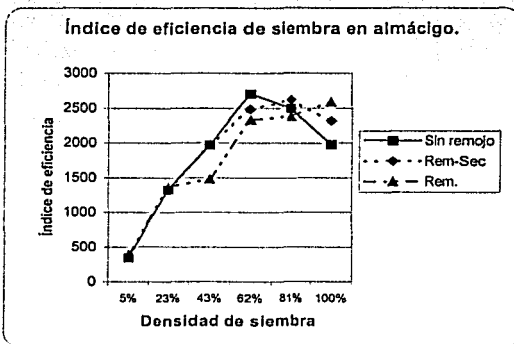
El Índice de eficiencia de siembra en almácigo (Cuadro 13), fue afectado por las densidades de siembra y no por los remojos, se observa que el mejor índice se establece en la densidad del 62% y el menor en la densidad del 5%.

Cuadro 13, Índice de eficiencia de siembra en almácigo, en relación con la densidad de siembra y la preparación para la siembra

	DENSIDADES EN %						MEDIAS POR TRATAMIENTO
	100	81	62	43	24	5	
TESTIGO	1977.48	2490.43	2708.60	1969.69	1330.42	342.08	1803.11 a
REMOJADAS Y SECADAS	2313.84	2616.53	2488.50	1969.78	1323.75	358.25	1845.11 a
REMOJADAS	2586.22	2377.60	2331.77	1474.71	1359.96	391.43	1754.28 a
MEDIAS POR DENSIDAD	2292.51 bc	2494.85 ab	2509.62 a	1806.06 cd	1338.04 d	363.92 e	

Las medias con la misma letra no difieren entre sí, estadísticamente, según la prueba de Tukey, con $\alpha = 0.05$.

En la gráfica 4 se puede observar que los valores forman una parábola , donde el máximo se localiza aproximadamente entre las densidades del 62%, al 81% (estadísticamente no hay diferencia significativa), disminuyendo hacia los extremos de la misma, esto quiere decir que en las densidades de siembra alta (100%) y bajas (43, 24 y 5%), el índice de eficiencia de siembra en almáximo disminuye.



Grafica 4. Índice de eficiencia de siembra en almáximo en relación la densidad de siembra.

DISCUSIÓN

Entre los investigadores que trabajan con *P. patula*, se mantiene una discusión sobre si debe darse o no una preparación de presiembra a las semillas, ya que en algunas ocasiones en la germinación se obtienen buenos resultados y en otras no (Covarrubias 1991 y Zavala 1971, López 1991)⁶⁰. De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, esta discusión tiene que enmarcarse dentro de:

- a) El uso y la estimación de variables de respuesta que permita una visión completa de la germinación.
- b) Las prácticas de siembra en vivero, las cuales pueden producir situaciones en que se dificulte la germinación.

De acuerdo con Orozco y González (1996)⁶¹, hay variables que estudian una característica de la curva de germinación y otras que tratan de integrar toda la respuesta germinativa. En cuanto a lo primero, se tiene que, al considerar sólo el porcentaje de germinación, no se presentan diferencias debidas a la aplicación de remojo en la germinación de *P. patula*, debido a que durante el análisis no hubo interacción, la respuesta en todas las densidades de siembra fue la misma (Cuadro 3).

Por otra parte, si se considera sólo el tiempo que las semillas tardaron en germinar empleando los días al 75%, de acuerdo con lo sugerido por Morales y Camacho (1985)⁶², se encuentra que el remojo produjo una germinación más

⁶⁰ Zavala, Z. R. 1971. op. cit

- López G. T., E. 1991. op.cit
- Covarrubias G. A. D. 1991. Op. cit

⁶¹ Orozco S. A., González Z. L. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. Bol. Soc. Bot. México 58: 15-30.

⁶² Morales V. G. Y Camacho M. F. 1985. op. cit

rápida que la obtenida sin tratamiento, en este caso, la falta de interacción indica igualdad en la respuesta observada en las densidades de siembra (Cuadro 10).

Al integrar tanto el porcentaje como el tiempo de germinación, empleando el *Valor germinativo de Maguire*, se encontró que la interacción fue significativa, por lo que el efecto de un factor depende del nivel del otro, en este caso, los remojos sólo tuvieron un efecto favorable sobre la germinación en la densidad del 100 %, no así en el resto de las densidades de siembra.

Lo anterior, conduce a analizar el efecto de prácticas realizadas en vivero, sobre la germinación: Se sabe que ésta puede ser dificultada por la profundidad de siembra, disponibilidad de humedad, temporada de siembra (Padilla 1983⁶³) y se tienen evidencias que también puede intervenir la densidad de siembra (Terrazas, 1987)⁶⁴. En el presente trabajo se encontró que esta tuvo un efecto principal en casi todas las variables de respuesta estimadas, la excepción fue el *tiempo de germinación*.

Se observó que el incremento en la densidad de siembra tuvo un efecto negativo sobre la germinación, como puede verse en los resultados del porcentaje de germinación, donde los mejores resultados se obtuvieron con las densidades del 5 y 24%, en los que se alcanzaron porcentajes de germinación del 75 al 78%, aproximadamente, y los más bajos porcentajes (del 48 al 55%) se tuvieron con las densidades del 100 y el 81%.

Este mismo efecto negativo se observa al revisar el Valor Germinativo de Maguire que, como se ha señalado, es una medida de la calidad de la germinación en donde se relaciona el porcentaje de germinación y la velocidad de la misma. Se encuentra que los mejores resultados se presentan en las densidades de 5, 24 y 43%, en ese orden. Sin embargo los remojos actuaron en

⁶³ Padilla, M. S. 1983. op. cit

⁶⁴ Terrazas, P. D. 1987. op. cit

densidades altas (81 %), para dar resultados favorables semejantes, estadísticamente, a los que se obtienen sin tratamiento con bajas densidades de siembra(5%) (Cuadro 10).

En cuanto a la cantidad de plantas obtenidas por superficie se encuentra una situación interesante: si se siembra a bajas densidades la cantidad de plantas por superficie disminuye (cuadro 8), si se siembra en altas densidades el número de plántulas por centímetro cuadrado aumenta significativamente, solo que al aumentar la densidad de siembra en almácigo el porcentaje de germinación disminuye. Esto conduce a un círculo vicioso, (mientras más mala es la germinación de un lote de semillas, se siembra a mayor densidad, al sembrarse a mayor densidad, más mala es la germinación), lo cual justifica el uso de densidades de siembra elevadas por parte de los viveristas (se obtienen más plantas por superficie).

Todo esto permite contestar la interrogante planteada al principio de este apartado, el uso sistemático de densidades de siembra altas en almácigo en unos viveros induce a aplicar tratamientos para estimular la germinación, en otros donde se realiza siembra directa o se usen densidades bajas de siembra en almácigo, no se encontrará justificación para aplicar un tratamiento estimulante de la germinación. Finalmente, con base en los resultados es posible explicar porqué esta especie en ocasiones germina bien y en otras no, ya que las siembras densas en almácigo son una práctica común en los viveros (Diehl y Mateo, 1978, Camacho, 1986, Camacho y Ramírez, 1987).⁶⁵

Volviendo al uso de las semillas en viveros, la disminución de la germinación y el incremento de la cantidad de plantas obtenidas por superficie, conduce a las siguientes disyuntivas a elegir:

⁶⁵ Camacho, M. F. 1986. Inhibición germinativa en siembras densas de *Schinus molle* L. En: Resúmenes del XI Congreso Nacional de Fitogenética.

- Camacho, M. F. y Ramírez, P. M. 1987. op. Cit.
- Diehl, R. y Mateo, J. M. 1978. op. cit

- a) Tener una menor pérdida de semillas y obtener una baja producción de plantas por unidad de superficie.
- b) Una mayor producción de plantas por área a costa de una gran pérdida de semillas debida a la baja germinación.

Para abordar dicha disyuntiva es necesario saber que en la producción de plantas en vivero lo más conveniente es tener la mayor producción posible de plantas con el mínimo de pérdidas en cualquiera de los insumos (semillas, tierra, fertilizantes, funguicidas, herbicidas, etc.) Morales y Camacho (1985)⁶⁶, proponen la utilización de un índice de eficiencia de uso del almácigo que combina el porcentaje de germinación con la cantidad de plantas obtenidas. De acuerdo con los resultados obtenidos con su aplicación, resultan convenientes las siembras en densidades altas que pueden ir del 62 al 100%, ya que si se siembra en bajas densidades la producción será poca con el consecuente desperdicio del almácigo y el encarecimiento de la plantación.

A partir de la información anterior se pueden hacer ciertas observaciones:

- a) Que el efecto de la densidad de siembra y los remojos en la germinación varían de acuerdo a cada variable de respuesta estimada.
- b) Si se requiere un mayor porcentaje de germinación en el mejor tiempo (Índice de Maguire) lo más conveniente son siembras en almácigo en bajas densidades, que pueden ir del 5 al 43%, evitándose por un lado una pérdida importante de semillas, pero por otro teniéndose una baja producción de plantas.
- c) Si lo que se busca es la mayor eficiencia de siembra en almácigo, entonces son más convenientes las siembras en densidades altas que

⁶⁶ Morales V. G. Y Camacho M. F. 1985, op. cit

pueden ir del 62 al 100%, ya que si se siembra en bajas densidades la producción será poca con el consecuente desperdicio del almácigo y el encarecimiento de la plantación.

Establecido lo anterior, si se conjugan los mejores resultados obtenidos en las diversas variables, se puede establecer que la mejor densidad de siembra se encuentra entre el 62 y 81%. Aunque el mejor tratamiento fue el remojo por 24 horas-siembra inmediata, en la práctica es difícil sembrar las semillas remojadas, por lo que sería más conveniente sembrar las semillas remojadas y secadas con la certeza de que esto afectará poco los resultados.

Con respecto al origen del efecto negativo de las altas densidades de siembra sobre la germinación, se puede plantear:

- a) Que el efecto de la densidad de siembra se deba a la competencia por oxígeno.
- b) Que el efecto de la densidad de siembra se deba a la competencia por agua en el proceso de la imbibición (tercera hipótesis de trabajo).
- c) Que el efecto de la densidad de siembra se deba a la presencia en las semillas de sustancias inhibitoras que actuarían en altas densidades saturando el suelo e imposibilitando su lixiviación como lo menciona (primera y segunda hipótesis de trabajo).

En cuanto a la competencia por oxígeno, no puede rechazarse ya que es una variable no contemplada en el diseño experimental, por lo que sería necesario elaborar un experimento para confirmar o rechazar lo anterior.

El segundo argumento podría quedar descartado ya que al sembrar semillas secas con remojo previo y semillas remojadas, en la mayoría de la variables de

respuesta, con excepción de la velocidad de la germinación, no se obtuvieron resultados estadísticamente diferentes.

El tercer argumento se ve apoyado por los resultados obtenidos por el valor germinativo de Maguire y el índice de siembra en almácigo, ya que con los remojos, con los que probablemente se eliminarían las posibles sustancias inhibitoras, se obtienen buenos resultados en altas densidades de siembra. Terrazas (1987)⁶⁷, quien trabajo con *Schinus molle* L., obtuvo resultados semejantes a los aquí señalados. En esta especie se ha comprobado la existencia de sustancias inhibitoras en las semillas (Camacho, 1985)⁶⁸, lo que vendría a dar cierto apoyo a la hipótesis planteada. Sin embargo es necesario que en otros trabajos se estudie tanto la presencia como la naturaleza de sustancias inhibitoras presentes en las semillas de *P. patula*.

Se puede plantear, con ciertas reservas, que la respuesta negativa de la germinación a las altas densidades de siembra, tiene una función adaptativa (Nielsen y Muller, 1980)⁶⁹, en la que pequeñas cantidades de inhibidores actuarían sólo en condiciones específicas. Cuando las semillas se encuentran separadas unas de otras la cantidad de la sustancia inhibitora no sería suficiente para actuar en contra de la germinación, por el contrario al encontrarse una aglomeración de semillas la cantidad de inhibidores aumentaría considerablemente actuando negativamente sobre la germinación de las semillas. En condiciones naturales esto tendría un efecto positivo evitando que en una pequeña superficie se desarrollen gran cantidad de individuos que al competir por luz, espacio y nutrientes terminarían finalmente por eliminarse unos a otros.

⁶⁷ Terrazas, P. D. 1987. op. cit

⁶⁸ Camacho, M. F. 1985. Identificación del mecanismo que inhibe la germinación de *Schinus molle* L. y forma de eliminarlo. Ciencia Forestal. 10(55): 35-49.

⁶⁹ Nielsen, E. T y Muller W. H. 1980. A comparison of relative naturalization ability of two species of southern California. En: Seed germination. Bulletin of Turrey Botanical Club. 107(1), 51-56.

CONCLUSIONES

1. La alta densidad de siembra de semillas de *Pinus patula* Schl. et Cham., afecta de manera adversa a la germinación.
2. Aunque en las altas densidades de siembra disminuye tanto el porcentaje de germinación como la calidad de la misma, los remojos pueden mejorar los resultados en las altas densidades.
3. La germinación más rápida y completa (establecida por el Valor Germinativo de Maguire), se obtiene con la densidad de siembra del 5% con semillas remojadas y sembradas embebidas. Aunque también pueden obtenerse resultados adecuados en altas densidades de siembra (del 62 al 100%), con el mismo tratamiento.
4. El remojo aumenta la velocidad de germinación, independientemente de si las semillas se siembran embebidas o secas después del remojo.
5. La densidad de siembra más adecuada para obtener la mayor producción con el mínimo de pérdida de semillas está entre el 62 y el 81%.
6. El tratamiento que dio mejores resultados fue el de remojo por 24 horas siembra inmediata.
7. El efecto de la densidad de siembra sobre la germinación no se debe a la competencia por el agua y probablemente tampoco a la competencia por oxígeno.
8. El efecto de la densidad de siembra en la germinación podría deberse a la presencia de sustancias inhibitoras en la semilla.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Aljos F. 1997. **Guía de campo de los pinos de México y América central.** Univ. de Oxford. 171 pp.
2. Baret, J. P. 1970. **Germination inhibitors unimportant in dormancy of southern pine seeds.** Forest Service. U. S. Dept. of Agriculture. New Orleans.
3. Bonner, F. T.; Vozzo, J. A.; Elam, W. W.; Land, S. B. Jr. (1994). **Tree Seed Technology Training Course - Instructor's Manual.** El Informe Técnico general ASI-106. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 160 p.
4. Camacho, M. F. 1985. **Identificación del mecanismo que inhibe la germinación de *Schinus molle* L. y forma de eliminarlo.** Ciencia Forestal. 10(55): 35-49.
5. Camacho, M. F. 1986. **Inhibición germinativa en siembras densas de *Schinus molle* L.** En: Resúmenes del XI Congreso Nacional de Fitogenética.
6. Camacho M. F., 1987. **Germinación de semillas de palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) en siembras densas.** Revista Ciencia Forestal S. México 12(62) 3-4 .
7. Camacho, M. F. y Ramírez P. M., 1987. **Dormición química de semillas de pirú (*Schinus molle*) en tres tipos de siembra.** Ciencia Forestal, México. 12(62): 3-14

8. Camacho M., F. 1992. **Manifestación de la dormición química en siembras de vivero.** Memoria de la Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del Campo Experimental Coyoacán. Publicación Especial Número I. SARH. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, CECOY. México, pp. 298-309.
9. Camacho, M. F. , Álvarez A L. I. Y Rodríguez L. A. 1993. **Disposición de testigos para evaluar el efecto de tratamientos de remojo en semillas de *Schinus molle* L.** Memorias del XIII Coloquio de Investigación. Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala UNAM México. 68 pp.
10. Camacho M. F. 2000. **Cálculo de necesidades de semillas para la producción de plantas forestales.** Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal. No. 5, Agosto-Octubre 2000.
11. CENID-COMEF. 1994. **Semillas Forestales.** Publicación especial Numero 2. INIFAP, SARH. México. 137 pp.
12. Covarrubias G. A. D., 1991. **Densidad de siembra optima de *Pinus greggi* en almacigo con remojo con tratamiento pregerminativo.** México. Tesis de Licenciatura Biólogo Facultad de Ciencias, UNAM.
13. Cuevas R. R. 1985. **Situación actual de los viveros de algunos estados de la República Mexicana.** III Reunión Nacional sobre plantaciones forestales. México D. F. SARH Púb. Esp. No. 48, Págs. 320-337.
14. Chapman, J. D., 1994 Mt. Mulanje, Malawi. In Davis, S.D., Heywood, V.H. & Hamilton, A.C. (Ed) **Centres of plant diversity, a guide and strategy for their conservation.** Vol. 1. Europe, Africa, south-west Asia and the Middle East, pp. 240-247. IUCN & WWF, Gland.

15. Diehl, R. y Mateo, J. M. 1978. **Fitotecnia General**. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 814 pp.
16. Dirzo, R. y M. C. García 1992. **Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical area in southeast Mexico**. *Conservation Biology* 6(1):84-90.
17. Donald, D. G. M. 1981. **Dormancy control in *Pinus patula* seeds**. *Southafrican Journal Forestry* No. 118 (14-19).
18. Eguiluz, P. T. 1978. **Ensayo de integración de conocimientos sobre el género en México**. Tesis Profesional, Universidad Autónoma de Chapingo, México.
19. García de M., E. 1988. **Modificaciones al Sistema de Clasificación Cilmática de Köppen, México**, 217 pp.
20. Golfari, L. 1963. **Exigencias climáticas de las coníferas tropicales y subtropicales**. *Unasyuva* 17-1:68. FAO. Roma.
21. Hartman, T. H. y Koster, D. 1982. **Propagación de plantas**. CECSA, México. 814 pp.
22. INEGI 1998. **Estadísticas del medio ambiente**. Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 1995-1996. INEGI, México.
23. Laine, E., H. David and A. David. 1988. **Callus formation from cotyledon protoplasts of *Pinus oocarpa* and *Pinus patula***. *Physiologia Plantarum* 72: 374-378.

24. Loock, E. E. M. 1950. **The pines of Mexico and British Honduras.** South Africa Department of Forestry Bulletin 35.
25. López G. T., E. 1991. **Determinación de fórmulas simplificadas para calcular las necesidades de semillas para la siembra de *Pinus cooperi* Blanco, *P. montezumae* Lamb. y *P. patula* Shiede.** Tesis Profesional de Ingeniero Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.. UNAM. México. 63 p.
26. Martínez, M. 1948. **Los pinos mexicanos.** Ed. Botas. México, D. F. 362 p.
27. McKellar, D.S., Herman, B. & Watt, M.P. 1994. **Towards a protocol for the micropropagation of *Pinus patula* Scheide et Deppe.** *South African Forestry Journal* 171: 33-42.
28. Meraz, G.G. y Bonilla-B. R., 2000. **Análisis y tratamientos pregerminativos en semillas de *Pinus arizonica* Eng. Y *Pinus durangensis* Mart.** Revista Chapingo. Serie: Ciencias Forestales y del Ambiente. Vol. VI Núm. 1-2000. U. A. Ch. México.
29. Morales V. G. Y Camacho M. F. 1985. **Formato y recomendaciones para evaluar germinación.** Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, SARH, Publicación Especial No. 48 México, Págs. 123-138.
30. Nielsen, E. T y Muller W. H. 1980. **A comparison of relative naturalization ability of two species of southern California.** En: Seed germination. Bulletin of Turrey Botanical Club. 107(1), 51-56.

31. Nikolaeva, M. G. 1977. **Factors controlling the seeds dormancy.** En: *Physiology and Biochemistry of seeds dormancy and germination.* (Khan A. Ed.) Elsevier North Holland, Biomedical Press, Amsterdam, Holanda. Págs. 50-73.
32. Orozco S. A., González Z. L. 1996. **Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*.** Bol. Soc. Bot. México 58: 15-30.
33. Padilla, M. S., 1983. **Manual del Viverista.** CICAFOR. Cajamarca, Perú. (63-113).
34. Patiño V., F. 1985. ***Pinus patula* Schiede y Deppe in Schl. et Cham.** IX Congreso Forestal Mexicano. México.
35. Parraguirre L, J. F. C. y Camacho M, F. 1992. **Velocidad de germinación de veintiún especies forestales tropicales.** Ciencia Forestal en México. 17 (72): 3-26.
36. Perea P. J. M., 1995. **Evaluación de tratamientos pregerminativos, sustratos y funguicida sobre la emergencia de dos especies forrajeras para zonas áridas(*Mimosa biuncifera* y *Atriplex nummularia*).** Facultad de Ciencias, UNAM. México. 60 pp.
37. Perry Jr., J. P. 1991. **The pines of Mexico and Central America.** Timber Press. Oregon. U.S.A.
38. Pimentel, B. L. 1978. **Preparación del terreno en plantaciones forestales.** Primera Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. INIF. Publicación Especial No 13. México, D. F.

39. Reyes C. P. 1978. **Diseño de experimentos agrícolas**. Ed. Trillas, México. 334 pp.
40. Terrazas, P. D. 1987. **Determinación de la densidad de siembra óptima en semillero para Pirú (*Schinus molle* L.)**. Tesis profesional Ing. Agr. FESC, UNAM, México, 65 p.
41. Vázquez, Y. C. Et al. 1997. **La reproducción de las plantas: Semillas y Meristemos**. En: La Ciencia para todos. Fondo de Cultura Económica. México.
42. Vela G., L. 1976. **Pinus patula una especie importante de pino**. Ciencia Forestal. 1 (1)
43. Velásquez S. A. 2002 **Tratamiento físico químico para estimulación en semillas de mezquite con endocarpio**. Tesis Profesional. Ingeniero Agrícola. Facultad de Estudios Cuautitlán, UNAM,
44. Vilchis, N. P. R. Y Camacho M. F., 1989. **Efecto de Remojo y densidad de siembra en la germinación de semillas de *Pinus montezumae* Lamb.** Memoria Congreso Forestal Mexicano. Academia Nacional de Ciencias Forestales, México. Págs. 896-900.
45. Villagómez, A. Y. 1978. **Pruebas de semillas forestales y su aplicación en vivero**. Memorias de la I Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. Publicación Especial No. 13 SARH. México.
46. Zavala, Z. R. 1971. **Cuatro ensayos de técnicas de viveros con algunas especies de pinos**. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. México.

47. www.semarnat.gob.mx/estadisticas_ambiente

48. www.omega.ilce.edu.mx

ANEXO 1

Los siguientes cuadros resumen el Análisis de Varianza (ANOVA) y la prueba de medias de Tukey con $\alpha = 0.05$

Cuadro 1. ANOVA y prueba de medias de las Semillas Germinadas a los 31 días

	DENSIDAD						Total
	5%	24%	43%	62%	81%	100%	
Testigo	61	304	516	738	767	753	3139
Rem-Sec	63	303	497	702	779	821	3165
Remojo	72	307	400	685	749	868	3081
Total	196	914	1413	2125	2295	2442	

Cuadro 2. ANOVA y prueba de medias del Porcentaje de Germinación Final

	DENSIDAD						Total
	5%	24%	43%	62%	81%	100%	
Testigo	290.45	298.02	280.42	250.15	221.66	176.23	1517.03
Rem-Sec	299.98	297.04	270.09	237.84	225.13	192.25	1522.33
Remojo	342.84	300.87	217.38	232.18	216.45	203.35	1513.07
Total	933.17	896.03	767.89	720.17	663.24	571.83	

Cuadro 3. ANOVA y prueba de medias de los Días al 75% del total de semillas germinadas

	DENSIDAD						Total
	5%	24%	43%	62%	81%	100%	
Testigo	79.54	75.83	76.40	74.65	76.67	77.41	460.50
Rem-Sec	76.30	70.28	68.68	68.24	68.27	71.67	423.44
Remojo	71.18	68.31	70.15	71.37	69.79	70.40	421.20
Total	227.02	214.42	215.53	214.26	214.73	219.46	

Cuadro 4. ANOVA y prueba de medias del Valor Germinativo de Maguire

	DENSIDAD						Total
	5%	24%	43%	62%	81%	100%	
Testigo	15.66	16.27	15.45	13.59	11.84	9.31	82.20
Rem-Sec	16.04	17.53	15.94	13.81	13.12	11.12	87.50
Remojo	19.44	17.37	13.19	13.01	12.24	11.41	86.66
Total	51.14	51.16	44.58	40.50	37.20	31.84	

Cuadro 5. ANOVA y prueba de medias del Índice de Eficiencia de Siembra en Almacigo

	DENSIDAD						Total
	5%	24%	43%	62%	81%	100%	
Testigo	1368.32	5321.68	7878.76	10834.41	9961.73	7909.92	43274.82
Rem-Sec	1433.00	5295.01	7879.14	9954.01	10466.13	9255.39	44282.68
Remojo	1565.72	5439.85	5914.85	9327.09	9510.41	10344.90	42102.82
Total	4367.34	16056.54	21672.75	30115.51	29938.27	27510.21	

ANEXO 2

Pruebas para establecer el grado de significancia en las diversas variables estimadas.

Cuadro 6. Semillas germinadas a los 31 días.

Fuente de Varianza	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	CM	F	Significancia
Densidades	5	328057.54	65611.51	231.69	++S
Remojos	2	164.11	77.05	0.27	NS
Interacción	10	3952.42	395.24	1.39	NS
Tratamientos	17	332154.07	19539.06	68.99	++S
Error	54	15292.25	283.19		
Total	71	347456.32	4893.75		

Cuadro 7. Porcentaje de Germinación Final.

Fuente de Varianza	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	CM	F	Significancia
Densidades	5	7911.35	1582.27	21.71	++S
Remojos	2	1.80	0.90	0.01	NS
Interacción	10	1104.42	110.44	1.51	NS
Tratamientos	17	9017.57	530.45	7.28	++S
Error	54	3936.32	72.89		
Total	71	12953.89	182.45		

Cuadro 8. Días al 75% del total de semillas germinadas.

Fuente de Varianza	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	CM	F	Significancia
Densidades	5	10.61	2.12	1.75	NS
Remojos	2	40.60	20.30	16.70	++S
Interacción	10	6.42	0.64	0.53	NS
Tratamientos	17	57.63	3.39	2.79	++S
Error	54	65.62	1.21		
Total	71	78.25	1.10		

Cuadro 9. Valor Germinativo de Maguire

Fuente de Varianza	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	CM	F	Significancia
Densidades	5	24.94	4.99	29.82	++S
Remojos	2	0.68	0.37	2.05	NS
Interacción	10	3.75	0.37	2.24	+S
Tratamientos	17	29.38	1.73	10.33	++S
Error	54	9.03	0.17		
Total	71	38.42	0.54		

Cuadro 10. Índice de Eficiencia de Siembra en Almacigo.

Fuente de Varianza	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	CM	F	Significancia
Densidades	5	42056131.00	8411226.2	50.76	++S
Remojos	2	99047.48	49523.74	0.30	NS
Interacción	10	169511.85	16951.18	0.10	NS
Tratamientos	17	42850297.00	2579429.2	15.57	++S
Error	54	8547500.00	165694.44		
Total	71	52397797.00	737997.14		

ANEXO 3

Las siguientes tablas muestran el número de plántulas emergidas de acuerdo a los días transcurridos en relación a la densidad de siembra y los tratamientos de presiembra (Cuadro 1, Cuadro 2, Cuadro 3).

Cuadro 1. Número de plántulas emergidas acumuladas del lote Sin Remojo a diferentes densidades de siembra.

Tratamiento	Densidad	Repetición	Días transcurridos									Media
			13	15	17	20	22	24	27	29	31	
Testioo	100%	1	0	16	116	184	198	202	209	213	216	188.25
		2	0	8	78	117	134	142	144	146	148	
		3	0	10	99	163	176	184	187	190	195	
		4	0	5	68	152	172	179	181	184	194	
Testioo	81%	1	0	8	73	154	169	173	181	182	187	191.75
		2	0	12	77	145	164	172	173	177	188	
		3	0	19	106	174	188	192	195	197	200	
		4	0	12	121	174	182	184	188	189	192	
Testioo	62%	1	0	17	116	167	177	183	186	188	189	184.5
		2	0	15	105	154	162	165	165	167	171	
		3	0	11	103	158	173	175	181	182	183	
		4	0	15	11	172	185	189	190	191	195	
Testioo	43%	1	0	14	55	98	109	112	112	114	114	129
		2	0	8	79	116	129	132	134	135	136	
		3	0	14	71	130	134	135	137	138	139	
		4	0	9	50	103	11	120	123	126	127	
Testioo	24%	1	0	7	34	69	76	76	77	77	77	76
		2	0	7	37	61	62	67	70	70	70	
		3	0	11	47	63	70	72	73	74	75	
		4	1	18	50	70	77	79	80	81	82	
Testioo	5%	1	0	1	6	16	16	18	18	18	18	15.25
		2	0	2	8	11	13	13	15	15	15	
		3	0	1	10	11	13	14	14	14	14	
		4	0	1	7	14	14	14	14	14	14	

Cuadro 2. Número de plántulas emergidas acumuladas del tratamiento semillas remojo y secadas a diferentes densidades de siembra.

Tratamiento	Densidad	Repetición	Días transcurridos de la siembra									Media
			13	15	17	20	22	24	27	29	31	
Remojo Secado	100%	1	2	49	166	205	211	212	213	214	216	205.25
		2	0	24	114	188	199	204	205	206	209	
		3	0	37	139	184	187	194	193	196	200	
		4	0	38	131	173	185	188	189	193	196	
Remojo Secado	81%	1	0	64	163	203	208	209	210	210	210	194.75
		2	0	53	154	184	188	190	191	191	193	
		3	0	39	171	212	221	222	224	224	224	
		4	0	24	108	141	147	150	151	151	152	
Remojo Secado	62%	1	1	24	98	128	135	135	137	137	140	175.5
		2	0	28	135	159	165	166	168	168	169	
		3	3	47	155	191	195	199	197	197	197	
		4	2	44	163	187	191	191	193	193	195	
Remojo Secado	43%	1	2	27	89	111	116	116	116	116	117	124.5
		2	3	24	105	124	129	132	134	134	134	
		3	0	30	86	116	121	122	122	123	124	
		4	0	41	92	117	119	121	121	122	122	
Remojo Secado	24%	1	0	15	49	72	76	77	77	77	78	75.75
		2	0	18	58	73	74	74	75	75	75	
		3	1	16	60	72	75	77	77	75	79	
		4	1	20	47	68	70	71	71	71	71	
Remojo Secado	5%	1	0	3	10	13	13	13	14	14	14	15.75
		2	0	3	9	13	13	14	14	14	14	
		3	0	1	9	13	13	13	13	13	13	
		4	0	4	11	17	17	18	19	18	19	

Cuadro 3. Número de plántulas emergidas acumuladas del tratamiento semillas remojadas a diferentes densidades de siembra.

Tratamiento	Densidad	Repetición	Días transcurridos de la siembra									Media
			1	5	17	20	22	24	27	29	31	
Remojo	100%	1	0	8	152	204	209	210	211	211	212	217
		2	0	28	145	207	212	215	216	216	221	
		3	0	28	149	189	194	199	205	205	207	
		4	0	34	160	215	223	223	225	227	228	
Remojo	81%	1	0	12	117	160	168	172	174	175	178	197.25
		2	0	17	151	193	196	197	197	198	200	
		3	0	21	129	175	181	182	183	183	184	
		4	0	25	140	171	185	190	193	193	193	
Remojo	62%	1	0	17	101	157	160	162	165	165	170	171.25
		2	0	11	124	156	158	159	160	161	162	
		3	0	23	112	164	167	168	171	174	181	
		4	0	34	122	164	168	169	169	169	172	
Remojo	43%	1	0	15	74	110	114	114	115	117	118	121.33
		2	0	14	5	35	36	36	36	36	36	
		3	0	23	66	111	114	114	118	118	118	
		4	0	20	66	125	126	127	128	128	128	
Remojo	24%	1	0	18	66	67	67	67	67	67	68	76.75
		2	1	17	57	72	75	76	77	77	77	
		3	0	15	62	78	78	82	83	84	84	
		4	1	15	61	78	78	77	77	78	78	
Remojo	5%	1	0	3	15	18	18	18	18	18	18	18
		2	0	1	9	19	20	21	21	21	21	
		3	0	1	13	15	15	15	15	15	15	
		4	0	3	13	16	17	17	17	18	18	

Con base en estos resultados se elaboraron Cuadros sobre plántulas emergidas acumuladas a los 31 días (Cuadro 4), Porcentaje de germinación (Cuadro 5), Días al 75% de semillas germinadas (Cuadro 6) y de Valor germinativo de Maguire (Cuadro 7).

Cuadro 4. Número de semillas germinadas acumuladas a los 31 días

DENSIDAD	TRATAMIENTO	REPETICIÓN				MEDIA	%	100%
		1	2	3	4			
100%	T	218	148	195	164	188.25	44.08	427
	RS	216	209	200	196	205.25	48.05	
	R	212	221	207	228	217.00	30.62	
	ST	187	188	200	192	191.75	55.42	346
81%	RS	210	193	224	152	194.75	56.28	
	R	178	200	184	187	187.25	34.11	
	T	189	171	183	195	184.50	39.45	295
	RS	140	169	197	196	175.50	33.45	
62%	R	170	162	181	172	171.25	30.00	
	T	114	135	139	127	129.00	70.11	184
	RS	117	134	124	122	124.25	67.52	
	R	118	118	118	128	121.33	33.94	
24%	T	77	70	75	82	75.00	74.51	102
	RS	78	75	79	71	75.75	62.28	
	R	68	77	84	78	78.25	62.24	
	T	18	15	14	14	15.25	72.61	21
5%	RS	17	14	13	19	15.75	74.99	
	R	18	21	15	18	18.00	63.71	

Cuadro 5. Porcentaje de germinación.

DENSIDAD	TRATAMIENTO	REPETICIÓN				MEDIA
		1	2	3	4	
100%	T	50.58	34.66	45.65	45.43	44.08
	RS	50.58	48.94	45.83	45.9	48.06
	R	49.64	51.75	48.48	53.39	50.82
81%	T	54.04	54.33	57.8	55.49	55.42
	RS	60.69	55.78	64.73	43.93	56.28
	R	51.44	57.8	53.17	54.04	54.11
62% (70%)	T	64.05	57.95	62.03	65.1	62.54
	RS	47.45	57.28	66.57	65.44	59.46
	R	57.62	54.91	61.35	58.3	58.05
43%	T	61.95	73.91	75.54	69.02	70.11
	RS	63.58	72.82	67.39	66.3	67.52
	R	64.13		64.13	69.56	65.94
24%	T	75.49	68.62	73.52	80.39	74.51
	RS	76.47	73.52	77.45	69.6	74.26
	R	66.64	75.49	82.35	78.47	75.24
5%	T	85.71	71.42	66.66	65.65	72.61
	RS	80.53	65.65	61.9	90.47	74.99
	R	85.71	100	71.42	85.71	85.71

Cuadro 6. Días transcurridos al completarse el 75% de semillas germinadas

DENSIDAD	TRATAMIENTO	REPETICIÓN				MEDIA
		1	2	3	4	
100%	T	19.06	19.59	19.27	19.49	19.35
	RS	16.94	18.75	17.78	18.19	17.92
	R	17.44	18.04	17.3	17.62	17.60
81%	T	19.51	19.85	18.97	18.34	19.17
	RS	16.9	16.83	16.93	17.61	17.07
	R	18.15	16.99	17.63	17.02	17.45
62% (70%)	T	18.55	18.43	18.9	18.77	18.66
	RS	17.77	16.85	16.87	16.75	17.06
	R	18.45	16.96	18.41	17.55	17.84
43%	T	19.16	18.92	18.73	19.6	19.10
	RS	16.98	16.9	17.77	17.03	17.17
	R	18.27		17.36	17.07	17.58
24%	T	19.1	19.03	18.87	18.83	18.96
	RS	18.33	16.95	17	18	17.57
	R	16.77	17.3	17.32	16.92	17.08
5%	T	19.47	21	20.25	18.82	19.89
	RS	20.5	18.68	18.12	19	19.08
	R	16.65	19.25	16.83	18.25	17.60

Cuadro 7. Valor Germinativo de Maguire.

DENSIDAD	TRATAMIENTO	REPETICIÓN				MEDIA
		1	2	3	4	
100%	T	2.72	1.85	2.43	2.31	2.33
	RS	2.94	2.67	2.65	2.85	2.78
	R	2.74	2.9	2.74	3.03	2.85
81%	T	2.81	2.81	3.13	3.09	2.96
	RS	3.68	3.31	3.73	2.5	3.28
	R	2.85	3.29	3.01	3.09	3.06
62% (70%)	T	3.51	3.19	3.37	3.61	3.42
	RS	2.69	3.31	3.92	3.89	3.45
	R	3.17	3.12	3.38	3.34	3.25
43%	T	3.36	4.03	4.45	3.61	3.86
	RS	3.91	4.22	3.87	3.94	3.99
	R	3.66		3.68	4	3.75
24%	T	4.07	3.62	4.07	4.5	4.07
	RS	4.31	4.29	4.9	4.03	4.38
	R	3.83	4.37	4.7	4.37	4.34
5%	T	4.49	3.81	3.7	3.86	3.92
	RS	4.23	3.78	3.5	4.53	4.01
	R	5.1	5.35	4.15	4.84	4.86