

34  
20j



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**DENSIDAD DE SIEMBRA OPTIMA DE Pinus greggii  
EN ALMACIGO, CON REMOJO COMO TRATAMIENTO  
PREGERMINATIVO**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A :

COVARRUBIAS GARCIA ANTONIO DANIEL



DIRECTOR DE TESIS:

ING. FRANCISCO CAMACHO MORFIN

M. EN C. ALICIA E. BRECHU F.

MEXICO, D. F.

FALLA DE ORIGEN

1991



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.

## INDICE

	Pág.
Resumen. . . . .	1
Introducción. . . . .	2
Antecedentes. . . . .	7
Objetivos. . . . .	11
Material y Método. . . . .	12
*Condiciones generales. . . . .	12
*Siembras sobre papel. . . . .	13
*Siembra en suelo. . . . .	14
*Bioensayo de extractos de <u>Pinus greggii</u> . . . . .	15
*Análisis estadístico. . . . .	16
*Obtención de óptimos económicos. . . . .	17
Resultados. . . . .	20
Discusión. . . . .	28
Conclusiones. . . . .	33
Bibliografía. . . . .	34

## INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Características del lote de semillas empleado. . .	12
Cuadro 2. Secuencia seguida para la aplicación de tratamientos de remojo a semillas de <u>Pinus greggii</u> . . .	13
Cuadro 3. Densidad de siembra evaluadas en semillas de <u>Pinus greggii</u> . . . . .	14
Cuadro 4. Efecto del remojo en la germinación de <u>Pinus greggii</u> sobre papel en cajas de petri. . . . .	20
Cuadro 5. Relaciones de varianza (F) observadas para la densidad de siembra y el remojo de presiembrada en semillas de <u>Pinus greggii</u> , sembradas en tierra dentro de botes de hojalata. . . . .	21
Cuadro 6. Efecto de la densidad de siembra y remojo, sobre la uniformidad germinativa obtenida en semillas de <u>Pinus greggii</u> sembradas en tierra. . . . .	22
Cuadro 7. Efecto del remojo en presiembrada sobre el tiempo de germinación de semillas de <u>Pinus greggii</u> sembradas en tierra. . . . .	23
Cuadro 8. Efecto de la densidad de siembra sobre el porcentaje de germinación y la calidad germinativa de semillas de <u>Pinus greggii</u> sembradas en tierra. . . . .	23
Cuadro 9. Efecto de la densidad de siembra sobre el número de plantas emergidas, a partir de semillas de <u>Pinus greggii</u> sembradas en tierra. . . . .	24
Cuadro 10. Efecto del riego con extractos de semillas de <u>Pinus greggii</u> sobre la germinación de semillas de lechuga. . . . .	24
Cuadro 11. Funciones de producción de semillas de <u>Pinus greggii</u> con tratamiento pregerminativo. . . . .	25

- Cuadro 12. Requerimientos de semilla y almácigo para obtener 500 000 plantas de Pinus greggii, a un costo mínimo, con distintas relaciones inversas de precios (RIP) y tratamientos de pre-siembra. . . . . 26
- Cuadro 13. Requerimientos de semilla y almácigo para obtener un millón de plantas de Pinus greggii, a un costo mínimo, con distintas relaciones inversas de precios (RIP) y tratamientos de pre-siembra. . . . . 27

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Capacidad germinativa de semillas de <u>Pinus greggii</u> , en relación con la densidad empleada. . . . .	30
Figura 2. Número de plántulas de <u>Pinus greggii</u> obtenidas en relación con la densidad de siembra empleada. . . . .	30
Figura 3. Cantidad de insumos necesarios para obtener 500 000 plántulas de <u>Pinus greggii</u> . . . . .	32
Figura 4. Cantidad de insumos necesarios para la obtención de un millón de plántulas de <u>Pinus greggii</u> . . . . .	32

## RESUMEN

El sistema de producción de plantas en almácigo es una práctica común para la producción de muchas especies forestales en México, en la cual se requiere usar eficientemente los insumos más costosos: la tierra de monte y las semillas. Esta optimización se logra mediante el empleo de densidades de siembra adecuadas. Con el fin de determinar el efecto de la densidad de siembra sobre la germinación de semillas de Pinus greggii y establecer los óptimos económicos, se experimentó con densidades de siembra que variaron del 10 al 100% del suelo cubierto con una capa de semilla de espesor, las cuales se aplicaron tanto con semillas secas como con semillas embebidas.

Se encontró una relación negativa entre el porcentaje de germinación obtenida en almácigo y la densidad de siembra usada. Los resultados negativos del bioensayo con extractos de semillas de Pinus greggii sobre la germinación de semillas de luchuga, permiten afirmar que tal comportamiento no se debió a la saturación del suelo con inhibidores solubles provenientes de las semillas.

Por otra parte, el remojo de presiembra no tuvo influencia en la germinación sobre papel, ni en suelo, pero sí se presentó un efecto significativo sobre el tiempo de germinación en suelo, el cual en términos prácticos es despreciable y no produjo cambios en el valor germinativo, calculado con el índice de Maguire.

En la optimización económica se usó un criterio de minimización de costos con el ajuste de una recta en que la variable independiente fué la densidad de siembra y la dependiente el porcentaje de germinación. Con esta ecuación se relacionó la cantidad de plantas deseadas con los kilogramos de semillas a emplear y la superficie de almácigo requerido.

## INTRODUCCION

Pinus greggii es un árbol de 10-15 m de altura con 40 cm de diámetro, ramas ascendentes delgadas y colocadas irregularmente en el tallo, los conos son fuertes y tenazmente persistentes, duros, sésiles, oblongocónicos, oblicuos, algo encorvados, de color ocre lustrosos, agrupados generalmente por pares o en grupos de cinco a ocho, rara vez más. Miden de 8 a 12 cm de largo y su aspecto es muy parecido a los de Pinus patula (Eguiluz, 1978; Martínez, 1948 y Plancarte, 1990).

Pinus greggii se encuentra distribuido sobre la Sierra Madre Oriental, desde 1280 a los 2550 msnm, habita suelos delgados normalmente pobres en materia orgánica, con pH casi neutro (Eguiluz, 1978).

Este árbol es importante debido a su buen desarrollo en suelos degradados en México, donde se ha utilizado en reforestaciones (Plancarte, 1990).

Unos de los objetivos fundamentales de la reproducción de plantas para la reforestación artificial, es el de obtener árboles sanos y vigorosos de la mejor calidad. Para este fin se emplean los viveros, instalaciones en las que se realiza la propagación de los árboles y se les prodigan los cuidados, cultivos y manejo necesarios, para que alcancen el crecimiento y desarrollo adecuados para su plantación ya sea en campo o en áreas urbanas.

En México es común que la producción de árboles en viveros, se realice mediante el trasplante de almácigo a envases, (Cuevas, 1985).



Este método fué descrito detalladamente por Pimentel (1971) en resumen consiste en:

- a) La siembra en almácigos para la germinación de las semillas y la emergencia de las plántulas. Los almácigos o semilleros son cajas llenas con tierra en los que se siembran las semillas para que germinen y que las plántulas resultantes se desarrollen un poco.
- b) El trasplante posterior a macetas donde se cuida su crecimiento y desarrollo.
- c) La obtención final de individuos con un cepellón de tierra, protegiendo sus raíces, los que se llevan al campo para su plantación.

Es frecuente que en estos almácigos se hagan siembras densas, es decir, que la superficie de la tierra que contienen, prácticamente se cubre con semillas, de acuerdo con Camacho y Ramírez (1987).

Una densidad de siembra del 100%, es aquella en que se tiene un número de semillas por unidad de superficie tal que, cada semilla, está en contacto con las semillas que le rodean y éstas en conjunto, forman una capa continua de una semilla de espesor (Ramírez y Camacho, 1987).

En siembras densas similares a las que se efectúan en almácigo, se ha encontrado que el porcentaje de germinación disminuye conforme se incrementa la densidad de siembra en Eysenhardtia polystachya (Camacho, 1987), Schinus molle (Camacho y Ramírez, 1987) y Pinus montezumae (Vilchis y Camacho, 1989), en el intervalo del 10 al 100% del suelo cubierto por semillas.

Este comportamiento se ha atribuido a la saturación del suelo con inhibidores solubles provenientes de las semillas, con base en que todas las especies mencionadas, el remojo previo a la siembra estimula la germinación, y en que los extractos

acuosos obtenidos de las semillas de Eysenhardtia polystachya (Ramírez y Camacho, 1987) y de Schinus molle (Camacho, 1985 y Nielsen y Muller, 1980), tienen un efecto inhibitorio sobre la germinación.

La relación negativa entre el porcentaje de germinación obtenida en almácigo y la densidad de siembra usada, plantea un problema que requiere de la optimización económica, ya que al incrementar la densidad de siembra, el porcentaje de germinación disminuye, en tanto que el número de plantas que se obtienen por unidad de superficie aumenta, hasta un nivel máximo y posteriormente desciende (Terrazas, 1987).

Por lo tanto se desea aprovechar al máximo la cantidad germinativa de las semillas utilizadas, es necesario emplear bajas densidades de siembra e invertir más recursos en una superficie amplia de almácigo; en cambio, cuando se requiere ahorrar en cuanto a las dimensiones del almácigo, es necesario sacrificar el porcentaje de germinación e invertir más en la adquisición de semillas.

Existen varios criterios de optimización económica, cuya aplicación requiere saber en qué condiciones se producirá y qué se hará con la producción (Volke, 1987), es decir, cuánto se puede invertir en la adquisición de los insumos requeridos y si habrá utilidades por la venta de la producción obtenida.

En la agricultura, dos aspectos fundamentales a considerar son: los costos de la producción y la utilidad derivada de ésta.

Estos costos proceden del uso de los insumos de la producción y la utilidad de un ingreso total, equivalente al producto por su precio, menos dichos costos.

Sin embargo, la cantidad de insumos de la producción a usar depende también de otros factores, tales como la disponibilidad de capital para invertir en ellos o de recursos en general desde el punto de vista del riesgo que sea posible enfrentar. En este sentido, para aquellos agricultores con suficiente capital, el interés puede residir en maximizar la utilidad. En cambio, para aquellos otros con escasez de capital y de recursos en general y con menor capacidad para enfrentar riesgos, resulta más importante la minimización de los costos de producción que la utilidad.

Desde el punto de vista de la optimización de los insumos de la producción y de acuerdo con la cantidad de capital, recursos con que se cuenten y sus propios objetivos, ambos tipos de agricultores necesitarán óptimos económicos diferentes.

Puesto que en el país la reforestación se emplea para recuperar suelos y protegerlos de la erosión esta es una actividad que debe subsidiarse. Por ello la realizan casi siempre dependencias oficiales, los viveros. Debido a que la producción de estas instalaciones se destinan para la reforestación y no a comercializar con ella, es necesario tratar de minimizar el costo de la producción. Lo ideal para los viveros es obtener el mayor ahorro de semillas y la mayor producción de plántulas por unidad de superficie.

El presente trabajo se desarrolló para establecer si la densidad de siembra afecta la germinación de Pinus greggii, árbol con un importante potencial forestal para México.

Con el fin no solo de dar recomendaciones acerca de la conveniencia del uso de las siembras densas en almácigo, se consideró pertinente establecer una metodología para obtener el mayor porcentaje de germinación posible, para aprovechar al máximo las semillas con que se cuentan y también obtener la mayor producción de plántulas posibles por unidad de superficie para lograr la mayor eficiencia en el uso del almácigo.

Se trató este problema mediante dos enfoques, en uno se buscó mejorar la germinación mediante la aplicación de tratamientos de remojo, en otro se buscaron soluciones óptimas económicas para establecer la densidad de siembra a usar, considerando el costo de las semillas y el almácigo.

## ANTECEDENTES

Krugman y Jenkinson (1974) mencionan que en algunos pinos de clima templado, las semillas germinan inmediatamente en la primavera; algunas especies tales como Pinus cembra y P. peuce la germinación puede tener lugar durante el segundo e incluso el tercer año después de la dispersión.

La germinación de los pinos se mejora si se someten primero las semillas a estratificación, especialmente si se han almacenado; la estratificación puede acompañarse por un remojo durante uno o dos días, ponerlas en un medio húmedo o en una bolsa de plástico y someterlas a temperaturas de 5°C por un periodo específico de 60 a 90 días (Krugman y Jenkinson, 1974).

A este respecto Barnett y McGrilvray (1971), establecen que la velocidad de germinación de las semillas de Pinus echinata se incrementa después de una estratificación de 56 a 70 días. La estratificación fría de 30 a 60 días ha sido recomendada para promover una germinación completa.

Carneiro (1975), observó que una estratificación de enfriamiento en húmedo estimula la germinación de las semillas de Pinus taeda.

Graber (1965), establece que en semillas de Pinus strobus la estratificación prolongada de tres a cuatro meses, es la principal variable que favorece la velocidad y aumento de la germinación y no tanto la estratificación con temperatura, que estadísticamente fue inferior.

McLemore (1969) señala que en laboratorio se requirieron largos periodos de estratificación para obtener una rápida y completa germinación de las semillas de Pinus taeda, en condiciones similares de campo (15°C y 11 Hrs de fotoperiodo).

Dickson, Hosner y Kahler (1961), señalan que métodos de estratificación son útiles para romper la latencia en semillas, como el mezclar semillas con arena, almacenamiento en turba o en algún otro medio. También establecen que almacenar semillas en bolsas de polietileno húmedas dan resultados satisfactorios.

Steinhoff y Hoff (1972), consideran que cuando las plántulas de Pinus strobus se someten a temperaturas de 4°C, requieren de un mínimo de 14 semanas para acelerar y obtener el máximo alargamiento del brote.

En algunos pinos el remojo promueve la germinación. Barnett y McLemore (1967), indican que el remojo con agua fría aereada estimula la germinación de las semillas de Pinus taeda, mejor que el remojo con peróxido de hidrógeno o con agua sin aereación.

Vilchis (1988), encontró que en Pinus montezumae el remojo durante 24 Hrs seguido por un día de secado, mejora la germinación cuando se trabaja con densidades de siembra que cubren entre el 5 y 100% del suelo.

El efecto estimulante del remojo puede atribuirse al lavado de inhibidores presentes en la cubierta de las semillas, aunque Barnett (1970) establece que la presencia de inhibidores en las semillas de algunos pinos como Pinus elliottii, P. glabra, P. echinata y P. clausa no fue evidente mediante los bioensayos de los extractos. La actividad inhibitoria se estableció en las semillas de P. tarda, pero parece ser que esto no es la principal causa de la latencia en estas semillas.

Respecto al efecto de la testa sobre la germinación, Barnett (1972), en trabajos con semillas de Pinus taeda encontró que la cubierta de las semillas influye en la latencia de las semillas de este pino, ocasionando una restricción del embrión, dado que cuando se removió o dañó la cubierta, la germinación

se incrementó.

De acuerdo con Krugman y Jenkinson (1974) las semillas de algunas especies de pino pueden tener una latencia extrema, un embrión anatómicamente inmaduro con un bloqueo fisiológico, que puede acoplarse con una testa impermeable como ocurre con Pinus cembra. La estratificación de las testas con ácido puede usarse en varias especies por ejemplo P. cembra, P. peuce, P. sabinia-ta, pero un almacenamiento en frío prolongado por estratificación fría de 6 a 9 meses es mucho más efectiva. La escarificación con ácido no se recomienda para las semillas de Pinus; las semillas de P. cembra, P. korainsis, P. parviflora y P. sibirica tienen embriones inmaduros en el momento de la recolección. La germinación puede incrementarse poniendo las semillas primero en estratificación cálida por varios meses antes de aplicar la estratificación fría.

Otro aspecto que mencionan Krugman y Jenkinson (1974) es que las semillas de Pinus despliegan un comportamiento germinativo muy variable después de su extracción y almacenamiento. El tipo y grado de latencia varía entre especies, fuentes geográficas, entre las mismas especies e incluso entre lotes de la misma fuente. La latencia puede resultar de un prolongado calentamiento de los conos para extraer las semillas a temperaturas entre 38 y 42°C y también puede incrementarse por un prolongado almacenamiento.

A continuación se presentan algunos trabajos que evidencian lo anterior. Para P. palustris y P. elliottii, se menciona que la humedad requerida para la germinación es el doble que la requerida para pinos de hojas cortas (Barnett, 1969). A 8 atm la germinación se reduce en P. palustris y P. elliottii y a más de 18 atm la germinación no ocurre.

McLemore (1971) establece que una hora de irradiación con Luz de longitud de onda de 660 nm y una intensidad de 600 erg/

cm<sup>2</sup>/seg completan los requerimientos de luz para la germinación de semillas de P. taeda estratificadas por 28 días. Cuando el periodo de estratificación fue de 15 días 50 minutos de luz a una intensidad de 2000 erg/cm<sup>2</sup>/seg fue adecuada para promover la germinación.

Barnett (1972) indica que el vigor de las semillas de Pinus taeda secadas y almacenadas por periodos superiores a un año, después del tratamiento pregerminativo pierden los beneficios logrados del tratamiento, ocasionando que las semillas que son afectadas negativamente sean más latentes que las semillas sin tratamiento. La latencia probablemente puede ser provocada por el secado de las semillas por debajo del 10% del contenido de humedad.

Larson y Davault (1975) encontraron que semillas de Pinus ponderosa que se secaron por congelación con bajo contenido de humedad o secadas con aire, antes de la germinación, se recuperaron después de la germinación y crecieron cuando se plantaron. El crecimiento de las plántulas obtenidas de semillas que se secaron por congelación fue normal, pero los resultados del crecimiento de las semillas secadas con aire se redujo al mínimo.

De la Garza (1987) encontró que en Pinus montezumae existen diferencias en cuanto a la capacidad germinativa entre las poblaciones y dentro de las mismas poblaciones; Malagón (1990) y Nepamuceno y Malagón (1988) en Pinus greggii, encontraron resultados similares.

Otro factor que afecta la germinación es la densidad de siembra en almácigo, en el intervalo del 5 al 100% del suelo cubierto por semillas, Vilchis y Camacho (1989) encontraron que el incremento de la densidad de siembra redujo la germinación de Pinus montezumae.



## OBJETIVOS

- 1) Establecer si la densidad de siembra afecta la germinación en Pinus greggii.
- 2) Determinar el efecto del remojo sobre la germinación en Pinus greggii.
- 3) Establecer si existe relación entre el efecto de la densidad de siembra y la presencia de inhibidores solubles, en la cubierta de las semillas de este pino.
- 4) Obtener los óptimos económicos para la densidad de siembra.

## MATERIAL Y METODO

## CONDICIONES GENERALES

Las semillas de Pinus greggii Engelm empleadas, se obtuvieron del Banco de Germoplasma Forestal del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Distrito Federal.

Este material se había recolectado un año antes de realizar el trabajo experimental. Durante este lapso la semilla estuvo almacenada a 0°C (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características del lote de semillas empleado.

Especie: <u>Pinus greggii</u> Engelm.
Lote: 002 BA
Fecha de recolección: Marzo de 1989.
Procedencia: " El Lobo ", Landa Matamoros, Gro.
Altitud: 1750
Longitud: 99°13'
Latitud: 21°00'
N°. de semillas/Kg = 69 444.44
N°. de semillas viables/Kg = 67 361.11
Pureza (%) = 97
Germinación en laboratorio (%) = 77

Se realizaron dos experimentos, uno consistente en siembras sobre papel filtro y otro consistente en siembras en tierra. En ambos casos se aplicaron los siguientes tratamientos:

- Testigo: Las semillas se sembraron tal como se extrajeron del almacén.
- Remojo por 24 hrs a 20°C y siembra de las semillas embebidas.
- Remojo por 24 hrs seguido por 24 hrs de secado a 30°C y

siembra de las semillas secas.

Para que la imbibición se realizara simultáneamente en todos los casos, las semillas testigo, las que se remojaron y secaron, se sembraron el mismo día que se inició el remojo de las semillas que se sembraron embebidas (Cuadro 2). Con esto se pretendió evitar diferencias debidas al momento en que se inicia la germinación (Vilchis y Camacho, 1987).

Cuadro 2. Secuencia seguida para la aplicación de tratamientos de remojo a semillas de Pinus greggii.

Tratamiento	Días transcurridos			
	1°	2°	3°	4°
Remojo y siembra inmediata			Remojo	Siembra
Remojo-Secado	Remojo	Secado	Siembra	
Testigo			Siembra	

#### SIEMBRAS SOBRE PAPEL

Con el objeto de establecer la reacción de las semillas a la aplicación del remojo, se realizaron siembras en cajas de Petri estériles con un disco de papel filtro húmedo como sustrato. En cada caja se colocaron 100 semillas y se realizaron cuatro repeticiones por tratamiento, las cuales se distribuyeron en una charola de una incubadora a 20°C. Esta distribución siguió un diseño completamente al azar.

La duración del experimento fué de un mes, durante el cual se evaluó el número de semillas germinadas diariamente, excepto los fines de semana.

Se consideró que la germinación había ocurrido cuando las semillas presentaban una radícula mayor a los 2 mm de largo.

Conforme germinaban las semillas, se eliminaban para evitar confusiones en el conteo.

#### SIEMBRA EN SUELO

Este experimento se hizo para determinar el efecto de la densidad de siembra y del remojo sobre la germinación de semillas de Pinus greggii sembradas en tierra.

Los almácigos se imitaron mediante botes de hojalata de 7.2 cm de diámetro por 10 cm de altura, los cuales tenían la superficie interior cubierta con una capa de pintura de aceite seca (Camacho y Ramírez 1987, Vilchis y Camacho 1989 y Terrazas 1987).

Cada bote se llenó con 255 gr de tierra negra hasta 2 cm antes del borde superior, las semillas se sembraron distribuyéndolas sobre la superficie de la tierra contenida en el bote y se les cubrió con una capa de arena de 1 cm de grosor.

Esto último facilita la emergencia y las evaluaciones de las plántulas (Ramírez y Camacho, 1987) y es similar a lo que se aplica en los almácigos dentro de los viveros (Pimentel, 1971).

Los tratamientos mencionados en las secciones anteriores se combinaron con cinco densidades de siembra, en el intervalo del 10 al 100% del suelo cubierto por semillas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Densidad de siembra evaluadas en semillas de Pinus greggii.

Porcentaje del suelo cubierto por las semillas.	Semillas en un círculo de 7.2 cm de diámetro.	Kg de semillas/m <sup>2</sup> .
10.0	28	0.10
32.5	92	0.34
55.0	155	0.57
77.5	219	0.80
100.0	282	1.03

Lo anterior produjo un experimento factorial con 15 combinaciones, de cada una de ellas se realizaron cuatro repeticiones: las cuales se distribuyeron siguiendo un diseño completamente al azar en charolas, colocadas dentro del laboratorio de semillas forestales del CIFAP-DF, junto a una ventana. La temperatura de la tierra durante el mes que duró el experimento, tuvo un promedio de 18.6°C con una máxima de 22°C y una mínima de 15°C. Se hicieron riegos semanales con un aspersor manual.

Durante el experimento se evaluó diariamente el número de semillas germinadas. Es decir aquellas que produjeron plántulas que emergieron de la tierra y estaban completamente erectas, aunque sin soltar las cubiertas, o sea que se encontraban listas para realizar lo que Pimental (1971) llama el transplante anticipado.

#### BIOENSAYO DE EXTRACTOS DE Pinus greggii.

Para establecer la presencia de inhibidores solubles en las semillas de Pinus greggii, se evaluó el efecto de los extractos acuosos sobre la germinación de lechuga (Lactuca sativa cv Parris Asgrow).

Se usaron semillas de esta planta por su rápida germinación y por que se ha empleado en trabajos similares (Nielsen y Muller, 1981).

Los extractos se prepararon al 10% es decir, 10-gr de semillas de Pinus greggii y se aforó con agua destilada a 100 ml; esto se mantuvo a 30°C durante 24 hrs. Lo anterior fué similar a lo empleado por Graue y Rovalo (1982), en Helietta parvifolia.

La lechuga se sembró colocando 100 semillas en cada caja de Petri, las cuales tenían un disco de papel filtro como sustrato.

Cinco cajas en que se sembró lechuga se regaron con el extracto de semillas de Pinus greggii, y otras tantas se regaron con agua destilada.

La incubación se realizó a 20°C, durante trece días, diariamente se contó el número de semillas germinadas.

#### ANALISIS ESTADISTICO.

Los factores a evaluar fueron el testigo y el remojo (con los niveles remojo por 24 hrs y remojo-secado).

Con los resultados de las evaluaciones efectuadas en todos los experimentos se determinó de acuerdo con Morales y Camacho (1985) las siguientes variables de respuestas:

- a) El porcentaje de germinación.
- b) El tiempo de germinación, mediante los días medios.
- c) Como una evaluación objetiva del porcentaje y velocidad de germinación, se calculó el índice de Maguire:

$$VG = \sum G_i / D_i$$

Donde: VG = Índice de Maguire o valor germinativo.

$G_i$  = Germinación obtenida en la  $i$ ' evaluación realizada.

$D_i$  = Tiempo transcurrido de la siembra a la evaluación  $i$ .

Para cada variable de respuesta se efectuó análisis de varianza y prueba de medias de Tukey con  $\alpha = 0.05$ . Para el experimento factorial las pruebas se realizaron de acuerdo con la significancia de la interacción (Reyes, 1978).

## OBTENCION DE OPTIMOS ECONOMICOS

Como en los viveros oficiales generalmente la producción de plantas se destina para la reforestación de suelos muy degradados, es necesario tratar de minimizar el costo de la producción, debido a las grandes cantidades de semilla y tierra que se requieren, para producir árboles con la técnica del trasplante de almácigo a envase.

La optimización económica se realizó de acuerdo con Volke (1987), usando un método continuo, lo que consistió en los siguientes pasos:

- 1) Estimar la función de producción para el producto, es decir una ecuación que relacione la producción obtenida con los insumos que se emplean; semillas, tierra, envases, fertilizantes y plaguicidas entre otros.
- 2) Con base en la función de producción, se determina la ecuación de una isocuanta, esto es, la línea que une los puntos en que se obtiene la misma producción con diferentes combinaciones de dos o más insumos.
- 3) Finalmente, se determina la combinación en la que el costo es mínimo, la cual corresponde al punto de la isoclina, en que la pendiente es igual a la relación inversa de precios (RIP) de los insumos involucrados.

Las diferencias de los costos se establecieron mediante la relación inversa de precios, en la cual por ejemplo, 0.5 indica que el costo de un metro cuadrado de almácigo representa la mitad del costo de un kilogramo de semilla.

Al desarrollar lo anterior se tuvo que, la función de rendimiento debía realacionar el área a utilizar con el número de semillas a sembrar, para obtenerla se ajustó por mínimos cuadrados de la siguiente recta:

$$P = \alpha - \beta D \dots \dots (1)$$

Donde: P = La variable dependiente, proporción de semillas germinadas.

$\alpha$  = Ordenada al origen.

$\beta$  = Pendiente.

D = Variable independiente, densidad de siembra, expresada en semillas sembradas por metro cuadrado.

Los valores de la variable dependiente estan dados por:

$$P = N / S \dots (2)$$

Donde: N = Número de plántulas obtenidas.

S = Semillas sembradas.

En cuanto a la variable independiente se tiene que:

$$D = S / A \dots (3)$$

Donde: A = Area a sembrar en m<sup>2</sup>

Sustituyendo las expresiones 2 y 3 en la ecuación 1 y despejando el área se llega a la función de rendimiento requerida:

$$N / S = \alpha - \beta S / A$$

$$N = \alpha S - \beta S^2 / A$$

$$N - \alpha S = -\beta S^2 / A$$

$$A (N - \alpha S) = -\beta S^2$$

$$A = \frac{-\beta S^2}{N - \alpha S} \dots (4)$$



Es conveniente que en esta ecuación, la cantidad de semillas se exprese en Kg, esto es:

$$S = K (np) \dots (5)$$

Donde: K = kg de semillas a sembrar.

n = Cantidad de semillas en un Kg.

p = Pureza del lote en proporción.

Con esto se llega a la ecuación 4 y se escribe así:

$$A = \frac{-\beta(Knp)^2}{N - \alpha(Knp)} \dots (6)$$

Para obtener los óptimos se tiene que: n y p son características del lote usado, las necesidades de producción definen el valor de N y que tanto K son los requerimientos de insumos.

Con base en todo lo anterior se determinaron los kilogramos de semillas y los metros cuadrados de almácigo con los que la primera derivada de la función de rendimiento, es igual a una RIP dada. Se realizaron para relaciones superiores e inferiores a la unidad, para valores de N de medio millón y un millón de plantas.

## RESULTADOS

El remojo de las semillas de Pinus greggii en presiembra (con los niveles remojo y remojo-secado) no tuvieron efecto sobre la germinación en las siembras realizadas sobre papel (Cuadro 4); en ninguna de las variables hubo diferencias significativas respecto al testigo.

Cuadro 4. Efecto del remojo sobre la germinación de Pinus greggii sobre papel en cajas de Petri.

Tratamientos de presiembra.	Indice de Maguire.	Días Medios.	Porcentaje de germinación.
Testigo	6.57 a	11.27 a	77.00 a
Remojo-secado	6.80 a	10.84 a	76.00 a
Remojo	6.54 a	11.09 a	76.00 a

En cada columna, la misma letra agrupa promedios que no difieren significativamente entre sí. Tukey  $\alpha = 0.05$ .

En las siembras realizadas en tierra dentro de botes de hojalata, la interacción de la densidad de siembra y el remojo de las semillas, no fué estadísticamente importante (Cuadro 5). En estas condiciones el primer factor (densidad de siembra) tuvo un efecto significativo sobre el porcentaje de germinación, el índice de Maguire y el número de plantas germinadas. El remojo solo afectó el tiempo de germinación.

CUADRO 5. Relaciones de varianza (F) observadas para la densidad de siembra y el remojo de presiembra en semillas de Pinus greggii, sembradas en tierra dentro de botes de hojalata.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Porcentaje de germinación	Días medios	Indice de Magire	Desviación típica	Números de semillas germinadas	"F" de tablas o esperado	
							0.05	0.01
Remojo	2	0.34	6.41	0.66	-----	0.67	3.232 3.183	5.179 5.057
Densidades de siembra	4	16.41	2.19	14.44	-----	5.80	2.606 2.557	3.828 3.720
Interacción	8	1.32	1.96	1.59	-----	1.66	2.180 2.130	2.993 2.890

----- No hubo diferencias significativas entre tratamientos.

En cuanto a la uniformidad , no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 6), es decir, los tres respondieron simultáneamente.

Cuadro 6. Efecto de la densidad de siembra y remojo, sobre la Uniformidad germinativa obtenida en semillas de Pinus greggii sembradas en tierra.

Tratamiento de presiembra.	Porcentaje de suelo cubierto por semillas					
	10	32.5	55	77.5	100	Promedio
Testigo	2.98 a	2.65 a	3.81 a	3.27 a	2.84 a	3.11
Remojo-secado	3.49 a	3.18 a	2.37 a	2.37 a	4.02 a	3.09
Remojo	3.20 a	3.40 a	2.46 a	3.90 a	3.30 a	3.25
Promedio	3.22	3.08	2.88	3.18	3.39	

Las medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre sí.

El remojo y secado de las semillas previo a la siembra, produjo una reducción, pequeña pero significativa del tiempo de germinación respecto al obtenido por el testigo; la diferencia es menor de un día (Cuadro 7). A ello se debe su falta de influencia sobre la calidad germinativa, evaluada mediante el índice de Maguire.

Cuadro 7. Efecto del remojo en presiembra sobre el tiempo de germinación de semillas de Pinus greggii sembradas en tierra.

Tratamiento de presiembra	Días medios
Testigo	25.37 a
Remojo-secado	24.07 b
Remojo	24.87ab

Las medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre sí.

Tanto para esta variable como para el porcentaje de germinación, hubo una disminución significativa en los valores obtenidos cuando la proporción del suelo cubierto por semillas pasó del 10% al 77.5% (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto de la densidad de siembra sobre el porcentaje de germinación y la calidad germinativa de semillas de Pinus greggii sembradas en tierra.

Variable	Porcentaje del suelo cubierto por semillas				
	10	32.5	55	77.5	100
Porcentaje de germinación.	70.83 a	64.95 ab	45.75 bc	37.90 cd	22.05 d
Índice de Maguire.	2.73 ab	2.52 b	2.84 a	1.54 c	0.89 c

En las hileras seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre sí.

No obstante, el número de plantas emergidas con una densidad del 10%, es menor al obtenido con las densidades restantes (Cuadro 9).

Cuadro 9. Efecto de la densidad de siembra sobre el número de plantas emergidas, obtenido con semillas de Pinus greggii sembradas en tierra.

	Porcentaje del suelo cubierto por semillas				
	10	32.5	55	77.5	100
Plantas emergidas en un círculo de 7.2 cm de diámetro.	19.85 b	59.75 a	70.92 a	83.00 a	62.17 a

Las medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre sí.

El extracto empleado produjo una pequeña diferencia en los resultados del índice de Maguire, Días medios y porcentaje de germinación, con respecto a los obtenidos con el testigo. Sin embargo esas diferencias no fueron significativas estadísticamente (Cuadro 10).

Cuadro 10. Efecto del riego con extracto de semillas de Pinus greggii sobre la germinación de semillas de lechuga.

	Índice de Maguire.	Días medios.	Porcentaje de germinación.
Testigo	16.78 a	3.09 a	57.00 a
Extracto	15.24 a	3.55 a	48.40 a

En cada columna, la misma letra agrupa promedios que no difieren significativamente entre sí. Tukey  $\alpha = 0.05$ .

La relación entre la densidad de siembra empleada y el porcentaje de germinación, fué significativa. En todas las ecuaciones la pendiente fué negativa y varió entre  $-6.0801 \times 10^{-6}$  a  $-9.0791 \times 10^{-6}$ . En cuanto a la ordenada al origen todas son positivas con valores de 0.70 a 0.85; los porcentajes de germinación obtenidos en laboratorio tuvieron promedio de 0.76, que está comprendido dentro de este intervalo (Cuadro 11).

Cuadro 11. Funciones de producción de semillas de Pinus greggii con tratamiento pregerminativo.

Tratamiento	Ecuación	F para la regresión	Coefficiente de correlación
Testigo	$P = 0.79491 - 8.7939 \times 10^{-6}D$	31.18 **	0.796
Remojo- secado.	$P = 0.83196 - 9.0791 \times 10^{-6}D$	33.193**	0.805
Remojo	$P = 0.73537 - 6.0801 \times 10^{-6}D$	8.802**	0.573

Hubo 18 gl para los residuales

\*\* Significativo con  $\alpha = 0.01$

P = Proporción de semillas germinadas con respecto al total

D = Densidad de siembra expresada en número de semillas por  $m^2$ .

En los cuadros 12 y 13, se presentan los óptimos económicos obtenidos por minimización de costos para dos niveles de producción y distintas relaciones de precios de las semillas y los almácigos requeridos.

Es evidente que conforme se encarece uno de estos insumos respecto al otro, se emplea en mayor cantidad el menos costoso. Por otra parte, la aplicación de remojo y secado redujo la cantidad de semilla requerida.

Cuadro 12. Requerimientos de semilla y almácigo para obtener 500 000 plantas de Pinus greggii. A un costo mínimo, con distintas relaciones inversas de precios (RIP) y tratamientos de presiembra.

Sin tratamiento pregerminativo			
RIP	Kg. de semilla	m <sup>2</sup> de almácigo	(%) Porcentaje de germinación
0.25	13.04	34.24	57.00
0.50	14.20	30.90	52.00
1.00	15.44	29.12	48.00
2.00	16.56	28.30	45.00
4.00	17.41	27.98	43.00
Remojo-secado			
0.25	12.44	32.35	60.00
0.50	13.54	29.18	55.00
1.00	14.73	27.46	50.00
2.00	15.80	26.68	47.00
4.00	16.63	26.38	45.00
Remojo			
0.25	13.62	29.29	54.00
0.50	14.80	25.91	50.00
1.00	16.13	24.00	46.00
2.00	17.42	23.07	43.00
4.00	18.48	22.68	40.00



Cuadro 13. Requerimientos de semilla y almácigo para obtener Un millón de plantas de Pinus greggii. A un costo mínimo, con distintas relaciones inversas de precios (RIP) y tratamientos de presiembra.

Sin tratamiento pregerminativo			
RIP	Kg. de semilla	m <sup>2</sup> de almácigo	(%) Porcentaje de germinación
0.25	26.08	68.47	57.00
0.50	28.40	61.80	52.00
1.00	30.87	58.23	48.00
2.00	33.12	56.59	45.00
4.00	34.83	55.96	43.00
Remojo-secado			
0.25	24.87	64.70	60.00
0.50	27.09	58.34	55.00
1.00	29.46	54.93	50.00
2.00	31.61	53.36	47.00
4.00	33.26	52.75	45.00
Remojo			
0.25	27.24	58.59	54.00
0.50	29.61	51.83	50.00
1.00	32.26	48.01	46.00
2.00	34.84	46.14	43.00
4.00	36.96	45.36	40.00

## DISCUSION

El incremento en el porcentaje de suelo cubierto con semillas, tiene un efecto negativo sobre el porcentaje de germinación de Pinus greggii, como sucede en Eysenhardtia polystachya (Camacho, 1987) y Schinus molle (Ramírez y Camacho, 1987); pero a diferencia de ellos, en Pinus greggii no se obtuvieron evidencias de la presencia de compuestos solubles que retrazaran el crecimiento (ausencia de inhibidores), ya que los extractos obtenidos de semillas de esta especie, no afectaron negativamente la germinación de las semillas de lechuga en el bioensayo.

Por otra parte, el remojo de presiembra no tuvo influencia sobre la germinación sobre papel ni en suelo; el remojo solo tuvo un efecto significativo sobre el tiempo de germinación en suelo, el cual en términos prácticos es despreciable y no produjo cambios en el índice de Maguire, que es una variable empleada para hacer un análisis completo y objetivo de la germinación (Morales y Camacho, 1985).

La falta de efecto del remojo en suelo, se evidenció también en que en ninguna de las variables de respuestas evaluadas hubo una interacción estadísticamente importante, entre los tratamientos de presiembra y el porcentaje de suelo cubierto por semillas.

Entre los fenómenos de competencia que pueden intervenir en el aumento de la densidad de siembra que produzca una reducción del porcentaje de germinación de P. greggii, hay que excluir a la competencia por agua, pues las semillas que se sembraron embebidas no germinaron mejor que las semillas que se sembraron secas. En esto tampoco hay concordancia con trabajos anteriores realizados en Pinus montezumae (Vilchis y Camacho, 1989) y Schinus molle (Ramírez y Camacho, 1987).

En las mayores densidades de siembra se observó que las plántulas de P. greggii que emergieron, desenterraron algunas semillas, lo cual dificulta la germinación al dejarlas expuestas al medio ambiente.

Con base en todo lo anterior se concluyó que no es recomendable usar excesivas cantidades de semilla en las siembras de almácigo, pues se obtendrán bajos porcentajes de germinación ocasionados probablemente por la competencia entre las semillas por oxígeno, sustrato y aun del espacio mínimo para germinar.

A pesar de que la relación entre el porcentaje de germinación obtenido y la densidad de siembra empleada tiene aproximadamente un comportamiento lineal con pendiente negativa (Fig. 1) el número de plántulas con los diferentes tratamientos pregerminativos aumentó conforme lo hizo la densidad de siembra, hasta alcanzar un máximo y posteriormente decreció (Fig. 2), es decir, describe gráficamente la trayectoria de una parábola con el vértice hacia arriba similar a la descrita por Terrazas (1987).

Este comportamiento de las semillas de Pinus greggii indica por una parte, que se tiene un mayor número de plantas a una mayor densidad de siembra, es decir, se emplea mejor la superficie del almácigo; pero por otro lado, es evidente que se desperdicia mucha cantidad de semilla, al disminuir el porcentaje de germinación con altos porcentajes del suelo cubierto por semillas.

Esta situación obliga buscar densidades de siembra óptimas, donde se obtenga un número de plántulas dado por unidad de superficie a un mínimo costo, o sea, que se desperdicie la menor cantidad de semillas y esto se obtiene por medio de la optimización económica, donde se relaciona la cantidad de semillas y el área de almácigo a usar, por medio de la relación inversa de

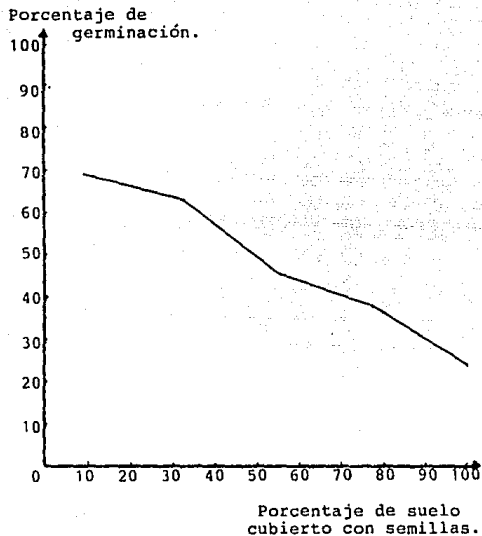


Fig. 1. Capacidad germinativa de semillas de Pinus greggii, en relación con la densidad de siembra empleada.

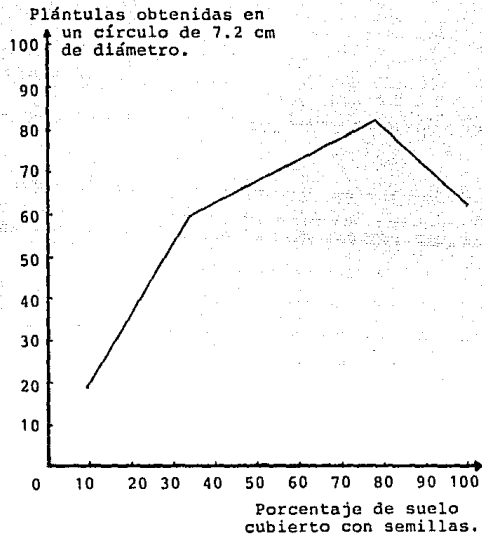


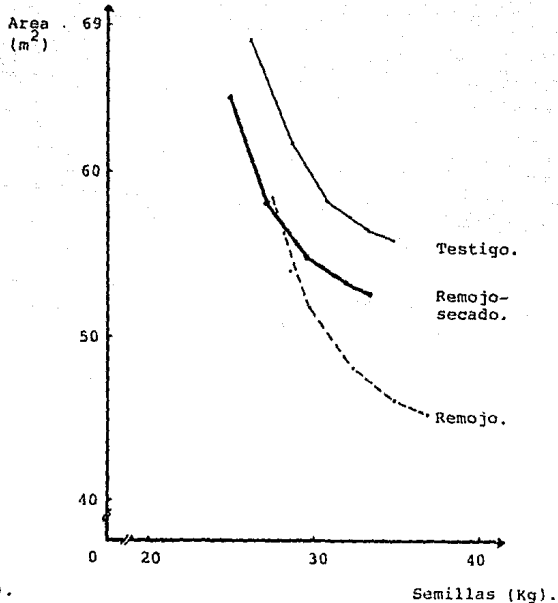
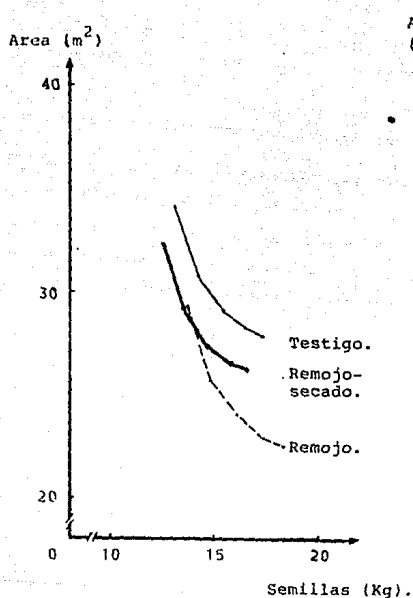
Fig. 2. Número de plántulas de Pinus greggii obtenidas, en relación con la densidad de siembra empleada.

precios.

Como los costos de las semillas y la tierra varían de un vivero a otro con base en su situación geográfica y de manejo (Cuevas, 1985), no es conveniente el uso del "índice de eficiencia" que da una solución única, el cual fue manejado por Vilchis y Camacho (1989), Camacho (1987) y Terrazas (1987).

En el presente trabajo se encontró que dependiendo del costo del metro cuadrado de almácigo y del costo del kilogramo de semilla, el óptimo varía (Fig. 3 y 4), si el kilogramo de semilla es más caro que el metro cuadrado de almácigo, se empleará mayor superficie de tierra para aprovechar al máximo el potencial de germinación de las semillas, si por el contrario, el metro cuadrado de almácigo es más caro que el kilogramo de semilla, se empleará mayor cantidad de semilla para usar en su totalidad el almácigo.

En vista que el empleo del trasplante de almácigo a envase tiene como desventaja que implica el desperdicio, ya sea de semillas o almácigo, es conveniente que en trabajos posteriores, se evalúe la posibilidad de realizar la siembra de las semillas directamente en los envases, lo cual reduce notablemente los costos de producción (Galloway y Borgo, 1983). Un punto importante es que en esta técnica es frecuentemente necesaria la siembra de más de una semilla por envase, con el fin de asegurar la obtención de plántulas (Ramírez, 1988); por lo tanto es necesaria la investigación, a cerca del efecto inhibitorio de la germinación que pudiera tener esta práctica.



## CONCLUSIONES

1. El incremento de la densidad de siembra en almácigo, tiene un efecto negativo sobre la germinación de Pinus greggii en el intervalo del 10 al 100% del suelo cubierto por semillas.
2. El efecto negativo del incremento de la densidad de siembra no se eliminó remojando las semillas.
3. El remojo no tuvo un efecto estimulante sobre la germinación de semillas de Pinus greggii, tanto en siembras realizadas en suelo con altas densidades como en siembras realizadas sobre papel.
4. No se encontraron evidencias de que la disminución en el porcentaje de germinación debida al incremento de la superficie de suelo cubierta por semillas, este relacionada con la presencia de inhibidores solubles en la cubierta de las semillas de Pinus greggii.
5. No es conveniente emplear métodos que den una solución única al problema de la densidad de siembra óptima en almácigo, ya que no consideran la variación de los costos de la tierra y las semillas que ocurre en los viveros.
6. Es necesaria la aplicación de técnicas de optimización económicas para poder establecer la mejor y más recomendable densidad de siembra, pues los resultados están en función de los costos que se presentan en cada lugar específico y debido a ello es necesario emplear una relación inversa de precios.
7. Se recomienda realizar investigación acerca del empleo de la siembra directa en los envases, ya que puede ahorrar costos al evitar el trasplante y el desperdicio de insumos que se tiene al sembrar el almácigo.

## BIBLIOGRAFIA

- Barnett J.P. y McLemore B.F. (1967). Germination of Loblolly pine seed hastened by soaking in aerated cold water. Tree planters' notes. 18 (2): 24-25.
- (1969). Moisture stress affects germination of Longleaf and slash pine seeds. Forest Science. 15(3): 275-276.
- (1970). Germination inhibitors unimportant in dormancy of southern pine seeds. U.S. Forest Service Research note. 50(112): 1-4.
- y McGilvray J.M. (1971). Stratification of short-leaf pine seeds. Tree planters' notes. 22(3):19-21.
- (1972). Seedcoat influences dormancy of Loblolly pine seeds. Canadian Journal of Forest Research. 2(1): 7-10.
- (1972). Drying and storing stratified Loblolly pine seeds reinduces dormancy. tree planters' notes. 23(3): 11-12.
- Camacho M.F. (1985). Determinación de tipos de dormición de semillas forestales, III Reunión Nacional sobre plantaciones forestales. México, D.F. SARH. Pub. Esp. N° 48. México. pp. 153-169.
- (1985). Identificación del mecanismo que inhibe la germinación en Schinus molle L. y forma de eliminarlo. Ciencia Forestal. 10(55): 35-49.
- (1987). Germinación de semillas de palo dulce (Eysenhardtia polystachya (Ortega) sarg.) en siembras densas. Ciencia Forestal. México. 12(62): 3-14.
- y Ramírez P.M. (1987). Dormición química de semillas de pirú (Schinus molle L.) en tres tipos de siembra. Ciencia Forestal. México. 12(62): 15-32.
- Carneiro J.G. (1975). Metodos para quebra de dormancia de sementes. Revista Foresta. Brasil. 5(1): 24-30.



- 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. Pub. Esp. N° 48. México. pp. 320-337.
- y Yañez M.O. (1985). Análisis del desarrollo y estado actual de las experiencias prácticas y técnicas en materia de selección y propagación de especies. III Reunión Nacional sobre plantaciones forestales. México, D.F. SARH. Pub. Esp. N° 48. México. pp.305-319.
- De la Garza L.L. Ma. del P. (1987). Variación en estructuras reproductivas y crecimiento temprano de Pinus mon-  
tezumae Lamb. Tesis prof. Biol. Fac. Ciencias. UNAM. México. 142 p.
- Dickson R.E., Hosner J.F. y Kahler L. (1961). Polyethylene bag storage versus stratification in sand as a pregermination treatment for white and Loblolly pine. Tree planters' notes. N° 48. pp. 15-16.
- Eguiluz P.T. (1978). Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género Pinus en México. Univ. Aut. de Chapingo. Tesis profesional. pp. 623.
- Galloway G. y Borgo G. (1983). Guía para el establecimiento de plantaciones forestales en sierra peruana. Proyecto FAO Holanda / INFOR. Lima 33p.
- Graber R.E. (1965). Germination of eastern white pine seed as influenced by stratification. U.S. Forest service paper NE-36: 1-9.
- Graue W.B. y Rovalo M. (1982). Potencial alelopático y microbici-  
cida de Helietta parvifolia. Biótica. 7(3):405-416.
- Krugman L. y Jenkinson J.L. (1974). Seed of woody plants in the United States. USDA. Forest Service. Agriculture handbook. N°450. USA 883 pp.
- Larson M.M. y Davaul M. (1975). Pine seeds withstand severe drying before, after germination: seedling drought tolerance may be reduced. Tree planters' notes. 26(1): 22-23.

- Malagón L.M. (1990). Estudio de variación morfológica y de la germinación en cuatro procedencias de Pinus greggii Engelm. Tesis prof. Biol. ENEP. Iztacala UNAM. México. 105 p.
- Martínez M. (1948). Los pinos mexicanos. Ed. Botas. México. pp.361.
- McLemore B.F. (1969). Long stratification hastens germination of Loblolly pine seed at low temperatures. Journal of Forestry. 67(6): 419-420.
- (1971). Light requirements for germination of Loblolly pine seeds. Forest Science. 17(3): 285-286.
- Morales V.G. y Camacho M.F. (1985). Formato y recomendaciones para evaluar germinación. Secret. de Agric. y Rec. Hídr. Pub. Esp. N°48. México. pp. 123-138.
- Nepamuceno M.F. y Malagón L.M. (1988). Germinación diferencial de Pinus greggii en relación al origen geográfico. Memorias de la 1ª Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del D.F. CIFAP-D.F. INFAP pp. 33.
- Nielsen E.T. y Muller W.H. (1980). A comparison of the relative naturalization ability of two species in the southern California I: Seed germination. Bull of Turrey Bot. Club. 107(1): 51-56.
- Pimentel B.L. (1971). Viveros, semilleros portátiles y el transplante anticipado. Rev. Bosques. Vol. VIII N°3 pp. 4-26.
- Plancarte B.A. (1990). Variación en longitud de cono y peso de semilla en Pinus greggii Engelm. de tres procedencias de Hidalgo y Querétaro. Centro de Genética Forestal, A.C. Nota Técnica N°4 México. 6 p.
- Ramírez P.M. (1988). Efecto de dos métodos de siembra en almacigo y siete tratamientos pregerminativos sobre la emergencia de semillas de pirú (Schinus molle L.) Tesis prof. Biol. UNAM. México. 30 p.
- Ramírez O.G. y Camacho M.F. (1987). Tratamiento de semillas latentes de plantas de importancia económica. Biología. Vol. 16 Números 1-4. pp. 37-42.

- Reyes C.P. (1978). Diseños de experimentos agrícolas. Ed. trillizas. México. 344 p.
- Steinhoff R.J. y Hoff R.J. (1972). Chilling requirements for breaking dormancy of western white pine seedling. United States Department of Agriculture Forest Service. Intermountain Forest & Range experiment station. USDA. Forest Service Research note INT-153 pp. 1-6.
- Talavera A.I. (1987). Reacción del tamaño del cono en la producción de semillas de Pinus strobus var. chapensis MTZ. en cuatro localidades de su distribución natural. Tesis Prof. Biol. Fac. Ciencias. UNAM. México. 62 p. más ilustraciones.
- Terrazas P.D. (1987). Determinación de la densidad óptima de siembra en semilleros para pirú (Schinus molle L.) Tesis Prof. I.A. FES-C. UNAM. México. 65 p.
- Vilchis N.P.R. (1988). Efecto del remojo y densidad de siembra en la germinación de semillas de Pinus montezumae Lamb. Tesis Prof. Ing. Agrícola, FES-C. UNAM. México. 80 p.
- 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. pp. 896-900.
- Volke H.V. (1987). Optimización de insumos de la producción en la agricultura. Curso-Taller sobre los: Fundamentos de optimización de insumos para la producción agrícola. Colegio de Postgraduados. México. pp. 9-50.