



4. 57
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

DETERMINACION DE LA DENSIDAD OPTIMA DE
SIEMBRA EN SEMILLERO PARA PIRU
(Schinus molle L.)

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :
DAVID TERRAZAS PACHECO

Asesor: Q.B. Lilián Morfin Loyden
e Ing. Francisco Camacho Morfin

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx

1987



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.

I N D I C E

	Pag.
1 RESUMEN	6
2 INTRODUCCION	9
2.1 OBJETIVOS	12
2.2 HIPOTESIS	13
3 REVISION DE LITERATURA	14
3.1 Clasificación taxonómica	15
3.2 Nombres comunes de <u>Schinus molle</u> L.	15
3.3 Origen y morfología de <u>Schinus molle</u> L.	15
3.4 Distribución y ecología de <u>Schinus molle</u> L.	19
3.5 Usos e importancia de <u>Schinus molle</u> L.	19
3.5.1 Partes utilizadas	19
3.5.2 Composición química de los frutos	19
3.5.3 La esencia	20
3.5.4 La gomo-resina	20
3.5.5 Otros usos	21
3.6 Germinación de <u>Schinus molle</u> L.	21
3.7 Alelopatía	26
4 MATERIALES Y METODOS	29
Primer experimento	30
Segundo experimento	36
5 RESULTADOS	39
Primer experimento	40
Segundo experimento	50

	Pag.
6 DISCUSION	52
Primer experimento	53
Segundo experimento	59
7 CONCLUSIONES	60
8 BIBLIOGRAFIA	62

I N D I C E D E C U A D R O S

	Pag.
CUADRO 1 Comparación de promedios de germinación para la especie <u>Schinus molle</u> L.	24
CUADRO 2 Resultados de germinación de <u>Schinus molle</u> L.	25
CUADRO 3 Germinación de <u>Schinus molle</u> L. con la duración del remojo en agua con aireación.	25
CUADRO 4 Prozedencia y germinación del lote de semillas de <u>Schinus molle</u> L. empleado en el presente - trabajo.	30
CUADRO 5 Número de semillas de pirú por tratamiento.	31
CUADRO 6 Calendario de riegos y temperatura del sustrato en pirú (<u>Schinus molle</u> L.).	33
CUADRO 7 Tratamientos realizados en pirú (<u>Schinus molle</u> L.) de acuerdo con la densidad de siembra.	37
CUADRO 8 Calendario de riegos y temperatura del sustrato en pirú (<u>Schinus molle</u> L.).	37
CUADRO 9 Efecto de la densidad de siembra sobre la germinación de <u>Schinus molle</u> L.	40
CUADRO 10 Análisis de Varianza para Número de Semillas Germinadas.	41
CUADRO 11 Ajuste de regresión polinomial para Número de Semillas Germinadas en pirú.	41.
CUADRO 12 Efecto de la densidad de siembra sobre la germinación de <u>Schinus molle</u> L.	42

CUADRO 13	Análisis de Varianza para Porcentaje de Germinación en pirú (<u>Schinus molle</u> L.).	43
CUADRO 14	Ajuste de regresión polinomial para Porcentaje de Germinación en pirú (<u>Schinus molle</u> L.).	43
CUADRO 15	Ajuste de los Porcentajes de Germinación a la ecuación logística $-\frac{K}{1+e^{-G}}$ = % G, con diferentes valores de K.	44
CUADRO 16	Análisis de Varianza de la calidad del ajuste de Porcentaje de Germinación.	44
CUADRO 17	Despeje de intersecciones de las ecuaciones para Número de Semillas Germinadas y Porcentaje de Germinación en pirú (<u>Schinus molle</u> L.).	45
CUADRO 18	Resultados obtenidos sustituyendo las raíces en las ecuaciones originales.	46
CUADRO 19	Efecto de la densidad de siembra sobre la germinación de <u>Schinus molle</u> L.	46
CUADRO 20	Evaluación de tres índices para determinar la densidad óptima de siembra en pirú.	47
CUADRO 21	Análisis de Varianza del Índice Cuadrado.	48
CUADRO 22	Ajuste del Índice Cuadrado en pirú.	48
CUADRO 23	Efecto de la densidad de siembra y el remojo sobre la emergencia de <u>Schinus molle</u> L.	51

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
FIGURA 1 Anatomía de las estructuras de reproducción-- de <u>Schinus molle</u> L.	16
FIGURA 2 Anatomía de las estructuras de reproducción-- de <u>Schinus molle</u> L.	17
FIGURA 3 Anatomía de las unidades de dispersión de --- <u>Schinus molle</u> L.	18
FIGURA 4 Croquis de la distribución de tierra, semi--- llas de pirú y arena sílica.	32

INDICE DE GRAFICAS

	Pag.
GRAFICA 1 Gráfica de la ecuación de mejor ajuste para-- el Índice Cuadrado.	49
GRAFICA 2 Porcentaje de Germinación de Semillas de ---- <u>Schinus molle</u> L. con respecto a la densidad - de siembra.	54
GRAFICA 3 Número de Semillas Germinadas de <u>Schinus mo-</u> <u>lle</u> L. con respecto a la densidad de siembra.	56

1. RESOMEN

En el presente trabajo, se determinó que densidad de siembra en Schinus molle L. es la que proporciona el mayor número de plántulas y porcentaje de germinación, así como, comprobar si la disminución del porcentaje de germinación se debe a la saturación del suelo con inhibidores o, a la competencia por agua y oxígeno entre las semillas cuando se efectúan altas densidades de siembra.

Se observó que el porcentaje de germinación decrece con el incremento de la densidad de siembra; el número de semillas germinadas se incrementa hasta un máximo para posteriormente decrecer.

Este comportamiento no se debe a la competencia por agua y oxígeno, sino al incremento en la concentración de inhibidores que se tiene en el suelo al incrementar la densidad de siembra, pues no hubo un estímulo adicional de la germinación al sembrar las semillas remojadas-embebidas; con el remojo se alcanzaron porcentajes de germinación tan altos como los que se tuvieron con bajas densidades, sin importar que las semillas estuvieran secas o embebidas.

El producto del porcentaje de germinación con respecto al número de semillas sembradas por el porcentaje de germinación con respecto al número máximo de semillas posibles de sembrar, fué un índice adecuado para determinar la densidad de siembra óptima de acuerdo con consideraciones teóricas y consistente con los resultados obtenidos.

Se recomienda emplear en almácigos una densidad de siembra

equivalente a colocar 118 semillas en un círculo de 7.33 cm.

La importancia de lo obtenido es porque las siembras densas en semilleros son una práctica generalizada en viveros -- forestales mexicanos, y que existen muchas especies cuyas semillas contienen inhibidores en sus cubiertas más expuestas al ambiente.

2. I N T R O D U C C I O N

La especie Schinus molle L. de la familia de las Anacardiáceas, conocida vulgarmente como "piru" o "pirúl", es un árbol que mide de 4 a 10 metros de altura, perennifolio, de ramas colgantes y tronco tortuoso, se encuentra ampliamente distribuido en la Altiplanicie y Mesa Central de México, invade con facilidad cualquier tipo de terreno, se asocia generalmente con pocas especies de plantas. Este árbol se considera prioritario en la reforestación de áreas muy erosionadas, sobrepastoreadas, suelos ligeramente salinos, suelos tepetatosos y porque no lo consume el ganado.

En México, la siembra de esta y la mayoría de las especies forestales generalmente se realiza al voleo, para posteriormente trasplantar las plántulas a envases de plástico. Se ha observado que en algunos viveros se efectúan las siembras de semillas sin ningún tratamiento pregerminativo, obteniéndose magníficos resultados, mientras que en otros para obtener estos remojan la semilla en agua o la sumergen en ácido.

Se ha propuesto que esta situación se debe a las elevadas densidades de siembra y que estos pueden limitar el porcentaje de germinación de ser cierta esta hipótesis.

Un aspecto práctico es que al disminuir la densidad de siembra se obtendría una baja producción de plantas, a pesar de obtener un alto porcentaje de germinación, por otro lado, una gran cantidad de estas sobre la unidad de superficie produciría un gran desperdicio de semillas por la disminución del porcentaje de germinación, y de todas formas se tendría baja producción de plantas.

Lo anterior conduce por una parte a la subutilización de la superficie del almácigo y por otra al desperdicio de las semillas, ambos factores son limitantes en los viveros. Por ello convendría utilizar una densidad de siembra óptima, con la menor reducción del porcentaje de germinación y el mayor número de plantas por unidad de superficie.

El presente trabajo, tiene como fines determinar la densidad de siembra óptima en semillero para el pirú, y determinar si la saturación del suelo con los inhibidores contenidos en las semillas de pirú produce una reducción del porcentaje de germinación, al incrementar la densidad de siembra.

Al determinar la densidad óptima de siembra se tiene la posibilidad de sustituir la utilización de sustancias químicas o algún otro tratamiento que estimule la germinación del pirú, disminuyéndose con esto los costos de producción, obteniéndose con la menor inversión un mayor número de plantas, fin primordial que se debe de tener en la producción de plantas por medio de semillas.

La importancia de que se obtenga es porque las siembras densas en semilleros son una práctica generalizada en viveros forestales mexicanos, y que existen muchas especies cuyas semillas contienen inhibidores en sus cubiertas más expuestas al ambiente.

2.1 O B J E T I V O S

Determinar qué densidad de siembra en semillero proporcione una mayor capacidad germinativa, así como, la mayor producción de plantas de pirú(Schinus molle L.).

Comprobar si la disminución del porcentaje de germinación se debe a la saturación del suelo con inhibidores, cuando se efectúan altas densidades de siembra.

2.2 H I P O T E S I S

Si al incrementar la densidad de siembra con semillas cuyas cubiertas poseen inhibidores, aumenta la posibilidad de que - el volúmen de suelo que rodea a las se-- millas se sature con estas sustancias,-- impidiendo la lixiviación posterior de-- las mismas, entonces, el aumento de den-- sidad de siembra debe tener un efecto -- negativo sobre el porcentaje de germina-- ción.

Si la disminución del porcentaje de germinación se debe a la saturación del sug lo con inhibidores, entonces, remojar -- las semillas incrementará dicho porcenta-- je y los resultados serán los mismos --- cuando las semillas remojadas se siem-- bren embebidas que cuando se siembran -- secas.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1 Clasificación taxonómica.

Sánchez (1980), clasifica al pirú de la siguiente forma:

Subdivisión	Angiospermae
Clase	Dicotyledoneae
Orden	Sapinales
Familia	Anacardiaceae
Género	Schinus
Especie	molle

3.2 Nombres comunes de Schinus molle L.

Martínez (1979), menciona los siguientes nombres comunes del pirú:

Pirú (Valle de México)
 Pirúl
 Tsactomi
 Tzantoni
 Xasa (Lengua Otomí)
 Xaza (Lengua Otomí)
 Peloncuáhuítl (Lengua Azteca)
 Yaga-cica (Lengua Zapoteca, Oax.)
 Yaga-lache (Lengua Zapoteca, Oax.)
 Agua-cara-ybá (Paraguay)
 Molle (Paraguay)
 Mulli (Paraguay)
 Peper tree (Estados Unidos)

3.3 Origen y Morfología de Schinus molle L.

Copeland (1959), menciona que esta planta es originaria-- de América del Sur, pero se ha hecho silvestre en la América-- Central. Es un árbol que mide de 4 a 10 metros de altura, per

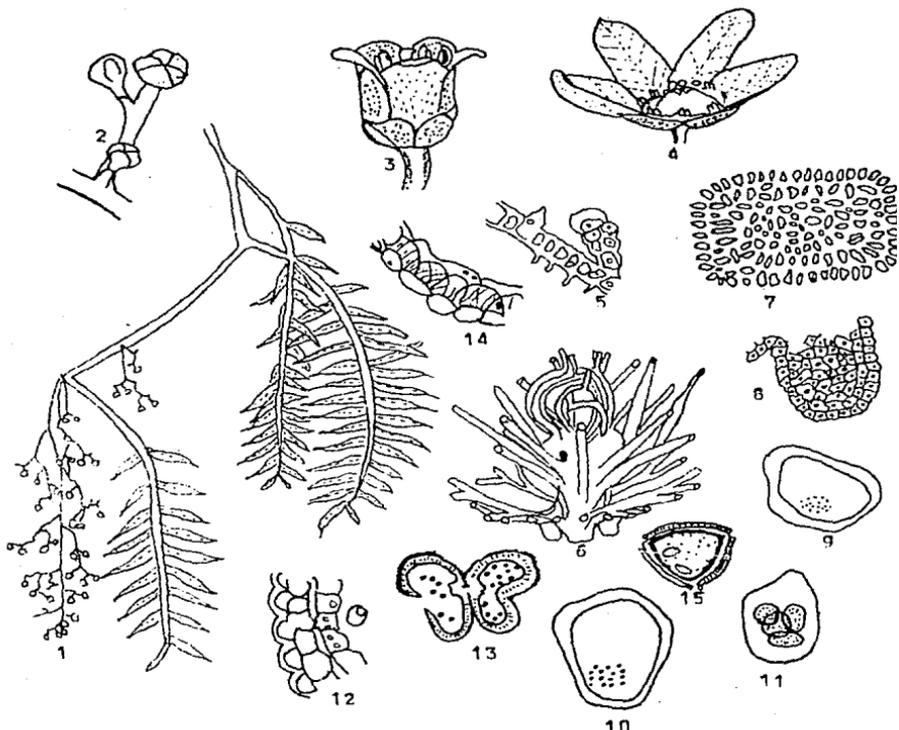


Figura 1. *Schinus molle* L. ; 1.- Racimo de frutos, 2.- Agrupación de yemas florales, 3.- Flores masculinas, 4.- Flores femeninas, 5.- Pedicelo pubescente, 6.- Modelo del sistema vascular de una flor femenina, 7.- Sección transversal de una antera fecundada, 8.- Sección transversal de un lóbulo de antera madura, 9.- Heterotiplo en metafase de una célula madura de polen, 10.- Heterotiplo en metafase de una célula madura de polen, 11.- Microspora tetradro, 12.- Sección transversal de la vía de desarrollo de la antera, 13.- Sección transversal de antera madura, 14.- Porción de sección transversal de antera madura, 15.- Brano de polen (Copeland, 1959).

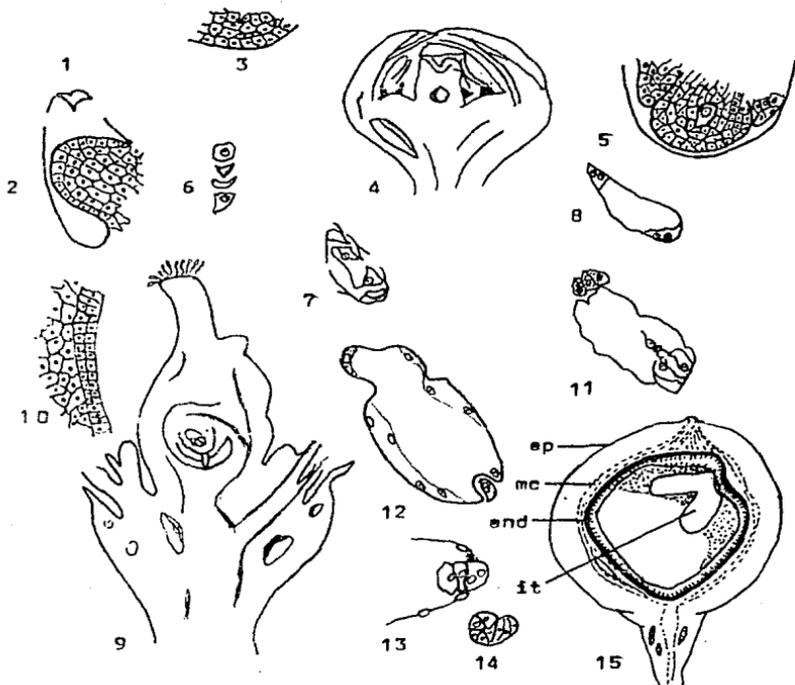


Figura 2. 1.-Sección longitudinal de ovario fecundado en yema femenina; 2.-Inicio del desarrollo de un óvulo; 3.-Inicio de la división periclinal en la hipodérmis nucelar; 4.-Sección de flor femenina en botón; 5.-Célula madre de megaspora; 6.-Tetrada de megaspora; 7 y 8.- Saco embrionario nuclear; 9.-Sección longitudinal de flor femenina con saco embrionario maduro; 10.-Interior de la epidermis de un ovario en flor abierta; 11.-Saco embrionario maduro; 12.-Cigoto anterior en endospermo plurinuclear; 13 y 14.-Embriones fecundados; 15.-Sección longitudinal de un fruto aproximadamente después de la antésis: it.-fruto tubular de integumento externo, ep.-epicarpio, mc.-mesocarpio, end.-endocarpio (Coe-land, 1959).

nnifolio, de ramas colgantes y tronco tortuoso; las ramas y --
 Hojas frecuentemente pénduladas; hojas alternas imparapinadas,
 con 7-13 folíolos de forma lineal lanceolada y finamente ese--
 rrados. Arbol dioico, flores paniculadas, pequeñas de color --
 amarillo verdoso; las flores masculinas son ligeramente alar--
 gadas y con los pétalos más erectos que las femeninas; las ---
 flores masculinas tienen un pistilo pequeño subdesarrollado y-
 las flores femeninas presentan estambres más pequeños (Figu--
 ras 1 y 2). Las unidades de dispersión de'l pirú llamadas semil--
 llas, en realidad son frutos; drupas de 5-8 mm. de diámetro,--
 cuyo endocarpio relativamente duro, contiene por lo general --
 una semilla con un embrión bién diferenciado que llena toda la
 cavidad, la testa y el endospermo son delgados. El mesocarpio-
 forma parte de la unidad de dispersión por estar firmemente --
 adherido al endocarpio, dejando espacio a varios depósitos de
 resina, el epicarpio, delgado, quebradizo y seco, generalmente
 se pierde (Figura 3).

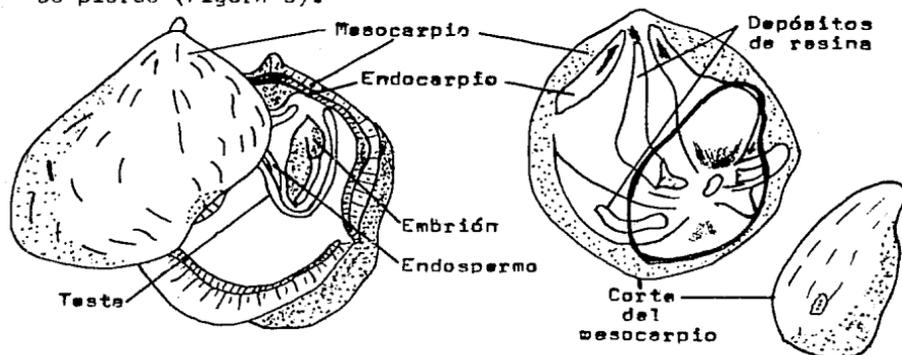


Figura 3. Anatomía de las unidades de dispersión
 de Schinus molle L. (Camacho, 1985).

3.4 Distribución y ecología de Schinus molle L.

En México, se distribuye ampliamente en la Altiplanicie y Mesa Central, principalmente en lugares secos, invade con facilidad cualquier tipo de terreno, se asocia generalmente con pocas especies de plantas (Anaya y Gómez, 1971).

Rzedowski (1983), menciona que el pirú se presenta en pastizales secundarios, entre los 2250 y 2400 m.s.n.m., con fuerte perturbación humana y donde predominan gramíneas anuales-- como Aristida adscensionis y Bouteloua simplex. También se presenta como eminencia arbórea junto con Yuca filífera, en matorral xerófito de Opuntia strptacantha, Zaluzamia augusta y con Mimosa biuncífera.

Debido ha que el pirú se encuentra en lugares de escasa - vegetación conformada por pocas especies, se ha pensado que -- puede restringir el crecimiento de otras plantas, liberando-- compuestos tóxicos através de sus hojas muertas, frutos y raíces, hay evidencias que estos tejidos contienen inhibidores -- del crecimiento (Anaya y Gómez, 1971; Nielsen y Muller, 1980).

3.5 Usos e importancia de Schinus molle L.

3.5.1 Las partes utilizadas son: frutos, hojas, la gomo-- resina que exuda, troncos y ramas.

3.5.2 Composición química de los frutos: contienen glucosa; resina, aceite esencial, leptina, tanino, celulosa, sales- y un ácido indeterminado.

Partínez (1969), menciona que el fruto conforta y calienta el cerebro y el estómago, restringe el vientre , dá vigor a- los miembros que están demasiado relajados.

En Paraguay, hacen un cocimiento de los frutos hasta la consistencia de jarabe, el cuál administran de 3-4 cucharadas por día para curar la retención de orina. Martínez (1969), también menciona el uso del fruto en el tratamiento de la gonorrea o blenorragia.

3.5.3 La esencia: Se extrae de las hojas y frutos, es tolerada por el estómago y eliminada por los riñones y el pulmón, se ha usado con éxito en el tratamiento de enfermedades genitourinarias.

En Paraguay, se usa la infusión de las hojas contra la estrechez y la uretritis de origen blenorragico. Para curar úlceras y heridas se ha empleado el "Balsamo de los Jesuitas", que se prepara hirviendo las hojas hasta obtener un líquido espeso al que se añade alcohol de 80°.

3.5.4 La gomo-resina: Está compuesta de un 40% de goma y de 60% de resina, siendo esta última el principio activo. Dicha gomo-resina es blanco azulada, quebradiza, inodoro y de sabor acre y amargo; funde a 40°C y forma con el agua una emulsión persistente. La resina sola es amarilla, semifluida al principio y después dura y quebradiza, de olor balsámico; es soluble en los álcalis.

La emulsión de la gomo-resina se ha usado con resultados favorables para quitar las manchas de las córneas y como tópico poderoso en la curación de las heridas. La goma puede usarse también como purgante y como modificador del aparato respiratorio.

La gente de campo, suele emplear el jugo de las ramitas tiernas para combatir las nubes de los ojos.

3.5.5 Otros usos: Se puede sembrar en forma directa en bordos de terrazas sin tomar en cuenta la densidad de siembra, con el objeto fundamental de restaurar física y biológica---mente el suelo (Perrodi, 1980). La madora se puede utilizar -- como combustible, fabricación de mangos de herramienta, estacas y enceres rurales. Este árbol se considera prioritario en la reforestación de áreas muy degradadas por sonortar sequías, heladas, suelos ligeramente salinos y porque no lo consume el ganado (Camacho, 1985). En áreas tepetatosas de Naucalpan, -- Estado de México, el pirú ha logrado colonizar sitios sumamente erosionados (Camacho y Rosales , 1986). Martínez (1969), - menciona que de la goma-resina se puede obtener un barniz y - de la corteza taninos.

3.6 Germinación de Schinus molle L..

La germinación de las semillas de Schinus molle L. es -- lenta e incompleta. De acuerdo con Nielsen y Muller (1980) y Camacho (1985), esto se debe a las sustancias solubles contenidas en el mesocarpio, las cuales obstaculizan la germinación; entre ellos se ha encontrado principalmente ácidos fenó--lícos.

En las semillas que contienen en sus cubiertas sustancias que obstaculizan la germinación (inhibidores), germinan -- después de que estas se han inactivado, perdido por lixivia--ción o se eliminan las cubiertas que las contienen. Por su -- localización en tejidos expuestos al ambiente, los inhibidores en las semillas con dormancia química pueden perderse al ser lixivados por el agua, la rapidez con que esto ocurre aumenta con la temperatura y es mayor en agua corriente que en la-

estancada. El flujo masivo de agua a través del suelo incrementa la velocidad con que se lixivian dichas sustancias, por lo cuál la conductividad hídrica afecta el proceso (Camacho y Colinas, en prensa). Artificialmente, la germinación se estimula mediante tratamientos como el remojo en agua a la temperatura ambiente, inmersión en agua caliente, quemado de los frutos, escarificación mecánica, intemperización e inmersión en ácido (Camacho, 1985).

De todos los tratamientos anteriormente mencionados, el remojo resulta en estos casos la mejor elección desde el punto de vista práctico y económico, ya que, no requiere de una sustancia cara y peligrosa como sucede con el ácido, así como un aparato especial como el necesario para realizar la escarificación mecánica, ni exponer a que las semillas pierdan la viabilidad por sobrecalentamiento. Además, se puede tener un buen control de las variables que afectan el tratamiento, lo que no sucede con la intemperización que depende del estado del tiempo. La lixiviación de los inhibidores obtenida con el remojo aumenta con la duración del tratamiento, la temperatura y la renovación del agua (Camacho, 1985).

La información encontrada acerca de la aplicación de tratamientos para estimular la germinación, es consecuente en términos generales con lo anteriormente mencionado, así se puede citar que Montero y Estevez (1983), evaluaron tratamientos pregerminativos en pirú, de los cuales el mejor tratamiento fué en el que se utilizó la escarificación mecánica con --

lija para madera o esmeril y posterior inmersión en soluciones hormonales de Giberelina y Kinetina, las cuales tuvieron un efecto considerable en el estímulo de la germinación para esta especie; el testigo presentó un nivel de 31%, lo que indica que con el uso de tratamientos pregerminativos se aumenta el poder germinativo (Cuadro 1); Nielsen y Muller (1980), probaron seis tratamientos pregerminativos en pirú, de los cuales el mejor fué cuando la semilla se sumergió en Acido Sulfúrico al 10% por 5 minutos (Cuadro 2); Camacho (1985), encontró que remojar las semillas de pirú de 12-24 hrs. en agua permite una germinación rápida y completa, como cuando se escarifican quitándoles el mesocarpio.

Cabe decir que estos autores efectuaron siembras sobre papel filtro, y los resultados indican claramente que se requiere aplicar un tratamiento en siembras realizadas en este sustrato. Camacho (1986), menciona que encontró datos contradictorios acerca de la necesidad de un tratamiento para estimular la germinación de esta planta en siembras efectuadas en el suelo.

Si la situación fuera que la germinación es más difícil en siembras sobre papel dentro de recipientes impermeables que en el suelo, se podría explicar porque éste permite que se lixivien los inhibidores y los absorban sus partículas (Hartman y Kester, 1971; Nikolaeva, 1978).

Sin embargo, el que en algunas ocasiones exista buena germinación en el suelo y en otras no, se podría explicar en términos de la pérdida de inhibidores a través de un gradiente

de concentración, Camacho (1986), demostró la presencia de -- estas sustancias en la cubierta externa de las semillas y que la capacidad germinativa incrementa conforme disminuye la --- densidad de siembra en el suelo.

Como explicación a lo anterior hay que recordar que la - pérdida de inhibidores no se realiza si la concentración de - éstos en el suelo es mayor que en las semillas (Nielsen y Puffler, 1980; Koller, 1972), y es posible que las siembras densas en semilleros que son una práctica generalizada en viveros forestales mexicanos, fácilmente puedan conducir a una rápida saturación del suelo de los almácigos con inhibidores.

CUADRO 1

Comparación de promedios de germinación para la especie Schinus molle L.

T R A T A M I E N T O	GERMINACION (%)	PRUEBA DE DUNCAN
Escarificación con lija/un minuto, inmersión inmediata en Giberelina (50 ppm.) más 50 ppm. de Kinetina-- durante una hora.	64.0	a
Escarificación con lija/un minuto, inmersión inmediata en Giberelina-- durante una hora.	52.0	ab
Escarificación con lija/un minuto, inmersión inmediata en 100 ppm. de AIA durante una hora.	38.0	bc
Testigo	31.0	bcd
Escarificación con lija/un minuto. Inmersión en Acido Sulfúrico al -- 95% durante 40 minutos.	27.0	bcd
Estratificación a la intemperie -- durante 38 días.	18.0	cde
Inmersión en 100 ppm. de AIA durante una hora.	17.0	cde
Inmersión en 50 ppm. de Giberelina, más 50 ppm. de Kinetina/una hora.	16.0	de
Inmersión en 100 ppm. de Giberelina, durante una hora.	11.0	e
Inmersión en agua (18°C)/5 horas	9.3	e
Inmersión en agua (18°C)/3 horas	0.0	f
Inmersión en agua hirviendo (92°C) durante tres minutos.	0.0	f

Fuente: Montero y Estavez (1983). La misma letra agrupa valores iguales de acuerdo con la prueba de Duncan al 5%.

CUADRO 2

Resultados de germinación de
Schinus molle L.

T R A T A M I E N T O	GERMINACION (%)
Incubación por 24 horas.	8
Estratificación en arena por 30 días.	6
Calentamiento a 70°C por una hora.	0
Inmersión en Acido Sulfúrico al 10% por 5 minutos	58
Inmersión en Acido Sulfúrico y remojo en agua con aereación por 12 horas.	47
Extracción del embrión.	47

Fuente: Nielsen y Muller (1980).

CUADRO 3

Germinación de Schinus molle L. con la duración del remojo en agua con aereación.

Duración del tratamiento (horas)	Capacidad germinativa (%)
24	100.00 a
48	93.30 a
72	97.30 a
96	100.00 a
semilla s/remojo.	24.00 b
Sin mesocarpio,- sin remojo.	98.70 a

Fuente: Camacho (1985).

La misma letra agrupa valores iguales de acuerdo con la prueba de Tukey al 95%.

3.7 Alelopatía.

Este término se refiere al fenómeno de que tanto las plantas vivas como las muertas, poseen constituyentes que ya sea directamente o por transformación microbiana en el suelo, son capaces de ejercer un efecto inhibitorio sobre la germinación y crecimiento de otras plantas.

En una amplia gama de estudios se han obtenido evidencias de circunstancias en las que ciertos compuestos liberados del follaje vivo o de la hojarasca son capaces de inhibir germinación de las semillas, el crecimiento de la planta vegetal o ambos. Los estudios difieren ampliamente en la extensión en que puede atribuirse a estos fenómenos un significado ecológico directo. Las mayores dificultades se presentan cuando se hace un intento por determinar si tales defectos se originan por selección natural al adquirir una capacidad alelopática, o son meramente una consecuencia de adaptaciones totalmente diferentes, tales como la producción de compuestos que suministran una defensa contra la depredación o ataque microbiano (Grime, 1982).

Existen en las plantas productos químicos secundarios, algunos de los cuales, al ser liberados al medio ambiente inhiben la germinación o el crecimiento de la planta. Como muchas de estas sustancias no tienen una función conocida dentro de la planta, se puede concluir que su función principal es alelopática. Sin embargo, a menudo se producen compuestos fitotóxicos potenciales como una defensa contra depredadores o microbios patógenos. La necesidad de tener cuidado al atribuir un papel alelopático a estas sustancias ha sido subrayada

por Sieglar y Price (Citados por Grime, 1982), los cuales hacen notar que compuestos secundarios tales como los terpenos, los alcaloides y fenoles, existen a menudo en un estado dinámico dentro de la planta y que no son simplemente productos finales estáticos del metabolismo; se concluye que muchos productos químicos secundarios, potencialmente tóxicos, que están presentes en las plantas, poseen una función metabólica aún desconocida y que no ha evolucionado necesariamente para repeler herbívoros y patógenos, ni para inhibir el crecimiento de plantas competidoras.

Muller, Lorber, Halsey y Johnson (1969), mencionan que los alelopáticos más comunes son los terpenos y fenoles. Ambos tienen un efecto nocivo muy marcado sobre el metabolismo celular, especialmente sobre la respiración y la mitosis. Estas sustancias son excretadas al medio a través de los distintos órganos del vegetal y, al llegar al suelo pueden afectar el crecimiento de otros organismos. Grime (1982), menciona que los inhibidores del crecimiento pueden ser liberados al suelo ya sea por secreción directa o como resultado de la desintegración microbiana de los residuos de las plantas.

El origen de estas sustancias ha sido ampliamente discutido, pero en general existen dos posibilidades:

1. Que sean producto del metabolismo normal del vegetal y al ser excretados al medio ambiente inciden la autointoxicación, si es así, la ventaja que le dan a la planta durante la competencia es secundaria.
2. Que sean el resultado de un mecanismo evolutivo que le permitió a la planta sobrevivir en la lucha con sus competi---

dores, si es así, su elaboración es de primordial importancia para el vegetal.

Dentro de la diversidad de los caminos evolutivos, ambas posibilidades pueden ser válidas y cualquiera que sea su origen, los alelopáticos y su efecto han sido ampliamente estudiados en la naturaleza, aunque queda mucho por investigar sobre su importancia ecológica y evolutiva (Anaya y Gómez, 1971).

Respecto al pirú, Mojé (1966), menciona que sus semillas producen gran cantidad del terpeno felandreno y del alcohol -- terpenoide carvacol. Anaya y Gómez (1971), mencionan que estas sustancias solubles y volátiles, inhibieron principalmente el crecimiento radicular en trigo y pepino. Los inhibidores son almacenados en las hojas y frutos y se liberan al ambiente --- cuando estos caen al suelo.

También las sustancias alelopáticas pueden afectar la germinación de Schinus molle L., a este respecto Nielsen y Fuller (1980) encontraron que algunos componentes del chaparral mediterráneo en el Sur de California liberan inhibidores al suelo, observándose que la germinación de Schinus molle y sobre todo de Schinus terebentifolius es lenta y menor cuando se siembran las semillas en suelo de lugares cubiertos por esta vegetación, que cuando se siembran en suelo tomado de áreas desnudas.

4. MATERIALES Y METODOS

Para la realización de este experimento, se utilizó semilla de pirú procedente del Lote 411 del Laboratorio de Semillas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Coyoacán, D.F. (Cuadro 4). Las semillas empleadas se encontraban almacenadas en refrigeración desde noviembre de 1973, a una temperatura de 3°C y 12% de contenido de humedad; envasadas en latas metálicas.

El experimento se llevó a cabo en dos fases.

CUADRO 4

Procedencia y germinación del lote de semillas de Schinus molle L. empleado en el presente trabajo.

Clave del lote	Localidad	Coordenadas geográficas	Clima, suelo y relieve	Fecha de	Germinación potencial*
411	Lago de Tezcoco, Tezcoco, Edo. de México.	19°36'N 99°00'O	Templado semiárido, llanura, suelo arcilloso y salino.	Nov. 1973	100%

Fuente: Camacho (1985).

* Determinada mediante la prueba de Tetrazolío.

PRIMER EXPERIMENTO

Con el objeto de establecer la densidad de siembra óptima, se efectuaron siembras que incluyen desde la máxima posible -- hasta un 10% de ésta. Para los fines del presente trabajo se definió como una densidad del 100%, a aquella en que se tiene un número de semillas por unidad de superficie tal que, cada semilla está en contacto directo con las semillas que la rodean y estas en conjunto forman una capa continua de una semilla de espesor (Camacho, comunicación personal).

Para realizar las siembras se emplearon botes de hojalata, a los cuales se les pintó el interior de blanco, los botes tenían un peso de 57.2 g., diámetro de 7.33 cm. y una altura de 10 cm., se les llenó con 249.8 g. de tierra hasta dos centímetros abajo del borde superior. Se determinó la máxima cantidad de semillas que puede contener una sola capa en el círculo de 7.33 cm., esta cantidad representó la densidad de 100%, con base en ello se calculó el número de semillas para densidades de siembra del 90% al 10% (Cuadro 5).

CUADRO 5

Número de semillas de pirú
por tratamiento.

Tratamiento No.	Número de Semillas	Densidad (%)
1	295	100
2	266	90
3	236	80
4	207	70
5	177	60
6	148	50
7	118	40
8	89	30
9	59	20
10	30	10

Se sembraron cuatro repeticiones de cada una de estas densidades, el día 18 de julio de 1986, distribuyendo de cada tratamiento y repetición la semilla en forma uniforme en el bote cubriéndola posteriormente con 96.7 g. de arena sílica esterilizada, la cuál formó una capa de aproximadamente 1.5 cm. de altura (Figura 4). No se regaron los tratamientos debido a que el sustrato se encontraba húmedo.

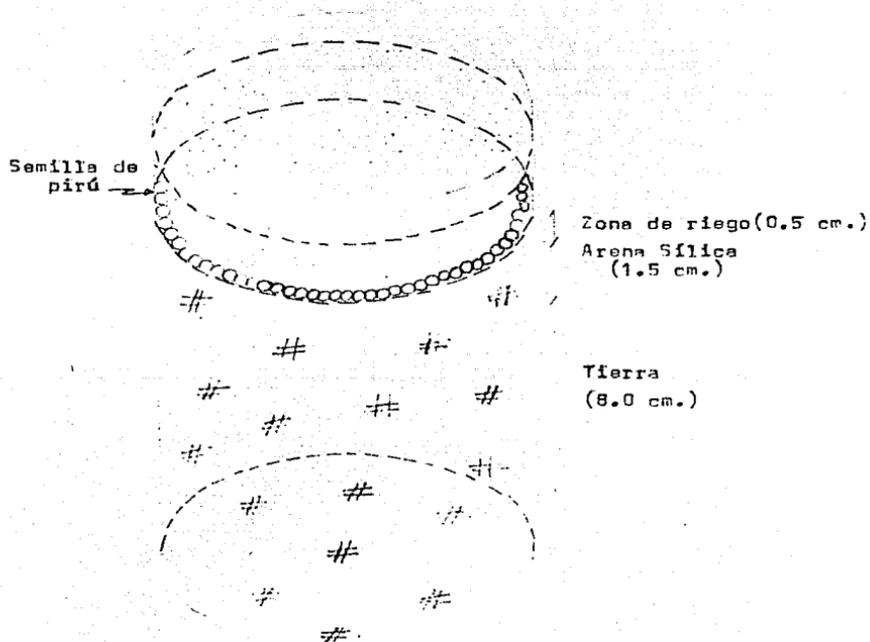


FIGURA 4

Croquis de la distribución de tierra,
arena sílica y semilla de pirú.

Efectuada la siembra, los botes se acomodaron de acuerdo con un diseño completamente aleatorio en dos charolas, que se colocaron tras una ventana del Laboratorio de Semillas del I.N.I.F.A.P.. En uno de los botes se colocó un termómetro con el cuál se tomó temperatura del sustrato, se hicieron algunos riegos de acuerdo a las necesidades de agua del sustrato (Cuadro 6).

CUADRO 6
Calendario de riegos y temperatura del sustrato en pirú (*Schinus molle* L.)

Fecha	Volúmen de agua utilizada (ml)	Temperatura del sustrato (°C)
21/julio/1986	10.0	20.0
23/julio/1986	----	20.0
25/julio/1986	10.0	21.0
29/julio/1986	10.0	22.5
30/julio/1986	----	22.0
1/agosto/1986	10.0	22.5
4/agosto/1986	10.0	22.5
6/agosto/1986	----	23.5
8/agosto/1986	10.0	22.5
13/agosto/1986	----	22.0
15/agosto/1986	10.0	22.0
18/agosto/1986	----	24.0

El experimento duró 31 días, durante los cuáles se efectuaron conteos cada tercer día de las semillas germinadas. Se consideró que la germinación ocurría cuando se presentaba la emergencia y se estiraba el gancho de la plántula.

Con los datos obtenidos, se determinaron como variables de respuesta de acuerdo con Morales y Camacho (1986):

1. Número de plántulas emergidas.

2. Porcentaje de germinación: $\% G = \frac{\# P_1}{n} \times 100$

Donde: # Pl. = Número de plántulas emergidas

D = Densidad de siembra.

3. Días medios a la germinación: $D = \frac{\sum G_i P M_i}{\sum G_i}$, Orchard (1977).

Donde:

G_i = Número de semillas germinadas en el i'ésimo conteo

PMi = Punto medio del período transcurrido entre el i-1'ésimo conteo y el i'ésimo conteo.

4. Valor germinativo de Maguire: $V_g = \sum \frac{G_i}{D_i} \times C$, Maguire (1962).

Donde:

G_i = Número de semillas germinadas en el i'ésimo conteo.

D_i = Días transcurridos desde la siembra al i'ésimo conteo

C = 100/Número de semillas sembradas.

5. Los siguientes índices que combinan el número de semillas - germinadas y la densidad de siembra con el máximo número -- de plantas posible de obtener :

$$5.1 \quad \frac{N}{D} \times \frac{N}{M}$$

$$5.2 \quad \frac{NM}{D}$$

$$5.3 \quad \frac{N/D}{M}$$

Donde:

M = Máxima densidad de semillas posibles de sembrar (295).

D = Densidad de siembra.

N = Número de semillas germinadas.

Los resultados obtenidos en cada variable, se sometieron al análisis de varianza, la suma de cuadrados de tratamientos para número de semillas germinadas y porcentaje de germinación se descompusieron en componentes de regresión polinomial, para

determinar de que grado es la ecuación que mejor se ajusta a los resultados obtenidos. Las ecuaciones ajustadas por regresión polinomial se intersecaron por sustitución, teniendo en cuenta que $\#Pl. = \frac{\%G \times X \times D}{100}$.

Las raíces del polinomio obtenido de esta manera, se calcularon por el Método de Newton de acuerdo con un Programa de Computo (Poole, Borchers y Burke, 1984). Cada densidad de siembra se utilizó como estimación de la raíz.

El porcentaje de germinación, se ajustó a una ecuación -- logística, cuya fórmula es: $Y = \frac{K}{1 + e^{-ax}}$

Donde:

K = Es una constante que indica el punto máximo al que tiende la curva.

a = Es un parámetro de posición, esto es, determina el valor de Y cuando X vale cero.

b = Fija el crecimiento o la forma de la curva. Conforme "b" se hace grande, se alcanza el punto máximo-- con mayor rapidez.

El ajuste de la ecuación logística se realizó de acuerdo con el método presentado por Walker (1979), que consiste básicamente en elegir una "K" que supere a todos los datos observados, para después transformar "Y" en: $w = \ln(K/Y - 1)$; como el ajuste depende de la "K" elegida se realizaron los cálculos, para 90, 95 y 100.

Se calculó el punto de inflexión, de acuerdo con el método propuesto por Zepeda (1986): $t^* = \frac{1}{\beta} \ln[(e^{\beta} + 1) - 1]$.

Donde:

$$a = \ln \left(\frac{wf}{wo} - \frac{wo}{\beta} \right)$$

wf = Porcentaje de germinación final

wo = Porcentaje de germinación inicial

β = El tamaño está dado por "K" y wf .

SEGUNDO EXPERIMENTO

Con el fin de comprobar si la disminución del porcentaje de germinación se debía a la saturación del suelo con inhibidores, o a la competencia por agua y oxígeno entre las semillas cuando se efectúan altas densidades de siembra, se evaluaron los siguientes tratamientos:

1. Semillas sin remojo a densidades del 100%, 80%, 60%, 40% y 20%.
2. Semillas remojadas 24 horas y posteriormente secadas 24 horas, con densidades del 100% y 80%.
3. Semillas remojadas 24 horas y sembradas inmediatamente, con densidad del 100%. El remojo se inició cuando se sembraron el resto de los tratamientos.

Se hicieron cuatro repeticiones de cada tratamiento, en el remojo se utilizó un litro de agua a 21°C por unidad experimental.

Debido a que en las siembras se emplearon botes de hojalata con un diámetro de 6.52 cm., el número de semillas requerido para las densidades de siembra, fué menor que en el primer experimento, la densidad del 100% se determinó directamente y no por proporciones (Cuadro 7).

A los recipientes empleados se les pintó el interior de -

blanco. El peso de ellos fué de 65 g. y su altura de 12.18 cm.

Cada bote se llenó hasta una altura de aproximadamente -- 10 cm. con 200 gr de tierra. Se sembró el día 9 de noviembre - de 1986, distribuyendo la semilla en forma uniforme, se cubrió la semilla con una capa de arena sílica esterilizada de aproximadamente 1.3 cm. ; los tratamientos se regaron con 6.5 ml. de agua y los riegos posteriores se hicieron según las necesidades de las unidades experimentales (Cuadro 8).

CUADRO 7

Tratamientos realizados en pirú (Schinus molle L.) de acuerdo a las densidades de siembra.

Densidad (%)	Número de semillas	Tratamiento realizado
100	264	sin remojo
80	211	sin remojo
60	158	sin remojo
40	106	sin remojo
20	53	sin remojo
100	264	Remojadas 24 Hrs. y secadas 24Hrs.
80	211	Remojadas 24 Hrs. y secadas 24Hrs.
100	264	Remojadas 24 Hrs. y sembradas inmediatamente.

CUADRO 8

Calendario de riegos y temperatura del sustrato en pirú (Schinus molle L.).

Fecha	Volumen de agua utilizada (ml)	Temperatura del sustrato (°C)
9/noviembre/1986	6.5	23.0
12/noviembre/1986	6.5	19.0
14/noviembre/1986	6.5	18.5
16/noviembre/1986	6.5	18.0
19/noviembre/1986	6.5	18.0
21/noviembre/1986	6.5	18.0
23/noviembre/1986	6.5	18.0
27/noviembre/1986	6.5	19.0
29/noviembre/1986	6.5	18.0
30/noviembre/1986	6.5	19.0
3/diciembre/1986	6.5	19.0
7/diciembre/1986	6.5	16.0

Una vez realizada la siembra, los botes se distribuyeron en una charola tras una ventana del Laboratorio de Semillas - del I.N.I.F.A.P., de acuerdo con un diseño en bloques al azar.

El experimento duro 31 días, durante los cuales se efectuaron conteos cada tercer día de las semillas germinadas, con los datos obtenidos se calculó el porcentaje de germinación y el número de semillas germinadas.

Los resultados obtenidos se sometieron al análisis de --- varianza y prueba de Tukey.

5. RESULTADOS

PRIMER EXPERIMENTO

De acuerdo con los resultados contenidos en el Cuadro 9 y la Gráfica No. 3 de Número de Semillas Germinadas, se tiene que el número de semillas germinadas incrementa conforme aumenta la densidad de siembra, el cuál al llegar a un óptimo - empieza a disminuir. Los valores más elevados de número de semillas germinadas se encontraron alrededor de 75, los cuales se obtuvieron con densidades de siembra del 70%, 50% y 40%, únicamente las diferencias de lo obtenido con estos tratamientos respecto a lo alcanzado con la densidad de siembra del 10% fueron significativas (Cuadro 9).

El Análisis de Varianza de Número de Semillas Germinadas, indicó que los polinomios de segundo y tercer grado son significativos, aunque también lo son sus desviaciones (Cuadro 10), para elegir la ecuación de más ajuste se consideró la mayor - reducción del error de estimación, lo que condujo a una parábola cúbica (Cuadro 11).

CUADRO 9

Efecto de la densidad de siembra sobre
la germinación de Schinus molle L.

Treatment No.	Density (%)	No. Seeds Germinated
1	100	42.25 ab
2	90	41.25 ab
3	80	38.50 ab
4	70	77.00 a
5	60	41.25 ab
6	50	78.25 a
7	40	71.00 a
8	30	63.25 ab
9	20	49.50 ab
10	10	25.50 b

La misma letra una valores que no difieren significativamente de acuerdo con la Prueba de Tukey con $\alpha=0.05$.

CUADRO 10
Análisis de Varianza para Número
de Semillas Germinadas

Causas de Variación.	Grados de Libertad	S.C.	C.M.	F _c	F ₀₅	F ₀₁
Tantos.	9	12050.225	1338.914	4.825**	2.21	3.07
Recta	1	30.001	30.001	0.108NS	4.17	7.56
Desviación	8	12020.224	1502.528	5.415**	2.27	3.17
Parábola	1	5753.881	5753.881	20.735**	4.17	7.56
Desviación	7	6266.744	895.192	3.226*	2.33	3.30
Cúbica	1	1760.476	1760.476	6.344*	4.17	7.56
Desviación	6	4505.868	750.978	2.706*	2.42	3.47
Cuártica	1	10.892	10.892	0.039NS	4.17	7.56
Desviación	5	4494.975	898.995	3.240*	2.53	3.70
Error	30	8324.750	277.492			
Total	39	20374.975				

Los valores para la distribución de "F", se tomaron de la tabla 4-3 de Reyes (1981).

CUADRO 11
Ajuste de regresión polinomial para Número
de Semillas Germinadas en pirú.

Grado de la Ecuación	Ecuación	Coefficiente de Determinación.	Error de Estimación.
1	$y = 54.413 - 0.010X$	0.0024	19.382
2	$y = 17.878 + 0.607X - 0.002X^2$	0.479	14.975
3	$y = -14.899 + 1.588X - 0.009X^2 + 1.5 \cdot 10^{-5}X^3$	0.624	13.745
4	$y = -11.048 - 1.421X - 0.007X^2 - 5.3 \cdot 10^{-6}X^3 - 1.5 \cdot 10^{-8}X^4$	0.624	15.044

Conforme se aumento la densidad de siembra disminuyó el porcentaje de germinación, es decir, a bajas densidades de siembra se alcanzaron los mayores porcentajes de germinación; más del 80%. A partir de la siembra de 236 semillas dichos porcentajes de germinación se redujeron a menos del 20%, la diferencia de los resultados obtenidos al sembrar 30 y 59 semillas con respecto a los alcanzados por el resto de las densidades -- excepto el 30% fue significativa, lo mismo que la de las existentes entre las medias de las densidades del 30% al 50% y las medias del 80% al 100% (Cuadro 12).

El Análisis de Varianza de los componentes de regresión -- del Porcentaje de Germinación, indicó que las ecuaciones que mejor se ajustaron a los resultados, fueron las de primer y tercer grado pues fueron significativas, debido a que también lo fueron las desviaciones, el polinomio de más ajuste se determino de la misma forma que para el número de semillas germinadas, con lo cual se decidió emplear una parábola cúbica (Cuadros 13 y 14).

CUADRO 12
Efecto de la densidad de siembra sobre
la germinación de *Schinus molla* L.

Treatmento No.	Densidad (%)	Porcentaje de Germinación
1	100	14.32 d
2	90	15.51 d
3	80	16.31 d
4	70	37.20 cd
5	60	23.30 d
6	50	52.87 bc
7	40	60.16 bc
8	30	71.07 ab
9	20	83.90 a
10	10	85.00 a

La misma letra une valores que no difieren significativamente de acuerdo con la Prueba de Tukey -- con $\alpha = 0.05$.

CUADRO 13
Análisis de Varianza para
Porcentaje de Germinación.

Causas de Variación	Grados de Libertad	S.C.	C.M.	F _c	F ₀₅	F ₀₁
Tmtos.	9	28964.760	3218.307	34.883**	2.21	3.07
Recta	1	26806.555	26806.555	290.558**	4.17	7.56
Desviación	8	2158.205	269.776	2.924*	2.27	3.17
Parábola	1	370.510	370.510	4.016NS	4.17	7.56
Desviación	7	1787.695	255.385	2.768*	2.33	3.30
Cúbica	1	440.459	440.459	4.774*	4.17	7.56
Desviación	6	1347.237	224.539	2.434*	2.42	3.47
Cuártica	1	68.631	68.631	0.744NS	4.17	7.56
Desviación	5	1278.606	255.721	2.772*	2.53	3.70
Error	30	2767.770	92.259			
Total	39	31732.531				

Los valores para la distribución de "F" se tomaron de la tabla A-3 de Reyes (1981).

CUADRO 14

Ajuste de regresión polinomial para
Porcentaje de Germinación en pirú.

Grado de la Ecuación	Ecuación	Coefficiente de Determinación.	Error de Estimación.
1	$y = 95.628 - 0.306X$	0.925	8.234
2	$y = 104.947 - 0.463X + 4.8 e^{-04X^2}$	0.938	8.009
3	$y = 88.684 + 0.023X - 0.003X^2 + 7.3 e^{-06X^3}$	0.953	7.546
4	$y = 77.228 + 0.517X - 0.009X^2 + 3.5 e^{-05X^3} - 4.4 e^{-08X^4}$	0.955	8.053

El mayor ajuste de la ecuación logística a los porcentajes de germinación, se logró con $K = 100$ (Cuadro 15).

CUADRO 15

Ajuste de los porcentajes de germinación a la ecuación logística $(\frac{K}{1 + e^{-a-bx}}) = \% G,$ con diferentes valores de "K".

K	a	b	Error de Estimación.	Coefficiente de Determinación.
90	-2.8014	0.0168	0.7904	0.8057
95	-2.5585	0.0160	0.4075	0.9328
100	-2.1993	0.0148	0.3693	0.9349

Para determinar la calidad del ajuste, los datos de todos los tratamientos y repeticiones se transformaron de acuerdo a la fórmula $W = \ln(\frac{100}{Y-1}) + 10$. Donde Y es el porcentaje de germinación. Se encontró que todas las ecuaciones son significativas, lo mismo que las desviaciones de acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 16). El "10" se sumo para eliminar datos negativos.

CUADRO 16

Análisis de Varianza de la calidad del ajuste de Porcentaje de Germinación.

Causas de Variación.	Grados de Libertad	S.C.	C.M.	F _c	F ₀₅	F ₀₁
Tmtos.	9	76.651	8.517	22.108**	2.21	3.07
Recta	1	27.460	27.460	71.325**	4.17	7.56
Desviación	8	49.190	6.149	15.971**	2.27	3.17
Parábola	1	9.758	9.758	25.351**	4.17	7.56
Desviación	7	39.430	5.633	14.631**	2.33	3.30
Cúbica	1	19.512	19.512	50.675**	4.17	7.56
Desviación	6	19.92	3.32	8.623**	2.42	3.47
Cuártica	1	1.774	1.774	4.601*	4.17	7.56
Desviación	5	18.147	3.629	9.427**	2.53	3.70
Error	30	11.357	0.385			
Total	39	88.208				

Los valores para la distribución de "F" se tomaron de la Tabla A-3 de Reyes (1981),

Al hacer la intersección de las dos ecuaciones de tercer grado (Cuadro 17), el cuál se determinó sustituyendo las raíces en las ecuaciones originales, que el tratamiento que nos proporciona el mayor número de semillas germinadas, así como, el mayor porcentaje de germinación es sembrar 102.3989 semillas en un círculo de 7.33 cm de diámetro (Cuadro 18).

CUADRO 17

Después de intersección de las ecuaciones para Número de Semillas Germinadas y Porcentaje de Germinación en pirú (Schinus molle L.).

$$\# P1. = \frac{\% G \times D}{100}$$

$$\% G = \frac{\# P1. \times 100}{D}$$

$$\% G = \frac{88.68D + 0.023D^2 - 0.00308D^3 + 0.00000731D^4}{D} \dots\dots\dots 1$$

$$\# P1. = -14.89 + 1.58D - 0.0091D^2 + 0.000014D^3 \dots\dots\dots 2$$

Despejando en 1 # P1.:

$$\# P1. = \frac{u \times D}{100} -$$

$$\# P1. = \frac{88.68 \times D}{100} + \frac{0.023 \times D^2}{100} - \frac{0.00308 \times D^3}{100} + \frac{0.00000731 \times D^4}{100}$$

$$\# P1. = 0.8868D + 0.00023D^2 - 0.0000308D^3 + 0.000000731D^4 \dots 3$$

Iguando 3 a 2 :

$$0.8868D + 0.00023D^2 - 0.0000308D^3 + 0.000000731D^4 =$$

$$-14.89 + 1.58D - 0.0091D^2 + 0.000014D^3$$

$$14.89 + (0.8868 - 1.58)D + (0.00023 + 0.0091)D^2 + (0.0000308 + 0.000014)D^3 + 0.000000731D^4 = 0$$

$$14.89 - 0.70D + 0.00933D^2 - 0.0000448D^3 + 0.000000731D^4 = 0$$

CUADRO 18

Resultados obtenidos sustituyendo las raíces en las ecuaciones originales.

Raíz	Número de Semillas	Porcentaje de Germinación
284.3744	40.79	14.34
201.2283	56.76	28.21
34.7708	29.93	86.07
102.3989	68.21	66.61

Respecto a la velocidad de germinación, el Valor Germinativo de Maguire, el cuál es una medida de la calidad de esta. Es alto cuando se utilizan bajas densidades de siembra (10%), lo cual indica una germinación rápida y completa; en anoyo se puede decir que, los días medios a la germinación y días medios más desviación típica del tiempo de germinación más altos, se obtienen con las mayores densidades de siembra, lo que indica que la germinación es lenta. En estas variables la diferencia de los resultados obtenidos con altas densidades es significativa respecto a lo obtenido en bajas densidades (Cuadro 19).

CUADRO 19

Efecto de la densidad de siembra sobre la germinación de Schinus molle L.

Tratamiento No.	Densidad (%)	Valor Germinativo de Maguire.	Días Medios	D.M.D.
1	100	0.575f	25.15a	29.92a
2	90	0.593f	25.91a	29.94a
3	80	0.618f	26.57a	30.08a
4	70	1.585ef	27.97ab	28.84a
5	60	0.915f	25.53a	30.00a
6	50	2.263de	23.18abc	28.25ab
7	40	2.885cd	21.16bcd	26.63 abc
8	30	3.550bc	20.08cde	25.21bc
9	20	4.693ab	17.92de	23.24c
10	10	5.868a	17.09e	23.17c

D.M.D. - Días Medios más Desviación Típica del tiempo de Germinación.

En lo referente a los índices en cuyo numerador se tiene al número de semillas germinadas a la primera potencia, se encontró que en general aumentan conforme decrece la densidad de siembra. De acuerdo con el Cuadro 20, en los dos últimos índices el valor más elevado se obtiene con densidades de siembra del 10%; En el primer índice, el cual se denominó índice cuadrado se obtuvo que aumenta conforme se disminuye la densidad de siembra hasta una densidad del 30%, y después se presenta una disminución en los valores obtenidos (Cuadro 20).

CUADRO 20
Evaluación de tres índices para determinar la densidad óptima de siembra en pirú.

Tratamiento	N/M X N/D	N ² /D	(N/D)/M
1	2.193	42.25	48.550
2	2.551	45.784	52.568
3	2.836	48.125	55.298
4	10.424	109.733	126.095
5	4.000	68.749	79.000
6	14.324	155.970	179.228
7	14.862	177.500	203.963
8	15.470	209.650	240.908
9	14.139	247.500	284.398
10	7.486	250.753	288.138

Donde:

M = Máxima densidad de siembra
N = Número de semillas germinadas
D = Densidad de siembra

En el análisis de varianza del Índice Cuadrado, se obtuvo que la ecuación de tercer grado (cúbica) es la que mejor se ajusta, ya que la ecuación es altamente significativa y su desviación no es significativa, así mismo, al realizar el ajuste del índice cuadrado el error de estimación más bajo se obtuvo en la ecuación de tercer grado (Cuadros 21 y 22).

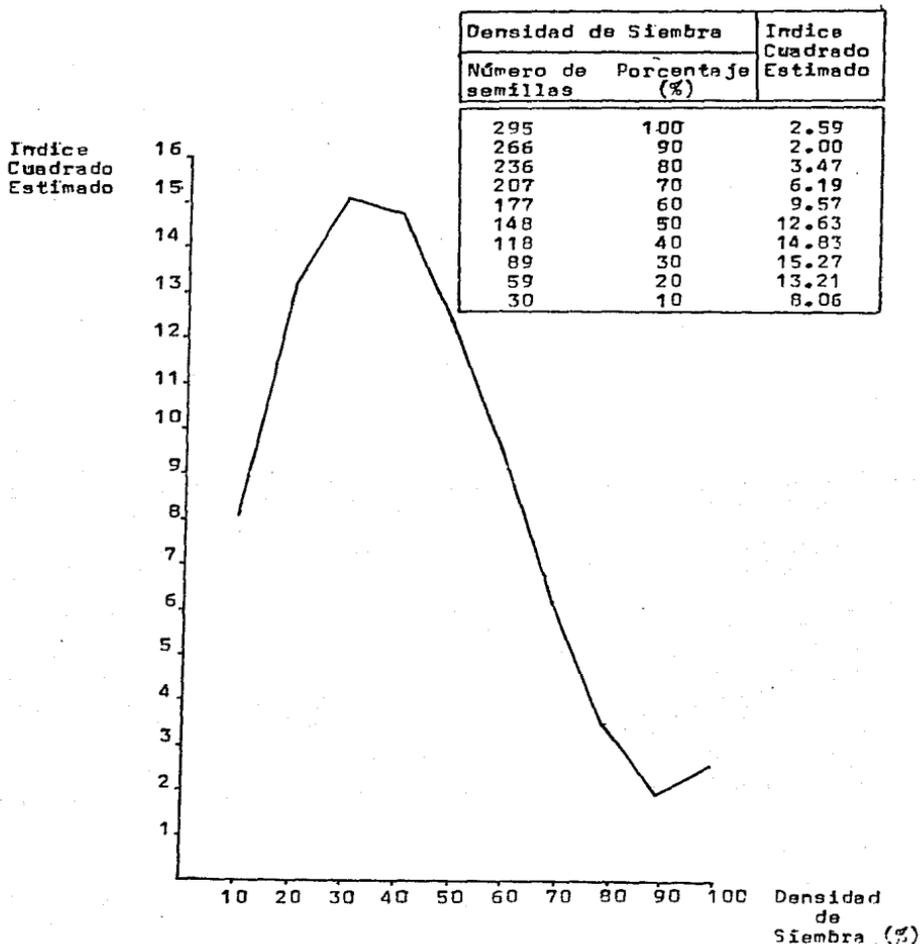
CUADRO 21
Análisis de Varianza del
Índice Cuadrado.

Causas de Variación.	Grados de Libertad	S.O.	C.M.	F _c	F ₀₅	F ₀₁
Tantos.	9	1144.597	127.177	8.049**	2.21	3.07
Recta	1	559.511	559.511	35.412**	4.17	7.56
Desviación	8	585.086	73.136	4.628**	2.27	3.17
Parábola	1	177.268	177.268	11.219**	4.17	7.56
Desviación	7	407.818	58.260	3.687**	2.33	3.30
Cúbica	1	195.119	195.119	12.349**	4.17	7.56
Desviación	6	212.699	35.450	2.244NS	2.42	3.47
Cuártica	1	13.958	13.958	0.883NS	4.17	7.56
Desviación	5	198.741	39.748	2.516NS	2.53	3.70
Error	30	473.996	15.800			
Total	39	1618.593				

Los valores para la distribución de "F" se tomaron de la Tabla A-3 de Reyes (1981).

CUADRO 22
Ajuste del Índice Cuadrado
en pirú.

Grado de la Ecuación	Ecuación	Coefficiente de Determinación	Error de Estimación
1	$y = 15.993 - 0.044X$	0.488	4.278
2	$y = 9.587 + 0.064X - 0.0003X^2$	0.643	3.822
3	$y = -1.323 + 0.39X - 0.0027X^2 + 4.9 e^{-06X^3}$	0.812	2.998
4	$y = -6.585 + 0.617X - 0.0055X^2 + 1.7 e^{-05X^3} - 1.9 e^{-08X^4}$	0.908	3.171



Gráfica 1. Gráfica de la ecuación de mejor ajuste para el Índice Cuadrado.

La ecuación obtenida es una parábola cúbica de la forma:--

$$F(X) = y = a + bx + cx^2 + dx^3$$

Cuya derivada es:

$$F'(X) = y' = 1b + 2cx + 3dx^2$$

Igualando la ecuación a cero para el polinomio ajustado a los datos del índice cuadrado, se tiene que $r_1=97.0897$ y $r_2=273.1748$ satisfacen la ecuación; la primera solución es un máximo relativa y la segunda es un mínimo de acuerdo con la gráfica 1.

SEGUNDO EXPERIMENTO

El comportamiento del porcentaje de germinación respecto al incremento de la densidad de siembra, fue el mismo que en el experimento anterior, aunque los porcentajes de germinación fueron menores. Cuando se remojaron las semillas se obtuvo una germinación elevada en densidades de siembra de 80% y 100%, la siembra de semillas embebidas no aumentó considerablemente la germinación en comparación de las semillas remojadas 24 horas y secadas 24 horas, con las menores densidades de siembra (20%, 40% y 60%) se obtuvo una germinación alta y aún superior a los resultados obtenidos en los tratamientos en que se empleó el remojo, aunque la diferencia no fue significativa.

Respecto al número de plántulas emergidas, los mejores resultados se lograron al remojar las semillas, pues se obtuvo un promedio de más de 90 plántulas por unidad experimental. (Cuadro 23).

CUADRO 23

Efecto de la densidad de siembra y el remojo sobre la emergencia de Schinus molle L.

Número de Semillas	Densidad de Siembra (%)	Tratamiento Empleado	V a r i e b l e s	
			Número de Plántulas Emergidas	Porcentaje de Germinación
53	20	-----	27.75 e	52.36 a
106	40	-----	64.75 cde	61.08 a
158	60	-----	84.00 bcd	53.16 a
211	80	-----	40.00 e	18.96 b
211	80	R.S.	96.00 abc	45.50 a
264	100	-----	49.50 de	18.75 b
264	100	R.S.	106.75 ab	40.44 ab
264	100	R.I.	133.75 a	50.66 a

La misma letra agrupa promedios que no difieren significativamente de acuerdo con la Prueba de Tukey al 95% de confianza.

R.S. - Un día de remojo y otro de secado.

R.I. - Un día de remojo y siembra inmediata.

6. DISCUSSION

PRIMER EXPERIMENTO

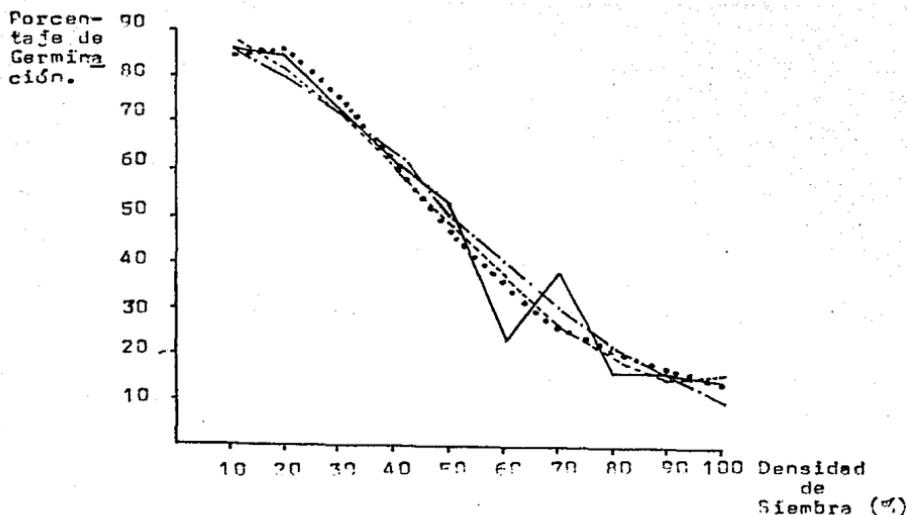
Para determinar la densidad óptima de siembra, el problema puede enfocarse mediante un índice que considere tanto el número de semillas germinadas como el porcentaje de germinación, aparentemente el producto de este por el porcentaje de germinación con relación a la máxima densidad dá buenos resultados, una forma de evaluarlo es considerando un modelo teórico (no empírico) que explique el efecto del incremento de la densidad.

Una hipótesis realista es que en el porcentaje de germinación al incrementar la densidad de siembra se sigue una curva sigmoide, ya que hay dos intervalos en que la densidad de siembra prácticamente no tiene efecto en la germinación; el primero de estos está en las densidades tan bajas que permiten que se manifieste la máxima capacidad germinativa, el segundo se ubica en las densidades de siembra que son tan altas que suprimen la germinación. Entre ambos intervalos los cambios de las densidades de siembra tienen poco efecto sobre la germinación.

En la gráfica 2, se puede observar que el comportamiento de los datos tienden a una curva sigmoide de pendientes negativas, lo cuál sirve de sustento a la hipótesis planteada; en este tipo de curvas, el punto en que el incremento de las densidades de siembra tienen el mayor efecto detrimental sobre la germinación es el punto de inflexión.

En lo que respecta al número de semillas germinadas, aunque el efecto del incremento de la densidad de siembra sobre el porcentaje de germinación fuere negativo siempre, el ---

Densidad de Siembra	Número de Semillas	Porcentaje de Germinación	Ecuación Logística $K / (1 + e^{-a-bx})$	Ecuación Polinomial ($y = .bx$)	Ecuación Polinomial ($y = a+bx$)
100	295	14.320	10.33	15.19	13.95
90	266	15.510	15.03	14.53	15.77
80	236	16.315	21.61	18.71	20.11
70	207	37.200	29.73	26.36	26.64
60	177	23.303	39.73	36.84	35.70
50	148	52.873	50.30	48.35	46.50
40	118	60.168	61.19	60.54	59.43
30	89	71.068	70.76	71.50	72.81
20	59	83.903	79.04	80.83	85.02
10	30	85.003	85.27	86.80	83.13



Gráfica 2. Porcentaje de germinación de semillas de *Schinus molle* L. con respecto a la densidad de siembra.

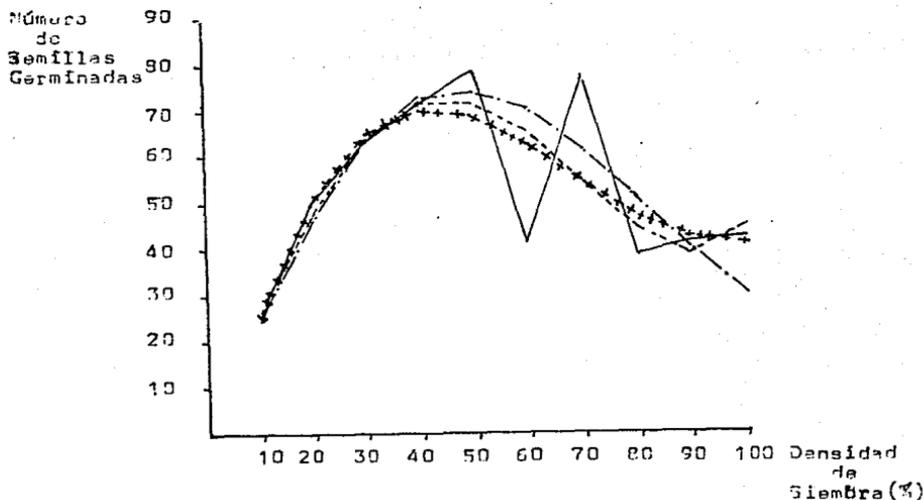
comportamiento sigmoide de este permitiría que en densidades bajas al aumentar la cantidad de semillas sembradas, se incrementa el número de plántulas emergidas, por lo reducido de la pérdida del porcentaje de germinación.

Al continuar el incremento se llegará primero a una densidad de compensación en el que el balance entre la reducción del porcentaje de germinación y el número de semillas susceptibles de germinar no permite el aumento en el número de semillas emergidas. Incrementos adicionales en la densidad de siembra reducirán este número; por lo tanto, el comportamiento del número de plántulas emergidas describe una campana respecto a la densidad de siembra. El máximo de esta representa el punto de compensación entre la depresión del porcentaje de germinación y el número de semillas que pueden emerger, alrededor de este máximo la densidad de siembra tiene poco efecto sobre el número de plántulas emergidas, los mayores efectos de esta se tienen en los extremos de la curva (Gráfica 3).

Dos puntos importantes de acuerdo con la discusión anterior son: el de inflexión en la sigmoide y el máximo en la campana, cabe mencionar que estos puntos no necesariamente deben coincidir.

Por otra parte, es evidente que en una densidad de siembra óptima no debe encontrarse después del máximo de la campana, pues con una densidad de siembra más baja se puede obtener el mismo número de plántulas emergidas, lo mismo sucede después del punto de inflexión, porque se ha pasado el intervalo en que más se deprime el porcentaje de germinación.

Densidad de Siembra	Número de Semillas	Número de Semillas Germinadas	Ecuación Logística $K/1+e^{a-b}$	Ecuación Polinomial ($y = bx$)	Ecuación Polinomial ($y = a+bx$)
100	295	42.25	30.48	44.81	41.16
90	266	41.25	39.98	38.65	41.95
80	236	38.50	50.99	44.16	47.47
70	207	77.00	61.54	54.56	55.15
60	177	41.25	70.32	65.20	63.19
50	148	79.25	74.43	71.56	68.82
40	118	71.00	72.20	71.44	70.13
30	99	63.25	62.97	63.64	64.80
20	59	49.50	46.62	47.59	50.16
10	30	25.50	25.57	26.04	24.94



Gráfica 3. Número de semillas germinadas de Schinus molle L. con respecto a la densidad de siembra.

Una ecuación que da una curva sigmoide es la logística; empleando los datos de porcentaje obtenidos, se tiene el mejor ajuste utilizando como máximo a 100, lo cual es importante -- tanto teórica como prácticamente, porque es el máximo porcentaje de germinación obtenido en laboratorio al hacer pruebas de viabilidad. El punto de inflexión de la ecuación logística ajustada se encuentre alrededor de 148.81 semillas y el máximo de la campana en 133.23 partiendo de la ecuación ajustada para el número de semillas y 126.0 partiendo de la ecuación del porcentaje. La solución obtenida tanto por intersección de polinomios (102.40) como por el máximo calculado para el índice cuadrado (97.09), se encuentran antes del punto de inflexión y antes del máximo de la campana, por lo que constituyen soluciones adecuadas para determinar la densidad de siembra óptima. Aunque son numéricamente cercanas, cabe discutir cuál es la mejor de las dos.

Cuando se realizó la intersección de polinomios para número de semillas y porcentaje de germinación, se observó que aún cuando se utilizaron las mismas densidades de siembra y - que este último es función del primero, el coeficiente de determinación es más elevado en porcentaje de germinación. A partir del polinomio ajustado para porcentaje de germinación, se puede obtener un polinomio cuyo resultado es el número de semillas germinadas:
$$N = \frac{a'}{100}x + \frac{b'}{100}x^2 + \frac{c'}{100}x^3 + \frac{d'}{100}x^4.$$

Por lo tanto, se tienen dos polinomios que estiman la misma variable, uno con mayor ajuste que el otro. Cabe preguntarse a que se debe la diferencia; la ecuación ajustada por polinomios ortogonales para número de semillas tiene la forma:

$$N = a + bx + cx^2 + dx^3 \dots\dots\dots 1$$

y la obtenida a partir del porcentaje de germinación, tiene la forma:

$$N = \frac{a'}{100}X + \frac{b'}{100}X^2 + \frac{c'}{100}X^3 + \frac{d'}{100}X^4 \dots\dots 2$$

La diferencia más importante aparte del grado de la ecuación, - es que esta última no tiene término independiente, siendo de la forma $y = bx$, lo cuál indica que parte del origen a diferenciada de la otra ecuación la cual no parte del origen, siendo por lo tanto de la forma $y = a + bx$, a ello se debe un mayor ajuste en la primera, además de que se trata de una situación lógica ya-- que, cuando no se siembra ninguna semilla no hay que esperar-- germinación.

La solución obtenida a partir de la intersección de polin-- omios, no resulta adecuada para determinar la mejor densidad - de siembra, porque al sustituir la misma densidad (X) en la -- ecuación 1 y 2 generalmente se obtendrá diferentes resultados - y no es posible intersecar la ecuación dos con la ecuación del porcentaje de germinación porque se anulan, por lo tanto, la 2-- mejor solución es la proporcionada por el índice cuadrado.

Finalmente, cabe mencionar que respecto a los porcentajes- de germinación (Grafica 2), la ecuación polinomial que no pasa por el origen, marca un incremento en el porcentaje de germi-- nación con una densidad de siembra del 20% (59 semillas). Esto en la realidad no puede ser posible, ya que, no es lógico que-- conforme se aumente la densidad de siembra se obtenga un mayor porcentaje de germinación. Respecto a la ecuación polinomial--

que pasa por el origen y la logística con $K = 100$, estas se asemejan bastante, además de que nos indican un decremento en el porcentaje de germinación conforme se aumenta la densidad de siembra, lo cual es cierto en la realidad. En la gráfica de número de semillas germinadas, se observa que tanto la ecuación polinomial que pasa por el origen, como la polinomial que no pasa por el origen alcanzan un máximo para posteriormente descender hasta alcanzar un mínimo. Una vez alcanzado este mínimo, la curva empieza a tener una forma ascendente, lo cual no sería factible que con altas densidades de siembra se obtenga un mayor número de semillas germinadas. La ecuación más plausible es por lo tanto la logística, ya que, esta nos proporciona un punto máximo del número de semillas germinadas para posteriormente disminuirse conforme aumenta la densidad de siembra.

Los polinomios y las ecuaciones logísticas tuvieron desviaciones significativas, esto no sucedió con el índice cuadrado, lo cual es otro punto a su favor.

SEGUNDO EXPERIMENTO

De los resultados obtenidos en este experimento se concluye que la inhibición de la germinación en semillas de pirú, no depende de la competencia por agua y oxígeno entre las semillas, sino de la concentración de inhibidores contenidos en las semillas y lixiviados en el suelo. Pues no hubo un estímulo adicional de la germinación al sembrar las semillas renojadas-embebidas. Con el remojo se alcanzaron porcentajes de germinación tan altos como los que se tuvieron con bajas densidades, sin importar que las semillas estuvieran secas o embebidas.

7. CONCLUSIONES

1. Conforme se aumenta la densidad de siembra, baja el porcentaje de germinación.
2. Con bajas y elevadas densidades de siembra, se obtiene un bajo número de plántulas.
3. La disminución del porcentaje de germinación y número de plántulas emergidas no se debe a la competencia por agua y oxígeno entre las semillas, sino a la concentración de inhibidores contenidos en las semillas y lixiviados en el suelo, que se tiene al incrementar la densidad de siembra.
4. Un Valor Germinativo de Maguire elevado nos proporciona -- una germinación más rápida y completa, pero éste se obtiene con bajas densidades de siembra, lo cuál no sería redituable en la producción de plantas por medio de semillas.
5. El mayor número de plántulas con el menor sacrificio del porcentaje de germinación se obtiene con 118 semillas.
6. El mejor índice para evaluar la densidad de siembra es el producto del porcentaje de germinación con respecto al número de semillas sembradas por el porcentaje de germinación con respecto al número máximo de semillas posibles de sembrar.

BIBLIOGRAFIA

- AMAYA, A.L. y GOMEZ, P.A. 1971. Inhibición del crecimiento -- producido por el pirú. Revista de la sociedad Mexicana-- de Historia Natural, 32: 99-109 pp.
- CAMACHO, M.F. 1985. Identificación del mecanismo que inhibe-- la germinación en Schinus molle L. y forma de eliminarlo. Ciencia Forestal. 10(55): 35-49 pp.
- CAMACHO, M.F. 1986. Inhibición germinativa en siembras densas de Schinus molle L. en semillero. Resumen del XI Congreso Nacional de Fitogenética, México, 253 pp.
- CAMACHO, M.F. y ROSALES, M.P. 1986. Avances de propagación de plantas que pueden colonizar suelos tepetatosos en Nau-- caipan, Estado de México. Primer Simposio Nacional sobre Uso y Manejo de Tepetates para el Desarrollo Rural, Tlaxcala, Tlax. 18 pp.
- CAMACHO, M.F. y COLIMAS, L. M. T. En prensa. Dormición química de semillas; aspectos generales y tratamientos para - eliminarla. Revista Chapingo.
- COPELAND, H.F. 1959. The reproductive structures of Schinus molle L. Madroño. 15:14-25 pp.
- GRIME, P.J. 1982. Estrategias de adaptación de las plantas y - procesos que controlan la vegetación. Trad. García Ferrer. Editorial LIMUSA, 1a. edición, México. 190-205 pp.
- HARTMAN, H.T. y KESTER, D.E. 1971. Propagación de plantas: -- principios y prácticas. Trad. Marino, A. México. CECSA.- 809 pp.
- KOLLER, D. 1972. Environmental control of seed germination.-- En Kozlowski, T.T. (Ed). Seed Biology Academic Press, -- U.S.A. Vol. II ; 2-101 pp.

- MARTINEZ, M. 1969. Las Plantas medicinales de México, Ediciones Botas-México. 3a. edición, México. 261-265 pp.
- MARTINEZ, M. 1979. Catalogo de nombres vulgares y científicos de plantas medicinales. F.C.E. México. 738 pp.
- MAGUIRE, J.I. 1962. Speed of germination-Aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor, Crop Science. 2: 176-177 pp.
- MOJE, W. 1966. Organic soil toxins. En: H.O. Chapman (Ed). Diagnostic criteria for plants and soils. Univ. of Agric. Sc. 5 pp.
- MONTERO, N.C. y ESTEVEZ, M.J. 1983. Respuestas de las semillas de diez especies forestales a diferentes tratamientos pregerminativos. Investigación Forestal No. 14. Colombia. 18 pp.
- MORALES, V.G. y CAMACHO, M.F. 1986. Formato y recomendaciones para evaluar germinación. Memorias de la 3a. Reunión Nacional de Plantaciones. I.N.I.F., México. (en prensa).
- MULLER, W.H. LORBER, P., HALEY, B. y JOHNSON, K. 1969. Volatile growth inhibitor produced by Salvia leucophylla: effect on oxygen up take by mitochondria suspensions. Bull. Torr. Bot. Club. 95(5): 332-351 pp.
- 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. Bulletin of the Torrey Botanical Club. 107(1): 51-56 pp.
- NIKOLAEVA, M.G. 1978. Physiology of deep dormancy in seeds. Trad. Shapiro, Z. IPST prees. Israel. 220 pp.

- ORCHARD, T.J. 1977. Estimating of plant seedling emergence.--
Seed. Science and Technology. 5(1): 61-69 pp.
- PORRODI, R. 1980. Segunda Reunión Nacional de Plantaciones --
Forestales. I.N.I.F.-S.A.R.H. Tuxtla Gutierrez Chiapas.-
México. 145-148 pp.
- POOLE, L., BORCHERS, M., BURKE, P.M. 1984. Algunos programas de-
uso común en básico. Mc. Graw-Hill. México. 108-109 pp.
- REYES, C.P. 1981. Diseño de experimentos aplicados. Edit. ---
TRILLAS. 1a. reimpresión. México. 317-324 pp.
- RZEDOWSKI, J. 1983. Vegetación de México. Edit. LIBRUSA. 2a.--
reimpresión. México. 141, 234, 252, 256 pp.
- SANCHEZ, S.O. 1980. La Flora del valle de México. Edit. HERRE
RO. 6a. edición. México. 245 pp.
- WALKER, E. 1979. Algunas relaciones no-lineales. Su aplicación
en la investigación agrícola. Grupo Interdisciplinario -
Algodón. Tercer Taller de trabajo. C.A.E. Laguna-CIAN---
INIA-SARH. 24 p.
- ZEPEDA, Z.M. 1986. Apuntes del 12E. Seminario sobre modelos
matemáticos aplicados al crecimiento de las plantas. -
Desarrollado en la U.A.CH., Chapingo. México.